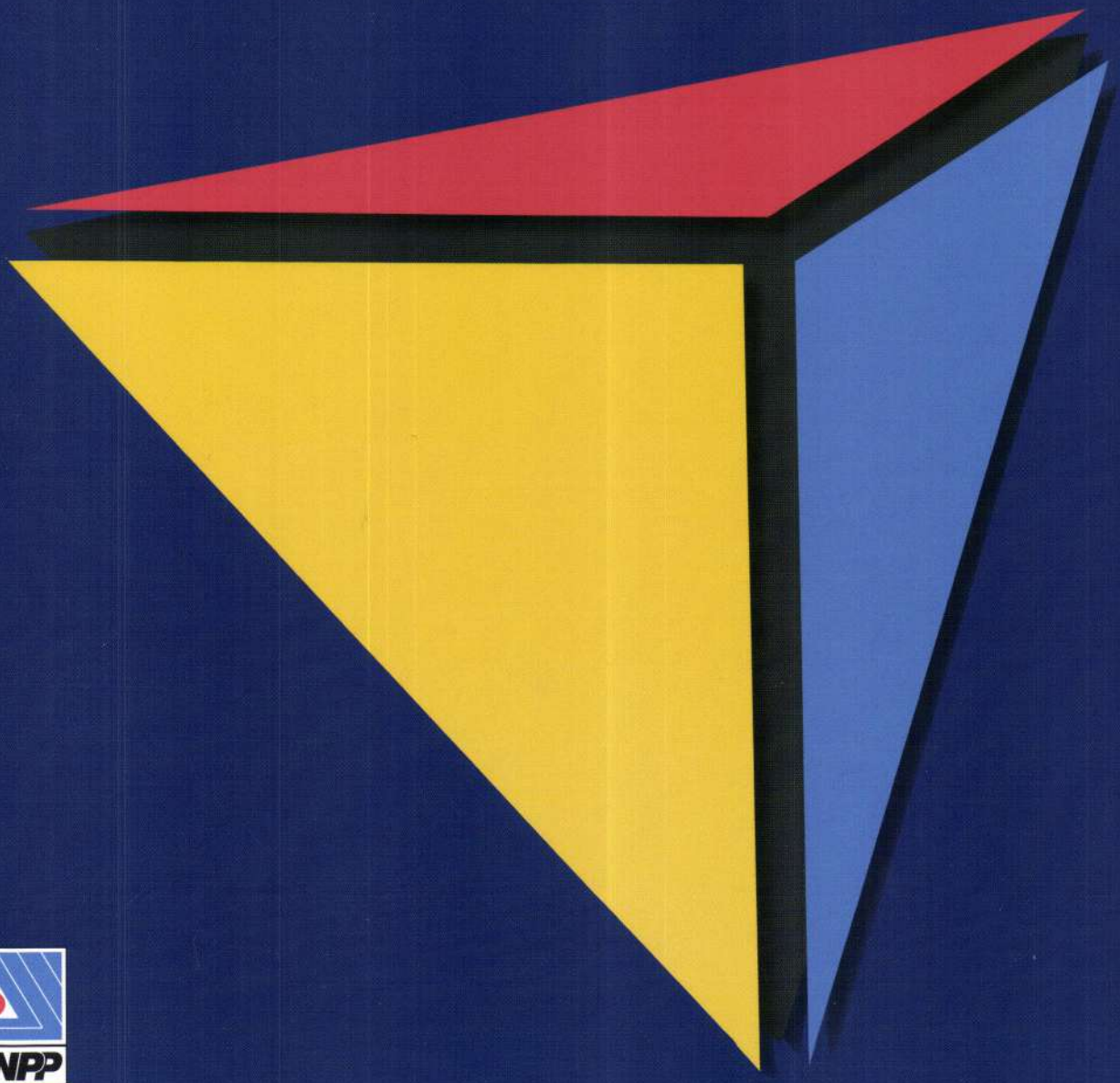
ÉDITION 2011

NFPA® 921

GUIDE POUR
LES INVESTIGATIONS INCENDIE & EXPLOSION



CNPP

NFPA®

NFPA 921

NFPA 921

ÉDITION 2011
Version française

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

AVIS IMPORTANTS ET CLAUSES DE NON-RESPONSABILITÉ CONCERNANT LES DOCUMENTS NFPA

Les codes, normes, pratiques recommandées et guides NFPA, dont le présent document fait partie, sont rédigés par le biais d'un processus d'élaboration des normes approuvé par l'*American National Standards Institute*. Ce processus réunit des personnes bénévoles représentant différents points de vue et intérêts afin de parvenir à un accord sur les questions d'incendie et autres questions relatives à la sécurité. Bien que la NFPA gère le processus et établisse des règles favorisant l'équité dans la réalisation de cet accord, elle ne réalise pas d'essais, ni n'évalue ou ne vérifie l'exactitude, de manière indépendante, de toute information ou de la fiabilité de tout jugement contenu(e)s dans ses codes et normes.

La NFPA refuse toute responsabilité pour tout dommage corporel, dommage matériel ou autres dommages de quelque nature que ce soit, qu'ils soient particuliers, indirects, consécutifs ou compensatoires, résultant directement ou indirectement de la publication, de l'utilisation ou de la confiance accordée au présent document. La NFPA ne fournit pas non plus de garantie ou d'assurance quant à l'exactitude ou l'exhaustivité de toute information publiée dans les présentes.

En diffusant le présent document et en le rendant public, la NFPA ne prétend pas proposer des services professionnels ou autres pour le compte de toute personne ou entité. La NFPA ne s'engage pas non plus à exécuter une tâche incombant à toute personne ou entité pour ou au nom d'une autre personne ou entité. Il convient que toute personne utilisant le présent document fasse appel à son jugement indépendant ou, le cas échéant, prenne conseil auprès d'un professionnel afin de déterminer l'attention à apporter à une circonstance spécifique.
La NFPA n'est pas en mesure ni ne s'engage à vérifier ou à faire appliquer une conformité avec le contenu du présent document. La NFPA ne prétend pas non plus lister, certifier, soumettre à essai ou inspecter des produits, conceptions ou installations afin de vérifier leur conformité avec le présent document. Toute certification ou déclaration de conformité avec les exigences du présent document ne doit pas être attribuable à la NFPA et relève de la seule responsabilité du certificateur ou la personne faisant cette déclaration.

(Voir à la fin de l'ouvrage pour les Avis et clauses de non-responsabilité complémentaires)

TRADUIT ET DISTRIBUÉ SOUS LICENCE NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION :
© 2011 NFPA, Quincy, MA, USA
Tous droits réservés

Le présent ouvrage a été traduit de l'anglais original par Armelle MULLER, directrice du Département du Feu et de l'Environnement, CNPP ENTREPRISE. La traduction a été effectuée sous la direction du CNPP. La NFPA décline toute responsabilité quant à la précision de la traduction. En cas de contradiction entre l'anglais et le français, c'est l'anglais qui prévaut.

Le CNPP remercie également pour leurs relectures de cette traduction :
- Michel RICHER - Directeur général de l'École Nationale des Pompiers du Québec
- Colonel Serge KOLTCHINE - SDIS 78
- Lieutenant Colonel Jean-Luc CARTAULT - SDIS 95
- Major Francis BERTONNIÈRE - SDIS 77

AVERTISSEMENT
L'attention du lecteur est attirée sur le fait que la traduction en langue française des référentiels NFPA est une traduction littérale, sans adaptation.
Les termes, les définitions ou les usages énoncés dans ces textes sont spécifiques aux États-Unis et peuvent être en décalage ou différents de ceux en usage dans le pays du lecteur.
Les référentiels NFPA ne se substituent pas aux réglementations nationales.

CNPP ENTREPRISE
Service Éditions
BP 2265 - 27950 SAINT-MARCEL
Tél. : 33 (0)2 32 53 64 34 - Fax : 33 (0)2 32 53 64 80
editions@cnpp.com - www.cnpp.com

ISBN : 978-2-35505-085-5
Dépôt légal à parution

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Copyright © 2011 National Fire Protection Association. Tous droits réservés.

NFPA 921

Guide pour les investigations incendie et explosion

Édition 2011

La présente édition du NFPA 921, *Guide pour les investigations incendie et explosion,* a été réalisée par le comité technique en charge des investigations incendie. Sa publication a été validée par le comité de normalisation du 14 décembre 2010, avec une date de mise en application au 3 janvier 2011. Elle remplace et annule toutes les versions précédentes.

La présente édition du NFPA 921 a été validée en tant que norme nationale américaine le 3 janvier 2011.

Création et évolution du NFPA 921

Le NFPA 921, *Guide pour les investigations incendie et explosion,* a été créé par le comité technique en charge des investigations incendie afin de permettre d'améliorer les méthodes d'investigation incendie et la qualité des informations recueillies sur les incendies lors de la mise en œuvre de ces méthodes d'investigation. Le guide est destiné à être utilisé à la fois par les intervenants des services publics qui ont la responsabilité de l'investigation incendie du fait de leur statut et par les intervenants du secteur privé qui mènent les investigations pour les compagnies d'assurance ou dans le cadre de litiges. Le comité s'est fixé pour objectif de fournir aux investigateurs des informations basées sur des principes scientifiques admis ou sur des résultats émanant de la recherche.

La première édition, publiée par la NFPA en 1992, se focalisait principalement sur la détermination de l'origine et de la cause des incendies et des explosions impliquant des bâtiments. L'édition de 1995 du document comprenait des chapitres révisés sur le recueil et le traitement des indices matériels, la sécurité et les explosions. La NFPA 907M, *Manual for the Determination of Electrical Fire Causes*, fut retirée en tant que document indépendant et fut révisée et intégrée sous la forme d'un chapitre du présent document. Les thématiques traitées dans la NFPA 907M qui concernent les autres chapitres de ce document ont été réintroduits aux endroits appropriés. De nouveaux chapitres traitant de l'investigation des feux de véhicules à moteur, de la gestion des investigations sur sinistres majeurs, et des équipements furent ajoutés.

L'édition de 1998 du guide incluait un nouveau chapitre sur les équipements au gaz dans les bâtiments et l'impact de la présence de combustibles gazeux sur le feu, sur les investigations, sur les explosions. Le chapitre sur l'électricité et l'incendie fût réécrit afin d'améliorer son organisation, de clarifier la terminologie, et d'ajouter des références. Dans le chapitre relatif aux traces laissées par le feu, plusieurs sections furent revues. D'autres révisions furent effectuées dans le chapitre sur les indices matériels concernant la préservation de la scène d'incendie et des indices matériels. Cette édition a intégré également un nouveau texte sur la détection de liquides inflammables par les équipes chiens/maîtres-chiens.

L'éditions de 2001 du présent guide incluait de nouveaux chapitres sur les dispositions constructives, sur le comportement humain en cas d'incendie, sur l'analyse des défaillances et les outils associés, sur les atteintes aux personnes consécutivement à un incendie ou à une explosion et sur les investigations sur feux de forêts. Une mise à jour du chapitre sur les incendies de véhicules à moteurs fût rédigée. Le document fût réorganisé en regroupant les chapitres autours de sujets de façon à en faciliter l'utilisation.

L'édition de 2004 du présent document incluait une révision assurant la conformité de ce guide au nouveau *Manual of Style for NFPA Technical Committee Documents*, et un nouveau chapitre intitulé, « *Analyse du sinistre en vue d'identifier la cause et les responsabilités* », une réécriture du chapitre sur les aspects légaux, et une révision du chapitre portant sur les enregistrements sur site.

L'édition de 2008 du guide NFPA 921 incluait la réécriture du chapitre 5 *Principes fondamentaux des sciences du feu* ; du chapitre 6 *Traces laissées par l'incendie* ; du chapitre 17 *Détermination de l'origine* ; du chapitre 25 *Feux de véhicules à moteurs* et du chapitre 27 *Organisation des investigations complexes*. Un chapitre nouveau, le 28 *Investigations sur feux de bateaux*, fût ajouté à l'ouvrage.

La septième édition de ce document comprend des modifications importantes au niveau du chapitre 4, avec une nouvelle section sur les procédures de revue du rapport. La révision du chapitre 12, *Sécurité* traite des expositions de l'investigateur aux produits chimiques et aux agents de contamination. Le chapitre 18, *Détermination de la cause d'incendie*, a été totalement révisé pour respecter comme le chapitre 17 les principes d'une approche scientifique. A ce sujet le comité a débattu pour indiquer qu'il n'était pas correct de fonder une hypothèse à partir de l'absence d'éléments de preuve, on appelle cela un faisceau de présomptions négatives. Le chapitre 21 sur les explosions a été complètement revu en incluant notamment davantage d'illustrations. Le chapitre 23 sur les décès et les blessés au cours des incendies a été complètement réécrit. Le chapitre 25 sur les feux de véhicules à moteurs a été significativement complété par des sections traitant des véhicules de loisirs et des engins agricoles. Le chapitre 26 a été totalement réorganisé et réécrit, incluant davantage de photographies et d'illustrations.

Le comité technique de la NFPA en charge des investigations incendie souhaiterait dédier l'édition 2011 du NFPA 921 à la mémoire de notre ami, collègue et longtemps chargé de liaison, Frank Florence (1943–2010). Frank est décédé le 27 juillet 2010, d'une maladie brutale. Frank a servi au département incendie de Salt Lake City pendant 31 ans avant de prendre sa retraite avec le titre de chef. Après sa retraite du département incendie, Frank avait rejoint la division de la protection des personnes contre l'incendie au sein de la NFPA. Depuis l'édition de 2001 du NFPA 921, Frank officiait comme personnel de liaison. Frank était une précieuse ressource au sein de notre comité et un grand soutien de la profession de l'investigation incendie. Il sera profondément regretté. Nos pensées et nos prières vont à son épouse, Diane, et à ses fils, Robert et Randy.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Technical Committee on Fire Investigations

Daniel L. Churchward, Chair
Kodiak Enterprises, Inc., IN [SE]

Charles R. Watson, Secretary
S.E.A., Ltd., MO [SE]

Vytenis Babrauskas, Fire Science et Technology Inc., WA [SE]
Michael Beasley, London Fire Brigade, United Kingdom [U]
Craig L. Beyler, Hughes Associates, Inc., MD [SE]
Joseph Carey, Robinson et Cole LLP, CT [C]
Russell K. Chandler, Virginia Department of Fire Programs, VA [E]
John Comery, U.S. Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives, OR [E]
Philip E. Crombie, Jr., St. Paul Travelers, CT [I]
Richard L. P. Custer, Arup Fire, MA [SE]
Thomas M. De Santis, Motor Vehicle Incident Investigations, Inc., MI [M]
Rep. Society of Automotive Engineers
Richard A. Dyer, Kansas City Fire Department, MO [E]
Rep. International Association of Fire Chiefs
David S. Evinger, Robins, Kaplan, Miller et Ciresi, MN [C]
James M. Finneran, ElectroTek Consultants, Inc., IN [SE]
Terry-Dawn Hewitt, McKenna Hewitt, CO [C]
Ronald L. Hopkins, Eastern Kentucky University, KY [U]
Rep. NFPA Fire Service Section
David J. Icove, University of Tennessee, TN [U]
Carolyn Kelly, Wisconsin Division of Criminal Investigation, WI [E]
Rep. National Association of State Fire Marshals
Patrick M. Kennedy, John A. Kennedy et associés, Inc., FL [U]
Rep. National Association of Fire Investigators
Michael E. Knowlton, State of New York, NY [E]
John J. Lentini, Scientific Fire Analysis, LLC, FL [SE]
Rep. ASTM E30-Forensic Sciences
Jeffrey D. Long, Salt Lake City Fire Department, UT [U]
Daniel Madrzykowski, U.S. National Institute of Standards and Technology, MD [RT]
Ted B. Nixon, Tower Hill Insurance Group, FL [U]
Rep. International Assn. of Arson Investigators Inc.
Willard F. Preston III, Delaware State Fire Marshal's Office, DE [E]
Rep. International Fire Marshals Association
Richard J. Roby, Combustion Science and Engineering, Inc., MD [SE]
Stuart A. Sklar, Fabian, Sklar et Davis, P.C., MI [C]
David M. Smith, Associated Fire Consultants, AZ [M]
Rep. International Fire Service Training Association
Michael E. Weyler, Engineering and Fire Investigations, VA [SE]
Douglas R. Williams, U.S. Department of Homeland Security, MD [U]

Délégués

John G. Atherton, Burgoyne Incorporated, GA [U]
(Alt. to M. Beasley)
Robert D. Banta, Banta Technical Services, LLC, MI [M]
(Alt. to T. M. De Santis)
Randall E. Bills, S.E.A., Ltd., OH [SE]
(Alt. to C. R. Watson)
William James Boswell, Jr., Wisconsin Department of Justice, WI [E]
(Alt. to C. Kelly)
Douglas Carpenter, Combustion Science and Engineering, Inc., MD [SE]
(Alt. to R. J. Roby)
Michael G. Chionchio, Delaware State Fire Marshal's Office, DE [E]
(Alt. to W. F. Preston III)
Scott G. Davis, Exponent, Inc., MA [SE]
(Alt. to M. E. Weyler)
Michael H. Fabian, Fabian, Sklar et Davis, P.C., MI [C]
(Alt. to S. A. Sklar)
John J. Golder, U.S. Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives, NC [E]
(Alt. to J. Comery)
Daniel T. Gottuk, Hughes Associates, Inc., MD [SE]
(Alt. to C. L. Beyler)
John H. Kane, Robinson et Cole LLP, CT [C]
(Alt. to J. Carey)
Kathryn C. Kennedy, John A. Kennedy and Associates, Inc., FL [U]
(Alt. to P. M. Kennedy)
Stephen Kerber, U.S. National Institute of Standards and Technology, MD [RT]
(Alt. to D. Madrzykowski)
Hal C. Lyson, Fire Cause Analysis, AZ [C]
(Alt. to D. S. Evinger)
Wayne J. McKenna, McKenna Hewitt, CO [C]
(Alt. to T. Hewitt)
Jeffery T. Morrill, Applied Technical Services, Inc., GA [SE]
(Alt. to J. J. Lentini)
James H. Shanley, Jr., Travelers Property et Casualty, IL [I]
(Alt. to P. E. Crombie, Jr.)
Dennis W. Smith, Kodiak Enterprises, Inc., IN [SE]
(Alt. to D. L. Churchward)
Joseph P. Toscano, Fire Investigation Specialist, Chilworth Technology, CT [U]
(Alt. to T. B. Nixon)
Russell M. Whitney, Salt Lake City Fire Department, UT [U]
(Alt. to J. D. Long)

Non-votants

Harold E. Nelson, Hughes Associates, Inc., VA [SE]
(Member Emeritus)
Frank E. Florence, NFPA Staff Liaison

Les présentes listes représentent les adhésions lors du vote des comités au moment de la forme finale du texte de la présente édition. La liste des membres a pu changer entre-temps. Une explication sur les classifications figure à la fin du présent document.
NOTE : L'adhésion à un comité ne doit pas en soi et de soi constituer une approbation de l'Association ni de tout document produit par le comité pour lequel le membre travaille.

Domaine d'application du Comité ; le présent Comité doit avoir la responsabilité principale des documents relatifs au choix et à l'installation de pompes fixes fournissant de l'eau ou des additifs spéciaux, notamment des concentrés de mousse destinés à la protection incendie privée. Sont également compris les canalisations d'aspiration, les vannes et équipements auxiliaires, l'entraînement électrique et équipement de commande, ainsi que l'entraînement à moteur à combustion interne et équipement de commande.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Sommaire

Chapitre 1 Généralités 5
1.1 Portée 5
1.2 Objectif 5
1.3 Domaine d'application 5
1.4 Unités de mesures 6

Chapitre 2 Références bibliographiques 6
2.1 Généralités 6
2.2 Documents NFPA 6
2.3 Autres Documents 7
2.4 Références citées dans les sections « Recommandations » 10

Chapitre 3 Définitions 10
3.1 Généralités 10
3.2 Définitions officielles NFPA 10
3.3 Définitions générales 10

Chapitre 4 Principes de la méthodologie 18
4.1 Objectif de l'investigation incendie 18
4.2 Approche systématique 18
4.3 De l'investigation incendie à l'approche scientifique 18
4.4 Principes de la méthodologie d'investigation incendie 19
4.5 Résultats des investissements 20
4.6 Procédure de revue 21
4.7 Comptes-rendus 21

Chapitre 5 Principes relatifs aux sciences du feu 22
5.1 Introduction 22
5.2 Chimie du Feu 23
5.3 Produits de Combustion 24
5.4 Écoulements de fluides 25
5.5 Transferts thermiques 25
5.6 Charge calorifique, charge combustible, et propriétés des flammes 28
5.7 Inflammation 33
5.9 Propagation du feu dans un local 45
5.10 Développement du feu dans un local 46
5.11 Propagation de feu entre locaux 51
5.12 Propagation par cheminement des fumées dans les bâtiments 52

Chapitre 6 Traces laissées par le feu 52
6.1 Introduction 52
6.2 Effets du feu 52
6.3 Traces laissées par le feu 64
6.4 Analyse des traces laissées par le feu 79

Chapitre 7 Dispositions constructives 79
7.1 Introduction 79
7.2 Rôle de la conception, de la construction, et des éléments de structure pour l'évaluation du développement du feu 79
7.3 Types de constructions 83
7.4 Assemblages complexes de construction 88

Chapitre 8 Électricité et Incendie 90
8.1 Introduction 90
8.2 Concepts de base en électricité 90
8.3 Installations électriques dans les bâtiments 95
8.4 Coffret d'alimentation 97
8.5 Mise à la terre 97
8.6 Protection contre la surintensité 98
8.8 Prises de courants et autres équipements 105
8.9 Inflammation par l'énergie électrique 106
8.10 Interprétation des dommages aux installations électriques 109
8.11 Identification des traces de fusion causées par un arc électrique sur des conducteurs électriques 114
8.12 Électricité statique 116

Chapitre 9 Installations de gaz dans les bâtiments 121
9.1 Introduction 121
9.2 Combustibles gazeux 122
9.3 Installations de gaz naturel 123
9.4 Installations de GPL 124
9.5 Composants communs aux installations de gaz 125
9.6 Conduites de gaz dans les bâtiments 127
9.7 Exigences générales pour les appareil et équipements 127
9.8 Domaines d'utilisation des équipements au gaz 128
9.9 Investigations sur les équipements au gaz 129

Chapitre 10 Comportement humain 135
10.1 Introduction 135
10.2 Historique 135
10.3 Généralités sur le comportement humain face au feu 135
10.4 Facteurs relatifs au départ du feu 137
10.5 Les enfants et le feu 139
10.6 Incendie volontaire 140
10.7 Facteurs humains en relation avec la propagation de l'incendie 140
10.8 Identification et réponse face à un feu 140

Chapitre 11 Aspects légaux 141
11.1 Introduction 141
11.2 Aspects constitutionnels 141
11.3 Aspects légaux au cours des investigations 142
11.4 Dispositions légales avant procès 145
11.5 Procès 146

Chapitre 12 Sécurité 152
12.1 Généralités 152
12.2 Aspects généraux de la sécurité sur une scène d'incendie 154
12.3 Dangers présentés par une scène d'incendie 156
12.4 Procédures de sécurité 159
12.5 Exposition aux produits chimiques et aux agents de contamination 160

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

12.6 Équipements de protection individuelle (EPI). 162
12.7 Plans d'urgence..... 163
12.8 Tâches relatives à la sécurité à accomplir à l'issue de l'investigation..... 163
12.9 Sécurité relative aux tâches réalisées en dehors de la scène d'incendie..... 164
12.10 Dangers particuliers..... 164

Chapitre 13 Sources d'information 166
13.1 Généralités. 166
13.2 Dispositions légales. 166
13.3 Présentation de l'information..... 166
13.4 Entretiens..... 166
13.5 Sources d'information administratives.... 167
13.6 Sources d'information privées. 171
13.7 Conclusion. 173

Chapitre 14 Planification de l'investigation 173
14.1 Introduction. 173
14.2 Informations de base sur le sinistre. 173
14.3 Organisations des tâches. 175
14.4 Réunion de l'équipe avant investigation. 175
14.5 Experts et sapiteurs..... 176
14.6 Gestion de l'investigation. 177

Chapitre 15 Enregistrements des investigations 178
15.1 Introduction. 178
15.2 Photographies..... 178
15.3 Prise de notes. 186
15.4 Schémas et dessins. 187
15.5 Rapports. 193

Chapitre 16 Indices matériels 194
16.1 Généralités. 194
16.2 Indices matériels 194
16.3 Préservation du site sinistré et des indices. 194
16.4 Contamination des indices matériels. 196
16.5 Méthodes de prélèvement. 197
16.6 Récipients pour indices matériels. 200
16.7 Indentification des indices matériels 202
16.8 Transport et conservation des indices matériels. 202
16.9 Responsabilité de la garde des indices matériels. 203
16.10 Analyses et essais sur les indices matériels. 203
16.11 Délai de conservation des indices..... 208

Chapitre 17 Détermination du lieu d'origine...208
17.1 Introduction. 208
17.2 Méthodologie globale..... 209
17.3 Recueil de données pour la détermination de l'origine. 210
17.4 Analyser les informations. 216
17.5 Formulation d'une hypothèse sur le lieu d'origine du feu..... 223
17.6 Vérification des hypothèses sur le lieu d'origine du feu..... 223
17.7 Sélection de l'hypothèse finale. 225
17.8 Origine insuffisamment définie. 225

Chapitre 18 Détermination de la cause de l'incendie.....226
18.1 Introduction..... 226
18.2 Grandes lignes de la méthodologie 226
18.3 Reccueil de données pour la étermination de la cause 227
18.4 Analyse des données 229
18.5 Formulation d'une hypothèse sur la cause231
18.6 Evaluation des hypothèses relatives à la cause de l'incendie..... 232
18.7 Sélection de l'hypothèse finale

Chapitre 19 Analyse de l'évènement pour la détermination de la cause et de la responsabilité..234
19.1 Généralités. 234
19.2 La cause de l'incendie ou de l'explosion. 234
19.3 La cause des dommages aux biens, consécutivement à l'évènement. 235
19.4 La cause des atteintes aux personnes. 236
19.5 Détermination des responsabilités. 236

Chapitre 20 Analyse des défaillances et outils d'analyse 237
20.1 Introduction. 237
20.2 Chronologie..... 237
20.3 Analyse des systèmes. 242
20.4 Modélisation mathématique. 245
20.5 Essais feu..... 248
20.6 Données nécessaires pour la modélisation et les essais. 248

Chapitre 21 Explosions.....249
21.1 Généralités. 249
21.2 Typologies d'explosions. 250
21.3 Caractérisation des dommages consécutifs à l'explosion 252
21.4 Effets de l'explosions 254
21.5 Facteurs influents sur les effets des explosions 257
21.6 Explosions avec cratères. 258
21.7 Explosion sans cratère..... 259
21.8 Explosions de gaz ou de vapeurs 259
21.9 Explosions de poussières..... 265
21.10 Backdraft (explosion de fumée)..... 267
221.1 Explosion d'un nuage de vapeur à l'extérieur..267
21.12 Les explosifs 268
21.13 Investigation relative aux explosifs..... 268
21.14 Investigations sur la scène d'explosion... 268
21.15 Rechercher le lieu d'origine (épicentre).. 275
21.16 Analyser la source de combustible..... 276
21.17 Rechercher la source d'inflammation..... 277
21.18 Chercher à établir la cause. 277

Chapitre 22 Incendies volontaires.....279
22.1 Introduction. 279
22.2 Indices d'incendie volontaire. 279
22.3 Indices potentiels non directement reliés à la combustion. 282
22.4 Autres indices. 284

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 23 Décès et blessés au cours des incendies et explosions. 289
23.1 Généralités 289
23.2 Mécanismes de la mort et des blessures.. 289
23.3 Calcination du corps par le feu..... 294
23.4 Modifications post mortem 295
23.5 Investigations sur une scène d'incendie comportant des vistimes décédées..... 296
23.6 Investigations sur des sites comportant des blessés..... 299
23.7 Décès et blessures consécutivement à une explosion..... 299
23.8 Analyses des blessures en dehors de la scène de sinistre. 300
23.9 Examens pathologiques et toxicologiques lors d'un décès par le feu..... 302
23.10 Analyse des données. 305

Chapitre 24 Équipements 307
24.1 Objet. 307
24.2 Enregistrements relatifs aux équipements retrouvés sur une scène d'incendie..... 307
24.3 Analyse du lieu d'origine incluant des équipements..... 308
24.4 Analyse des causes concernant des équipements..... 308
24.5 Composants des équipements. 309
24.6 Équipements résidentiels courants. 319

Chapitre 25 Feux de véhicules à moteurs..... 322
25.1 Introduction..... 322
25.2 Aspects sécurité relatifs aux investigations menées sur véhicules. 322
25.3 Combustibles dans les feux de véhicules. 323
25.4 Sources d'ignition..... 326
25.5 Identification et fonction des équipements... 329
25.6 Carrosserie. 335
25.7 Enregistrements relatifs aux scènes d'incendies de véhicules à moteur..... 336
25.8 Examens de véhicules à moteur..... 337
25.9 Incendies totaux. 339
25.10 Cas particulier des incendies de véhicules mis à feu volontairement. 339
25.11 Véhicules à l'intérieur de bâtiments. 340
25.12 Véhicules de loisir. 340
25.13 Engins lourds. 345
25.14 Introduction aux engins et équipements agricoles 347
25. 15 Véhicules hybrides. 356
25.16 Remarques concernant le remorquage. ... 357

Chapitre 26 Investigations dans le cadre de feux de forêts 359
26.1 Introduction..... 359
26.2 Combustibles alimentant les feux de forêts. 359
26.3 Météorologie 362
26.4 Topographie 363
26.5 Configuration de l'incendie 364
26.6 Traces 365
26.7 Recherche de l'origine 371
26.8 Détermination de la cause de l'incendie. 374
26.9 Traces..... 377
26.10 Commentaires spécifiques relatifs à la sécurité 377
26.11 Sources d'information. 377

Chapitre 27 Organisation des investigations complexes 378
27.1 Portée. 378
27.2 Informations essentielles et documentations. 379
27.3 Communication entre les parties intéressées.. 379
27.4 Approche commune et accord. 380
27.5 Organisation des investigations. 381
27.6 Indices matériels. 383
27.7 Aspects logistiques. 383
27.8 Sécurité sur le site et sur la scène d'incendie 384

Chapitre 28 investigations sur feux de bateaux ... 385
28.2 Terminologie relative aux bateaux à moteur et aux bateaux à voile. 385
28.3 Aspects liés à la sécurité à bord, lors des investigations..... 387
28.4 Identification et fonction des systèmes. .. 388
28.5 Parties extérieures..... 391
28.6 Parties intérieures. 391
28.7 Systèmes de propulsion..... 392
28.8 Sources d'ignition..... 393
28.9 Enregistrements sur une scène d'incendie de bateau..... 396
28.10 Examen du bateau..... 398
28.11 Bateaux à l'intérieur de bâtiments. 399
28.12 Aspects légaux. 399

Annexe A Explications complémentaires..... 400

Annexe B Bibliographie 438

Annexe C Références données à titre d'information 441

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

NFPA 921
Guide pour les investigations incendie et explosion
Edition 2011

NOTE IMPORTANTE : La mise à disposition de ce document NFPA est soumise à des avertissements importants et à des clauses de dégagement de responsabilité. Ces avertissements et clauses apparaissent dans toutes les publications reprenant ce document et peuvent être consultés sous l'intitulé «Avertissements importants et clauses de dégagement de responsabilité concernant les documents de la NFPA ». Ils peuvent aussi être obtenus sur demande auprès de la NFPA ou consultés sur www.nfpa.org/disclaimers.

NOTE : Un astérisque (*) placé après le nombre ou la lettre désignant un paragraphe indique que des explications sur ce paragraphe figurent à l'annexe A.

Les changements autres qu'éditoriaux sont repérés par un trait vertical le long du paragraphe, du tableau ou de la figure dans lequel le changement a été effectué. Ces traits ont été mis afin d'aider le lecteur à identifier les changements par rapport à l'édition précédente. Lorsqu'un ou plusieurs paragraphes entiers ont été enlevés, leur retrait est matérialisé par un point (•) entre les paragraphes restants.

Une référence entre crochets [ ] après une section ou un paragraphe indique que ces éléments ont été extraits d'un autre document NFPA. Afin d'aider le lecteur, le titre complet et l'édition des références bibliographiques citées en tant que recommandations dans le présent document figurent au chapitre 2 et celles citées dans les sections informatives figurent à l'annexe C. Les changements éditoriaux des références bibliographiques consistent à rattacher la référence à la section ou au chapitre approprié du présent document ou à indiquer le numéro du document avec le numéro de la section ou du chapitre lorsque la référence porte sur le document original. Les demandes d'interprétation ou de révision des textes cités devraient être adressées au comité technique en charge du document source.

Les détails sur les publications référencées se trouvent au chapitre 2 et dans les annexes A et C.

Chapitre 1 Généralités

1.1 Portée.

Ce document est conçu à l'attention des personnes en charge d'enquêter et d'analyser les sinistres incendie et explosion et de rendre des avis sur l'origine, la cause, la responsabilité ou sur les moyens de prévention de tels évènements, et sur les dommages et les atteintes aux personnes consécutives à ces évènements.

1.2 Objectif.

1.2.1 L'objectif de ce document est de définir des lignes directrices et des recommandations pour la réalisation d'investigations et d'analyses méthodiques sur les incendies et les explosions, en toute sécurité. L'investigation après sinistre et le recensement précis des causes sont essentiels pour la protection des vies et des biens vis-à-vis du risque incendie ou explosion. C'est au travers d'une démarche efficace et précise de détermination de la cause et de la responsabilité que des incendies sont susceptibles d'être évités à l'avenir. Ce document a été rédigé en tant que référentiel pour la promotion, et la pratique des investigations incendie et explosion, des sciences du feu, de la technologie et de la méthodologie.

1.2.2 La détermination correcte de l'origine et de la cause des feux est aussi essentielle pour la réalisation de statistiques pertinentes. Des statistiques précises constituent le fondement des règles de prévention incendie, des normes et de la formation.

1.3 Domaine d'application.

Ce document a été conçu pour constituer un cadre de travail méthodique qui doit permettre de réaliser efficacement des investigations et des analyses de l'origine et de la cause des incendies et explosions. Il comprend des procédures spécifiques d'aide à l'investigation des incendies et des explosions. Ces procédures constituent l'avis développé par la NFPA à partir d'un processus consensuel. Le respect de ces procédures est de nature à améliorer la probabilité d'aboutir à des conclusions claires. Déroger à ces procédures n'est toutefois pas erroné ou moins bien mais demande à être justifié.

1.3.1 Il faut garder en mémoire que le vocable «investigation incendie » est couramment utilisé même si le contexte laisse à penser que le texte concerne à la fois les incendies et les explosions.

1.3.2 Étant donné que chaque incendie ou explosion est en quelque sorte singulière et différente des autres, ce document n'a pas été conçu pour couvrir tous les aspects d'une investigation ou analyse complète de chaque cas. La méthode scientifique, cependant, devrait être appliquée dans tous les cas

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

1.3.3 Chaque ligne de ce document n'est pas nécessairement applicable à chaque incendie ou explosion. Il appartient aux investigateurs (selon leur niveau de responsabilité, et selon l'objectif et le périmètre de leur mission) de choisir d'appliquer les procédures recommandées adéquates de ce guide à leur affaire particulière.

1.3.4 En outre, on sait que l'étendue de la mission fixée à l'investigateur, le temps et les ressources dont il dispose, ou les pratiques usuelles, sont de nature à limiter le degré de respect des recommandations ou des techniques du présent document pour une investigation donnée.

1.3.5 Ce document n'a pas pour objet d'être un manuel scientifique ou d'ingénieries exhaustives. Bien que de nombreux concepts scientifiques et d'ingénierie soient présentés dans le texte, l'utilisateur est averti qu'il ne s'agit que d'une présentation de niveau élémentaire et que des ressources techniques, de la formation, ou et des connaissances complémentaires seront souvent nécessaires lors d'une investigation.

1.4* Unités de mesures.

Les unités de mesure métrique dans cet ouvrage respectent le système métrique moderne connu sous le nom de Système International d'Unités (SI). Le Litre est en dehors mais reconnu par le système SI et est couramment utilisé dans le domaine de la protection incendie au niveau international. Ces unités figurent dans le tableau 1.4.

Tableau 1.4 Unités SI et Unités US usuelles correspondantes

SI	U.S.
2.54 cm	1 in.
0.3048 m	1 ft
0.09290 m^3	1 ft^2
28.32 L	1 ft^3
0.02832 m^3	1 ft^3
3.785 L	1 U.S. gal
0.4536 kg	1 lb
28.35 g	1 oz (masse)
0.3048 m/sec	1 ft/sec
16.02 kg/m^3	1 lb/ft^3
0.06308 L/sec	1 gpm
Pression exercée par 760 mm de mercure à 0°C de densité, 14.7 lb/in^2 (101.3 kPa).	1 atmosphère
1.055 kW	1 Btu/sec
1055 J	1 Btu
0.949 Btu/sec	1 kW
248.8 Pa = 0.036 psi	1 in. w.c.
1 atmosphère	27.7 in. w.c.

Chapitre 2 Références bibliographiques

2.1 Généralités.

Les documents ou parties de documents énumérés ci-après dans ce chapitre sont référencés par ce guide et devraient être considérés comme des recommandations de ce guide à part entière.

2.2 Documents NFPA.

National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02169-7471.

NFPA 30, *Flammable and Combustible Liquids Code,* 2008 edition.

NFPA 33, *Standard for Spray Application Using Flammable or Combustible Materials,* 2007 edition.

NFPA 45, *Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals,* 2004 edition.

NFPA 54, *National Fuel Gas Code,* 2006 edition.

NFPA 58, *Liquefied Petroleum Gas Code,* 2008 edition.

NFPA 68, *Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting,* 2007 edition.

NFPA 70®, National Electrical Code®, 2008 edition.

NFPA 72®, National Fire Alarm Code®, 2007 edition.

NFPA 77, *Recommended Practice on Static Electricity,* 2007 edition.

NFPA 121, *Standard on Fire Protection for Self-Propelled and Mobile Surface Mining Equipment,* 2001 edition.

NFPA 170, *Standard for Fire Safety and Emergency Symbols,* 2006 edition.

NFPA 220, *Standard on Types of Building Construction,* 2006 edition.

NFPA 302, *Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft,* 2004 edition.

NFPA 303, *Fire Protection Standard for Marinas and Boatyards,* 2006 edition.

NFPA 430, *Code for the Storage of Liquid and Solid Oxidizers,* 2004 edition.

NFPA 555, *Guide on Methods for Evaluating Potential for Room Flashover,* 2004 edition.

NFPA 1144, *Standard for Reducing Structure Ignition Hazards from Wildland Fire,* 2008 edition.

NFPA 1403, *Standard on Live Fire Training Evolutions,* 2007 edition.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

NFPA 1500, *Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program,* 2007 edition.

NFPA 1971, *Standard on Protective Ensembles for Structural Fire Fighting and Proximity Fire Fighting,* 2007 edition.

NFPA 1977, *Standard on Protective Clothing and Equipment for Wildland Fire Fighting,* 2005 edition.

Fire Protection Handbook, 15th (1981), 16th (1986), 17th (1991), 18th (1997), and 19th (2003) editions. edition.

Fire Protection Guide to Hazardous Material, 12th edition, 1997. edition.

National Fuel Gas Code Handbook, 2002 edition.

The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering., Society of Fire Protection Engineers, Quincy, MA, editions 1988, 1995, et 2000.

SPP 51 Flash Point Index of Trade Name Liquids, 1978 edition.

2.3 Autres Documents.

2.3.1 Documents ABYC.

American Boat and Yacht Council, 613 Third Street, Suite 10, Annapolis, MD 21403.

ABYC A-3, *Galley Stoves*, 2007.

ABYC A-7, *Boat Heating Systems*, 2006.

ABYC A-26, *LPG and CNG Fueled Appliances*, 2006.

ABYC A-30, *CookingAppliances with Integral LPG Cylinders*, 2006.

ABYC A-32, *Cooking Appliances with Integral LPG Cylinders*, 2006.

ABYC H-24.13, *Gasoline Fuel Systems*, 2005.

ABYC H-32, *Ventilation of Boats Using Diesel Fuel*, 2007.

ABYC P-1, *Installation of Exhaust Systems*, 2002.

2.3.2 Documents ANSI.

American National Standards Institute, Inc., 25 West 43rd Street, 4th Floor, New York, NY 10036.

ANSI Z129.1, *Precautionary Labeling of Hazardous Industrial Chemicals*, 2000.

ANSI Z400.1, *Material Safety Data Sheets — Preparation*, 1998.

ANSI Z535.1, *Safety Color Code*, 1998.

ANSI Z535.2, *Environmental and Facility Safety Signs*, 1998.

ANSI Z535.3, *Criteria for Safety Symbols*, 1998.

ANSI Z535.4, *Product Safety Signs and Labels*, 1998.

ANSI Z535.5, *Accident Prevention Tags*, 1998.

2.3.3 Documents API.

American Petroleum Institute, 1220 L Street, NW, Washington, DC 20005-4070.

API/RP 2003, *Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents,* 1991.

API 2216, *Ignition Risk of Hydrocarbon Vapors by Hot Surfaces in the Open Air,* 2003.

2.3.4 Documents ASME.

American Society of Mechanical Engineers, Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990.

Boiler and Pressure Vessel Code.

2.3.5 Documents ASTM.

ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, P.O. Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959.

ASTM D 56, *Standard Test Method for Flash Point by Tag Closed Tester,* 2002.

ASTM D 86, *Standard Test Method for Distillation of Petroleum*, 2007.

ASTM D 92, *Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup,* 2002.

ASTM D 93, *Standard Test Method for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester,* 2002.

ASTM D 1230, *Standard Test Method for Flammability of Apparel Textiles,* 2001.

ASTM D 1265, *Standard Practice for Sampling Liquefied Petroleum (LP) Gases (Manual Method)*, 2002.

ASTM D 1310, *Standard Test Method for Flash Point and Fire Point of Liquids by Tag Open-Cup Apparatus,* 2001.

ASTM D 1929, *Standard Test Method for Determining Ignition Temperature of Plastics,* 2001.

ASTM D 2859, *Standard Test Method for Flammability of Finished Textile Floor Covering Materials,* 1993.

ASTM D 2887, *Standard Test Method for Boiling Range Distribution of Petroleum Fractions by Gas Chromatography*, 2006.

ASTM D 3065, *Standard Test Methods for Flammability of Aerosol Products,* 2001.

ASTM D 3828, *Standard Test Methods for Flash Point by Small Scale Closed Tester,* 2002.

ASTM D 4809, *Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter (Precision Method),* 2000.

ASTM D 5305, *Standard Test Method for Determination of Ethyl Mercaptan in LP-Gas Vapor*, 1997.

ASTM E 84, *Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials,* 2003.

ASTM E 108, *Standard Test Method for Fire Tests of Roof Coverings,* 2000.

ASTM E 119, *Standard Methods of Tests of Fire Endurance of Building Construction and Materials*, 2000.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

ASTM E 603, *Standard Guide for Room Fire Experiments,* 2001.

ASTM E 648, *Standard Test Method for Critical Radiant Flux of Floor-Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source,* 2000.

ASTM E 659, *Standard Test Method for Autoignition Temperature of Liquid Chemicals,* 2000.

ASTM E 681, *Standard Test Method for Concentration Limits of Flammability of Chemicals,* 2001.

ASTM E 800, *Standard Guide for Measurement of Gases Present or Generated During Fires,* 2001.

ASTM E 860, *Standard Practice for Examining and Testing Items That Are or May Become Involved in Litigation,* 1982.

ASTM E 906, *Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products,* 1999.

ASTM E 1188, *Standard Practice for Collection and Preservation of Information and Physical Items by a Technical Investigator*, 1995.

ASTM E 1226, *Test Method for Pressure and Rate of Pressure Rise for Combustible Dusts,* 2000.

ASTM E 1352, *Standard Test Method for Cigarette Ignition Resistance of Mock-up Upholstered Furniture Assemblies,* 2002.

ASTM E 1353, *Standard Test Methods for Cigarette Ignition Resistance of Components of Upholstered Furniture,* 2002.

ASTM E 1354, *Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter,* 2003.

ASTM E 1387, *Standard Test Method for Ignitible Liquid Residues in Extracts from Fire Debris Samples by Gas Chromatography,* 2001.

ASTM E 1459, *Standard Guide for Physical Evidence Labeling and Related Documentation*, 1998.

ASTM E 1618, *Standard Guide for Ignitible Liquid Residues in Extracts from Fire Debris Samples by Gas Chromatography–Mass Spectrometry,* 2001.

2.3.6 Documents FMC.

FM Global, 1301 Atwood Avenue, Johnston, RI 02919.

FMC Product Safety Sign and Label System Manual, 1985.

2.3.7 Normes militaires.

SAE, 1620 I Street, NW, Suite 210, Washington, DC 20006.

MIL-Std-202F, *Test Method for Electronic and Electrical Components.*

2.3.8 Publications internationales de la SAE. SAE International, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001.

SAE J2578, *Recommended Practice for General Fuel Cell Vehicle Safety*, 2009.

2.3.8 2.3.9 Documents UL.

Underwriters Laboratories Inc., 333 Pfingsten Road, Northbrook, IL 60062-2096.

ANSI/UL 263, *Standard for Safety Fire Tests of Building Construction and Materials*, 2003.

ANSI/UL 969, *Standard for Marking and Labeling Systems*, 1995, revised 2008.

UL 1500, *Standard for Safety Ignition Protection Test for Marine Products*, 1997, revised 2007.

2.3.9 Document USFA.

U.S. Fire Administration, 16825 S. Seton Avenue, Emmitsburg, MD 21727.

«Minimum Standards on Structural Fire Fighting Protective Clothing and Equipment, » 1992.

2.3.10 Documents réglementaires U.S.

U.S. Government Printing Office, Washington, DC 20402.

«Consumer Safety Act » (15 USC, Sections 2051–2084, and Title 16, Code of Federal Regulations, Part 1000).

«Federal Food, Drug and Cosmetic Act » [15 USC, Section 321 (m), and Title 21, Code of Federal Regulations, Part 600].

«Flammable Fabrics Act » (15 USC, Sections 1191–1204 and Title 16, Code of Federal Regulations, Parts 1615, 1616, et 1630–1632.

Hazardous Substances Act (15 USC, Section 1261 et seq., et titre 16, Code of Federal Regulations, Part 1500).

OSHA Regulations (Title 29, Code of Federal Regulations, Part 1910).

Title 24, Code of Federal Regulations, Part 3280, «Manufactured Home Construction and Safety Standards (HUD Standard.) »

Title 29, Code of Federal Regulations, Part 1910, « Federal Hazards Communication Standard. »

Title 33, Code of Federal Regulations, Part 173, « Vessel Numbering and Casualty and Accident Reporting. »

Title 33, Code of Federal Regulations, Part 181, « Manufacturer Requirements. »

Title 33, Code of Federal Regulations, Part 183, « Boats and Associated Equipment. »

Title 46, Code of Federal Regulations, Chapter 1, subchapter C, « Shipping. »

Title 49, Code of Federal Regulations, Part 129.625, « Fire Related Human Behavior, » U.S. Fire Administration, 257, 1994.

Title 49, Code of Federal Regulations, Part 173, « General Requirements for Shipments and Packagings. »

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Title 49, Code of Federal Regulations, Part 178, « Shipping Container Specifications. »

Title 49, Code of Federal Regulations, Part 192, « Transportation of Natural and Other Gases by Pipeline Minimum Safety Standards. »

Title 49, Code of Federal Regulations, Part 568, Vehicles Manufactured in Two or More Stages. »

United States Federal Rules of Evidence as amended through 2002.

U.S. Air Force, 1983

U.S. Senate Committee on Government Operations. *Chart of the Organization of Federal Executive Departments and Agencies*.

2.3.11 Autres Documents.

Babrauskas, V. *Ignition Handbook*. Issaquah, WA : Fire Science and Technology, Inc., 2003.

Baumeister, T., E. A. Avallone, et T. Baumeister III. Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers, 10th edition. New York, NY : McGraw-Hill, 1996.

Beyler, C. « Flammability Limits of Premixed and Diffusion Flames. » In *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, ed. P. DiNenno. Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2002.

Braisie, N., et N. Simpson. « Guide for Estimating Damage, » *Explosion Loss Prevention*, 1968.

Bull, J. P., et J. C. Lawrence. « Thermal Conditions to Produce Skin Burns, » *Fire and Materials* 3(2) (1979) : 100–05.

Bustin, W. M., et W. G. Duket. *Electrostatic Hazards in the Petroleum Industry*. London, UK : Research Studio Press, July 1983.

Cole, L. *The Investigation of Motor Vehicle Fires : A Guide for Law Enforcement, Fire Department and Insurance Personnel*, 3rd ed. Lincoln, NE : Lee Books, 1992.

Coltharp, D. R. « Blast Response Tests of Reinforced Concrete Box Structures, » Department of Defense, 1983.

Crowl, D. A., et J. F. Louvar. Chemical Process Safety, 2nd ed. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall, 2001.

Derkson, W. L., T. I. Monohan, et G. P. deLhery. « The Temperature Associated with Radiant Energy Skin Burns, » *Temperature — Its Measurement and Control in Science and Industry* 3(3) (1963) : 171–75.

Douglas, J. E., A. W. Burgess, et R. K. Ressler. *Crime Classification Manual*. New York, NY : Lexington Books, 1992.

Drysdale, D. *An Introduction to Fire Dynamics*. Chichester, UK : John Wiley and Sons, 1999.

Drysdale, D. « Fire Dynamics, » *ISFI Proceedings, International Symposium on Fire Investigation Science and Technology*. Sarasota, FL : National Association of Fire Investigators, 2006.

Fang, J. B., et J. N. Breese, *Fire Development in Basement Rooms*. Gaithersburg, MD : National Institute of Standards and Technology, 1980.

Garner, B. A., et H. C. Black. *Black's Law Dictionary*, 7th ed. Saint Paul, MN : West Publishing Company, 1999.

Gieck, K., et R. Gieck. Engineering Formulas. New York, NY : McGraw-Hill, 1997.

Grant, G., et D. Drysdale. « Numerical Modeling of Early Flame Spread in Warehouse Fires, » *Fire Safety Journal* 24(3) (1995) : 247–78.

Guide to Plastics (Plastics Handbook). New York, NY : McGraw-Hill, 1989.

Hagglund, B., et S. Persson, *An Experimental Study of the Radiation from Wood Flames*. FOA Report C 4589-D6(A3). Stockholm, Sweden : Forsvarerts Forskningsanstalt, 1976.

Hilado, C. J. *Flammability Handbook for Plastics*, 4th ed. Lancaster, PA : Technomic Publishing, 1990.

Krasny, J. *Cigarette Ignition of Soft Furnishings — A Literature Review With Commentary*. Washington, DC : Center for Fire Research, National Bureau of Standards, June 1987.

Kransny, J., W. Parker, et V. Babrauskas. *Fire Behavior of Upholstered Furniture and Mattresses*. Park Ridge, NJ : Noyes Publications, 2001.

LaPointe, N., C. Adams, et J. Washington. « Autoignition of Gasoline on Hot Surfaces, » *Fire and Arson Investigator*, 2005.

Lawson, J. *An Evaluation of Fire Properties of Generic Gypsum Board Products* (NBSIR 77-1265). Washington, DC : NIST, Center for Fire Research, 1977.

Lee, B. T. *Heat Release Rate Characteristics of Some Combustible Fuel Sources in Nuclear Power Plants*.

Lees, F. *Loss Prevention in the Process Industries*. Boston, MA : Butterworth-Heinemann, 1996.

Lide, D. R., ed. *Handbook of Chemistry and Physics*, 71st ed. Boca Raton, FL : CRC Press, 1990–1991.

McGrattan, K., A. Hamins, et D. Stroup. *Sprinkler, Smoke and Heat Vent, Draft Curtain Interaction : Large Scale Experiments and Model Development*. Technical Report NISTIR 6196-1. Gaithersburg, MD : National Institute of Standards and Technology, 1998.

McRae, T. G., H. C. Goldwire, W. J. Hogan, et D. L. Morgan. « Effects of Large-Scale LNG/Water RPT Explosions, » Department of Energy, 1984.

Merriam-Webster's Collegiate Dictionary, 11th edition, Merriam-Webster, Inc., Springfield, MA, 2003.

National Propane Gas Association Bulletin T133. *Purging LP-Gas Containers*. Washington, DC : NPGA, 1989.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Orloff, L., J. deRis, et G. Markstein. « Upward Turbulent Fire Spread and Burning of Fuel Surface, » *Fifteenth Symposium (International) on Combustion.* Pittsburgh, PA : The Combustion Institute, 1994, pp. 183–92.

Quintiere, J. « Surface Flame Spread. In *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, ed. P. DiNenno. Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2002.

Saito, K., J. G. Quintiere, et F. A. Williams. « Upward Turbulent Flame Spread, » *Fire Safety Science.* International Association for Fire Safety Science, 1986. *Proceedings, 1st International Symposium.* C. E. Grant

and P. J. Pagni, eds. New York, NY : Hemisphere Publishing Corp., pp. 75–86.

Society of Fire Protection Engineers. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,* ed. P. DiNenno. Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2002.

Stoll, A., et L. C. Greene. « Relationship Between Pain and Tissue Damage Due to Thermal Radiation, » *Journal of Applied Physiology* 14 (1959) : 373–83.

Stoll, A., et M. A. Chianta. « Method and Rating System for Evaluation of Thermal Protection, » *Aerospace Medicine* 40 (1969) : 1232–38.

Thomas, P. « The Growth of Fire-Ignition to Full Involvement. » In *Combustion Fundamentals of Fire*, ed. G. Cox. London, UK : Academic Press, 1995.

Wood, P. G. *Fire Research Note #953.* Borehamwood, UK : Building Research Establishment, 1973.

Wu, P., L. Orloff, et A. Tewarson. « Assessment of Material Flammability with the FG Propagation Model and Laboratory Test Methods, » Thirteenth Joint Panel Meeting of the UJNR Panel on Fire Research and Safety, Gaithersburg, MD, 1996.

2.4 Références citées dans les sections « Recommandations ».

NFPA 53, *Recommended Practice on Materials, Equipment, and Systems Used in Oxygen-Enriched Atmospheres,* 2004 edition.

NFPA 68, *Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting,* 2007 edition.

NFPA 70®, National Electrical Code®, 2008 edition.

NFPA 72®, National Fire Alarm Code®, 2007 edition.

NFPA 318, *Standard for the Protection of Semiconductor Fabrication Facilities,* 2006 edition.

NFPA 654, *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids,* 2006 edition.

Chapitre 3 Définitions

3.1 Généralités.

Le glossaire définit le vocabulaire utilisé dans le guide. Lorsqu'un terme n'est pas défini dans ce chapitre ou dans un autre chapitre, il devrait être compris selon sa définition couramment acceptée en fonction du contexte dans lequel il est employé.

3.2 Définitions officielles NFPA.

3.2.1* Approuvé *(Approved).* Accepté par l'autorité compétente.

3.2.2* Code *(Code).* Référentiel comprenant une compilation importante de dispositions couvrant une thématique large et susceptible d'être adopté au niveau réglementaire indépendamment des autres référentiels et codes.

3.2.3* Guide *(Guide).* Document qui par nature rassemble des recommandations ou des informations et dont les dispositions ne sont pas obligatoires. Un guide peut inclure des exigences portant sur les circonstances d'utilisation du guide, mais le document en lui-même n'est pas adapté pour être adopté au niveau réglementaire.

3.2.4* Pratique recommandée *(Recommended Practice).* Document similaire dans son contenu et dans sa structure à un code ou à une norme mais qui ne renferme que des dispositions non obligatoires utilisant le mot « devrait » (« *should* ») dans le texte signifiant ainsi qu'il s'agit de recommandations.

3.2.5* Norme *(Standard).* Document dont le texte principal ne contient que des dispositions obligatoires utilisant le mot « doit » pour indiquer des exigences, et dont la forme convient généralement pour être référencé en tant que document d'application obligatoire par une autre norme ou par une règle, ou pour être adopté au niveau réglementaire. Les dispositions non obligatoires sont insérées dans des annexes ou des notes de bas de page, et ne doivent pas être perçues comme relevant des exigences de la norme.

3.3 Définitions générales.

3.3.1* Température absolue *(Absolute Temperature).* Température exprimée en Kelvins (K) ou Rankines (R).

3.3.2 Accélérant *(Accelerant).* Combustible liquide ou solide, souvent un liquide inflammable, utilisé pour initier un feu ou pour augmenter la vitesse de développement ou de propagation de l'incendie.

3.3.3 Accident *(Accident).* Évènement imprévu qui entraîne l'interruption de l'activité et peut occasionner des dommages aux personnes et aux biens, ou évènement à caractère aléatoire dont la cause est inconnue. Occurrence non attendue consécutive à un défaut de maintenance, de connaissance ou à

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

tout autre manquement.

3.3.4 Ambiant ***(Ambient).*** Environnement autour de quelqu'un ou de quelque chose, en particulier lorsque cela concerne l'environnement local tel que l'air ambiant ou la température ambiante.

3.3.5 Intensité maximale admissible ***(Ampacity).*** Valeur du courant que peut supporter en permanence un conducteur dans les conditions d'utilisation normales sans dépasser sa température maximale admissible. [**70,** Article 100]

3.3.6 Ampère ***(Ampere).*** Unité de mesure du courant électrique qui correspond à un débit de un coulomb par seconde ; un coulomb correspond à 6.24×10^{18} électrons.

3.3.7 Arc ***(Arc).*** Décharge électrique à travers l'air ou à travers un milieu tel qu'un isolant carbonisé, qui produit des températures élevées et du rayonnement lumineux.

3.3.8 Arc à travers les matières carbonisées ***(Arcing Through Char).*** Phénomène d'arc électrique associé à un milieu carbonisé (tel qu'un isolant électrique carbonisé) qui se comporte comme un milieu semi-conducteur.

3.3.9 Lieu d'origine ***(Area of Origin).*** Un bâtiment, une partie de bâtiment, ou plus généralement une zone géographique dans le périmètre d'une scène d'incendie, où il est raisonnable de penser que se trouve « *le point d'origine* » d'un incendie ou d'une explosion. *(Voir aussi 3.3.127, Point d'origine.)*

3.3.10 Traces en forme de flèche ***(Arrow Pattern).*** Traces de carbonisation présentes sur la section d'une pièce de charpente en bois brûlée.

3.3.11* Incendie volontaire ***(Arson).*** Acte consistant à allumer un feu ou à générer une explosion de façon malveillante, intentionnelle ou négligente.

3.3.12 Auto-inflammation ***(Autoignition).*** Démarrage de la combustion par échauffement en l'absence d'étincelle ou de flamme.

3.3.13 Température d'auto-inflammation ***(Autoignition Temperature).*** Température minimum à laquelle un combustible est susceptible de s'enflammer dans l'air en l'absence d'étincelle ou de flamme.

3.3.14 Backdraft ***(Backdraft).*** Déflagration consécutive à l'introduction brutale d'air dans un espace confiné contenant des produits issus d'une combustion incomplète résultant de l'appauvrissement en oxygène.

3.3.15 Perle ***(Bead).*** Gouttelette de métal re-solidifié à l'extrémité des restes d'un conducteur électrique, causée par un arc électrique et caractérisée par une limite franche entre la partie fondue et la partie non-fondue.

3.3.16 Front d'une onde de choc ***(Blast Pressure Front).*** Front de dilatation des gaz résultant d'une explosion, et lieu d'un gradient de pression important entre la pression ambiante normale devant le front d'onde et une pression élevée potentiellement destructrice derrière le front d'onde.

3.3.17 BLEVE (*BLEVE ; Boiling liquid expanding vapor explosion)* *Ndt : pourrait se traduire par explosion de vapeur détendue issue de liquide en ébullition.*

3.3.18 Liaison ***(Bonding).*** Jonction permanente d'éléments métalliques constituant un chemin électriquement conducteur qui permet de réaliser la continuité électrique et de faire circuler en tout sécurité le courant susceptible d'y être généré.

3.3.19 Btu ***(British Thermal Unit).*** Quantité de chaleur nécessaire à augmenter de 1°F, 1 lb d'eau à la pression de 1 atmosphère et à la température de 60°F ; 1 Btu correspond à 1055 joules, 1055 kilojoules, et 252,15 calories.

3.3.20 Vitesse de combustion ***(Burning Rate).*** Voir 3.3.90, Vitesse de libération de chaleur (*Heat Release Rate HRR*).

3.3.21 Calorie ***(Calorie).*** Quantité de chaleur nécessaire à augmenter de 1°C, 1 g d'eau se trouvant à la pression de 1 atmosphère et à la température de 15°C ; une calorie correspond à 4.184 joules ; il y a 252.15 calories dans 1 Btu (British thermal unit).

3.3.22 Cause ***(Cause).*** Circonstances, conditions, ou actions qui provoquent ou entraînent un incendie ou une explosion, des dommages aux biens ou des atteintes aux personnes résultant de l'incendie ou de l'explosion.

3.3.23 Écoulement sous plafond ***(Ceiling Jet).*** Écoulement de gaz chauds formant une couche relativement fine, qui progresse sous une surface horizontale (plafond), consécutif à la rencontre du panache avec le plafond, obligeant les gaz chauds à s'écouler horizontalement.

3.3.24 Couche sous plafond ***(Ceiling Layer).*** Couche de gaz chauds et de fumée soumise aux forces de flottaison et produite par un feu à l'intérieur d'un local.

3.3.25 Matière carbonisée ***(Char).*** Matière charbonneuse noirâtre issue de la combustion ou de la pyrolyse des matériaux.

3.3.26 Boursouflures carbonisées (« effet peau de crocodile ») ***(Char Blisters).*** Portions convexes de matière carbonisée séparées par des fissures et des crevasses se formant à la surface d'une matière carbonisée suite à la combustion ou à la pyrolyse de matières telles que le bois.

3.3.27 Traces propres ***(Clean Burn).*** Trace laissée sur une surface, sur laquelle s'étaient déposées des suies, après combustion de ces dernières.

3.3.28 Combustible ***(Combustible).*** Susceptible d'être le siège d'une combustion.

3.3.29* Indicateur de gaz combustible

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

(explosimètre) ***(Combustible Gas Indicator).*** Équipement susceptible de prélever de l'air ambiant et d'indiquer s'il y a présence de gaz ou de vapeurs inflammables.

3.3.30 Liquide combustible ***(Combustible Liquid).*** Tout liquide ayant un point d'éclair en vase fermé au dessus de 37.8°C (100°F). *(Voir aussi 3.3.70, Liquide inflammable.)*

3.3.31 Combustion. Processus chimique d'oxydation se produisant à une vitesse suffisamment importante pour générer de la chaleur et en général de la lumière sous la forme de braises ou d'une flamme.

3.3.32 Produits de combustion ***(Combustion Products).*** Chaleur, gaz, liquides et solides vaporisés, matière à l'état solide, et cendre issus de la combustion.

3.3.33 Source d'ignition efficace ***(Competent Ignition Source).*** Source d'ignition dotée d'une énergie suffisante et capable de transmettre cette énergie de manière à élever la température du combustible à sa température d'inflammation. (Voir 8.4.2.)

3.3.34 Conduction ***(Conduction).*** Transfert de chaleur entre matériaux ou à l'intérieur d'un matériau par contact direct.

3.3.35 Convection ***(Convection).*** Transfert de chaleur par circulation à travers un milieu gazeux ou liquide.

3.3.36 Déformation ***(Creep).*** Propension d'un matériau à bouger ou à se déformer de façon permanente afin de relâcher les tensions.

3.3.37 Courant ***(Current).*** Débit de charge électrique.

3.3.38 Raisonnement déductif ***(Deductive Reasoning).*** Processus par lequel on tire des conclusions par déduction logique à partir d'hypothèses données.

3.3.39 Déflagration ***(Deflagration).*** Propagation de la zone en combustion dans le milieu qui n'a pas encore réagi à une vitesse inférieure à celle du son. [**68,** 2007]

3.3.40 Masse volumique ***(Density).*** Masse d'une substance par unité de volume, généralement spécifiée à une température et à une pression normalisées. La masse volumique de l'eau est approximativement de 1 gramme par centimètre cube. La masse volumique de l'air est approximativement de 1275 gramme par mètre cube.

3.3.41 Détection ***(Detection).*** (1) Identification de l'occurrence d'un feu, en particulier par un détecteur sensible à un ou plusieurs effets du feu tels que la fumée, la chaleur, le rayonnement infrarouge ou autres. (2) Action ou processus de découverte et de localisation d'un feu.

3.3.42 Détonation ***(Detonation).*** Propagation d'une zone en combustion à une vitesse supérieure à la vitesse du son dans un milieu qui n'a pas encore réagi. [**68,** 2007]

3.3.43 Combustible diffus ***(Diffuse Fuel).*** Gaz, vapeur, poussière, particules, aérosol, brouillard, matière brumisée, ou mélange mixte de ceux-ci, en suspension dans l'air, et qui est susceptible d'être enflammé et de propager un front de flamme.

3.3.44 Flamme de diffusion ***(Diffusion Flame).*** Flamme pour laquelle le combustible et l'air se mélangent et diffusent ensemble dans la zone de combustion.

3.3.45 Propagation du feu par chute de matières en feu ***(Drop Down).*** Autre synonyme en anglais ; « fall down. »

3.3.46 Températures typiques d'incendie ***(Effective Fire Temperatures).*** Températures atteintes au cours d'un feu produisant des effets que l'on peut relier à des gammes spécifiques de température.

3.3.47 Étincelle électrique ***(Electric Spark).*** Petite particule incandescente créée par certains arcs électriques.

3.3.48 Entraînement ***(Entrainment).*** Phénomène d'aspiration par le feu, le panache ou l'écoulement de l'air ou des gaz.

3.3.49 Explosion ***(Explosion).*** Transformation rapide d'énergie potentielle (chimique ou mécanique) en énergie cinétique avec génération et émission de gaz sous pression ou seulement émission de gaz sous pression. Ces gaz sous haute pression produisent du travail mécanique qui met en mouvement, modifie ou détruit les objets à proximité.

3.3.50 Explosif ***(Explosive).*** Tout composé chimique, mélange ou dispositif susceptible d'exploser.

3.3.51 Matière explosive ***(Explosive Material).*** Toute matière qui joue le rôle du combustible dans une explosion.

3.3.52 Surface exposée ***(Exposed Surface).*** Partie d'un assemblage ou d'un objet directement exposé au feu.

3.3.53 Éteindre ***(Extinguish).*** Faire cesser la combustion.

3.3.54 Défaillance ***(Failure).*** Déformation, bris ou détérioration, ou tout autre défaut sur un objet, un composant, un système, un assemblage ou une structure qui conduit à des performances insuffisantes au niveau de la fonction à assurer par l'objet.

3.3.55 Analyse des modes de défaillance ***(Failure Analysis).*** Examen logique et systématique d'un objet, d'un composant, d'un assemblage, ou d'une structure et de leurs emplacements et fonctions au sein d'un système, mené en vue d'identifier et d'analyser la probabilité, les causes et les conséquences des défaillances potentielles ou réelles.

3.3.56 Propagation par chute de matière en feu ***(Fall Down).*** Voir 3.3.42, synonyme de *Drop Down.*

3.3.57 Classement des revêtements de protection ***(Finish Rating).*** Délai en minutes, déterminé dans des conditions de laboratoire spécifiées, au bout duquel la poutre ou le poteau se trouvant sous le revêtement de protection testé atteint une élévation de température moyenne de 121°C (250°F), ou une élévation de température ponctuelle de 163°C (325°F) mesurée sur

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

la partie plane du bois, sous le revêtement de protection positionné au plus près du feu.

3.3.58 Feu ***(Fire).*** Réaction chimique d'oxydation rapide, produisant une quantité de lumière et de chaleur variables.

3.3.59 Expertise après sinistre incendie ***(Fire Analysis).*** Processus consistant à déterminer l'origine, la cause, la propagation, les responsabilités et l'analyse des modes de défaillance en relation avec l'incendie ou l'explosion.

3.3.60 Cause d'incendie ***(Fire Cause).*** Circonstances, conditions ou actions qui permettent la rencontre d'un combustible, d'une source d'ignition et d'un comburant (tel que l'air ou l'oxygène) conduisant à un feu ou à une combustion explosive.

3.3.61* Dynamique du feu ***(Fire Dynamics).*** Étude détaillée de la façon dont la chimie, la physique du feu, et les disciplines d'ingénierie de mécanique des fluides et de transferts thermiques interagissent pour influencer le comportement du feu.

3.3.62 Investigation incendie ***(Fire Investigation).*** Processus visant à déterminer l'origine, la cause et la propagation d'un feu ou d'une explosion.

3.3.63 Danger d'incendie (***Fire Hazard***). Tous circonstance, procédé, matériau ou condition susceptibles de causer un incendie ou une explosion ou de constituer une source de combustible disponible pouvant augmenter la propagation ou l'intensité du feu ou de l'explosion, constituant une menace pour les personnes ou pour les biens.

3.3.64 Traces laissées par le feu ***(Fire Patterns).*** Changements physiques visibles ou mesurables, ou allures identifiables, produits par un effet ou un groupe d'effets consécutifs au feu.

3.3.65 Propagation du feu ***(Fire Propagation).*** Voir 3.3.64, Progression du feu (Fire Spread).

3.3.66 Reconstitution de la scène d'incendie ***(Fire Scene Reconstruction).*** Processus consistant à récréer physiquement la scène au cours des investigations et analyses de la scène d'incendie, ou à enlever les débris et à placer le contenu et les éléments de structure dans la position qu'ils occupaient avant le sinistre.

3.3.67* Sciences du feu ***(Fire Science).*** Ensemble de connaissances relatives à l'étude du feu et de sujets connexes (tels que la combustion, les flammes, les produits de combustion, la chaleur libérée, les transferts thermiques, la chimie du feu et de l'explosion, la dynamique du feu et de l'explosion, la thermodynamique, la cinétique, la mécanique des fluides, la sécurité incendie) et leur interaction avec les personnes, les structures et l'environnement.

3.3.68 Progression du feu ***(Fire Spread).*** Cheminement du feu d'un endroit vers un autre.

3.3.69 Flamme ***(Flame).*** Ensemble ou flux de matières gazeuses concernées par le processus de combustion, émettant un rayonnement thermique à des bandes de longueurs d'ondes spécifiques déterminées par la chimie de combustion du combustible. Dans la plupart des cas, une fraction du rayonnement thermique est émise dans le domaine du visible pour un œil humain. [*72,* 2007]

3.3.70 Front de flamme ***(Flame Front).*** Limite de flamme frontale d'une zone de réaction de combustion en cours de propagation.

3.3.71 Inflammation sous plafond ***(Flameover).*** Conditions au cours desquelles des imbrûlés (gaz de pyrolyse) produits par le feu se sont accumulés dans la couche sous plafond à une concentration suffisante (c'est-à-dire au-dessus de la limite inférieure d'inflammabilité) pour s'enflammer et brûler ; peut se produire sans inflammation, ou avant l'inflammation de combustibles éloignés du lieu d'origine.

3.3.72 Inflammable ***(Flammable).*** Capable de brûler avec une flamme.

3.3.73 Limites d'inflammabilité ***(Flammable Limit).*** Concentrations minimale et maximale d'un gaz inflammable ou de vapeur émise par un liquide inflammable, dans l'air, dans des conditions de température et de pression spécifiées, exprimées en pourcentage volumique de combustible susceptible d'être enflammé.

3.3.74 Liquide inflammable ***(Flammable Liquid).*** Liquide dont le point d'éclair en vase fermé est inférieur à 37,8°C (100°F) et dont la tension de vapeur saturante est au plus égale à 2068 mm Hg (40 psia) à 37,8°C (100°F). *(Voir aussi 3.3.30, Liquide combustible.)*

3.3.75 Fourchette d'inflammabilité ***(Flammable Range).*** Gamme de concentration comprise entre les limites inférieure et supérieure d'inflammabilité. [**68,** 2007]

3.3.76 Flash fire (Feu éclair) ***(Flash Fire).*** Feu se propageant par le biais d'un front de flammes au sein d'un combustible diffus tel que des poussières, des gaz ou les vapeurs émises par un liquide inflammable avec absence de surpression destructrice.

3.3.77 Point d'éclair d'un liquide ***(Flash Point of a Liquid).*** Température la plus basse, mesurée dans des conditions de laboratoire spécifiées, à laquelle un liquide émet des vapeurs avec un débit suffisant pour entretenir une flamme transitoire en surface de ce liquide.

3.3.78 Flashover (Embrasement généralisée) ***Flashover.*** Phase de transition pendant le développement du feu dans un local, au cours de laquelle les surfaces exposées au rayonnement thermique atteignent des températures d'inflammation plus ou moins simultanément ; le feu progresse rapidement à travers le volume, ce qui conduit à l'implication de tout le local ou à l'implication totale du compartiment ou de l'espace confiné.

3.3.79 Sciences légales ***[Forensic (Forensic Science)].*** Application de la science pour répondre aux questions relatives aux aspects légaux.

3.3.80 Combustible ***(Fuel).*** Matériau susceptible de

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

maintenir une combustion dans des conditions d'environnement spécifiées. [**53,** 2004]

3.3.81 Gaz combustible ***(Fuel Gas).*** Gaz naturel, gaz industriel, gaz de pétrole liquéfié (GPL), et tout autre gaz couramment utilisé pour des applications commerciales ou résidentielles telles que le chauffage, la climatisation, ou la cuisine.

3.3.82 Charge calorifique ***(Fuel Load).*** Quantité totale de combustible contenu dans un bâtiment, un espace ou la zone en feu, incluant les aménagements et finitions intérieures, exprimée en unités calorifiques ou en masse de bois équivalente.

3.3.83 Feu contrôlé par le combustible ***(Fuel-Controlled Fire).*** Feu pour lequel la vitesse de dégagement de la chaleur et le développement sont contrôlés par les caractéristiques du combustible telles que la quantité et la géométrie, et qui n'est pas en manque d'air.

3.3.84 Feu généralisé au local ***(Full Room Involvement).*** Feu de local dont la totalité du volume est concernée par le feu.

3.3.85 Gaz ***(Gas).*** État physique de la matière sans forme et volume propres, susceptible de se dilater pour occuper le volume et la forme du récipient ou du compartiment dans lequel il se trouve.

3.3.86 Combustion par braises ***(Glowing Combustion).*** Combustion d'un matériau solide sans flamme mais avec émission de lumière.

3.3.87 Terre ***(Ground).*** Connexion conductrice, réalisée fortuitement ou intentionnellement, entre un circuit électrique ou un équipement et la terre ou tout autre corps servant de terre.

3.3.88 Défaut de mise à la terre ***(Ground Fault).*** Courant parasite qui circule en dehors du circuit normal, par exemple (a) à travers le conducteur de mise à la terre de l'équipement ; (b) à travers des matériaux conducteurs en contact à un potentiel plus faible (tels que la terre), ou autre matériau conducteur autre que la terre de l'équipement électrique (du métal, de l'eau ou des canalisations de plomberie, etc.) ; ou (c) à travers une combinaison de ces différents chemins de retour à la terre.

3.3.89 Danger ***(Hazard).*** Situation matérielle susceptible de générer des dommages.

3.3.90* Chaleur ***(Heat).*** Forme d'énergie caractérisée par la vibration des molécules et capable d'initier et d'entretenir des transformations chimiques et des changements d'état.

3.3.91 Vecteur chaleur et flammes ***(Heat and Flame Vector).*** Tracé d'une flèche sur les schémas représentatifs de scènes d'incendie pour visualiser la direction de la chaleur, de la fumée, ou de l'écoulement des flammes.

3.3.92 Flux thermique ***(Heat Flux).*** Mesure de la vitesse de transfert thermique vers une surface, exprimée en kilowatts/m^2, kilojoules/m^2/sec, ou Btu/ft^2/sec.

3.3.93* Énergie d'inflammation ***(Heat of Ignition).*** Énergie thermique qui provoque l'inflammation.

3.3.94* Puissance calorifique ***(Heat Release Rate) (HRR).*** Vitesse à laquelle l'énergie thermique est libérée par combustion.

3.3.95 Hautement Explosif ***(High Explosive).*** Matière capable de développer un front réactionnel qui se déplace à travers une matière n'ayant pas réagi, à une vitesse supérieure ou égale à celle du son dans le milieu considéré [typiquement 1000 m/sec (3000 ft/sec)] ; matière capable de donner lieu à une détonation. *(Voir aussi 3.3.40, Détonation.)*

3.3.96 Dommages caractéristiques d'une explosion forte ***(High-Order Damage).*** Montée en pression rapide ou explosion puissante caractérisée par un effet brisant sur les structures confinées ou les contenants, et par la projection de missiles à longue distance.

3.3.97 Substance hypergolique ***(Hypergolic Material).*** Substance qui, mise au contact d'un comburant, s'enflamme ou explose spontanément.

3.3.98 Liquide allumable ***(Ignitible Liquid).*** Liquide ou phase liquide d'une substance capable d'alimenter un feu, y compris les liquides inflammables, les liquides combustibles ou tout autre produit qui peut être liquéfié et brûlé.

3.3.99 Inflammation ***(Ignition).*** Processus d'initiation d'une combustion capable de s'auto-entretenir.

3.3.9100 Énergie d'inflammation ***(Ignition Energy).*** Quantité d'énergie thermique à fournir à une substance pour qu'elle s'enflamme et brûle.

3.3.101* Température d'inflammation ***(Ignition Temperature).*** Température minimum à atteindre par une substance pour qu'elle s'enflamme dans des conditions d'essais spécifiées.

3.3.102 Délai d'inflammation ***(Ignition Time).*** Délai entre l'application d'une source d'ignition sur un matériau et le démarrage de la combustion auto-entretenue.

3.3.103 Cause d'incendie volontaire ***(Incendiary Fire Cause).*** Classification d'une cause d'incendie avec départ de feu intentionnel dans des circonstances où la personne qui démarre le feu sait qu'aucun feu ne devrait être allumé.

3.3.104 Raisonnement inductif ***(Inductive Reasoning).*** Processus consistant, à partir d'une expérience particulière, à généraliser. Processus consistant à développer des hypothèses à partir de faits observables ou connus ainsi que sur la base de la formation, de l'expérience, des connaissances et de l'expertise de l'observateur.

3.3.105 Partie concernée ***(Interested Party).*** Personne, entité ou organisation et ses représentants ayant des obligations statutaires, ou dont les droits légaux ou les

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

intérêts pourraient être affectés par la recherche de la cause du sinistre.

3.3.106 Investigations sur site *(Investigation Site)*. Pour les besoins du Chapitre 27, les termes « site » et « scène » feront conjointement référence aux investigations sur site, à moins que le contexte particulier ne nécessite l'un ou l'autre mot.

3.3.107 Équipe d'investigation *(Investigative Team)*. Groupe de personnes menant des investigations après-sinistre, dans l'intérêt d'une partie.

3.3.108 Iso-carbonisation *(Isochar)*. Ligne reliant les points de carbonisation de même profondeur sur un schéma.

3.3.109 Joule *(Joule)*. Unité SI de chaleur, d'énergie ou de travail, à utiliser préférentiellement. Un Joule correspond à la chaleur produite lorsqu'un ampère passe dans une résistance de un ohm pendant une seconde, ou au travail nécessaire pour parcourir une distance de un mètre en supportant une force de un newton. Il y a 4.184 joules dans une calorie, et 1055 joules dans une « British thermal unit » (Btu). Un watt est égal à un joule/seconde. *(Voir aussi 3.3.19, British Thermal Unit (Btu), et 3.3.21, Calorie.)*

3.3.110 Kilowatt *(Kilowatt)*. Mesure du débit énergétique.

3.3.111 Température d'allumage *(Kindling Temperature)*. Voir 3.3.97, Température d'inflammation.

3.3.112 Examen par stratification *(Layering)*. Processus consistant à déblayer de manière systématique les débris d'une scène d'incendie, en travaillant par couches successives, du dessus vers le dessous, tout en observant la localisation relative des artéfacts.

3.3.113 Faiblement explosif *(Low Explosive)*. Explosif qui développe une vitesse de réaction inférieure à 1000 m/sec (3000 ft/sec).

3.3.114 Dommages caractéristiques d'une explosion modérée à faible *(Low-Order Damage)*. Vitesse de montée en pression modérée ou explosion de faible puissance, caractérisée par des effets de poussée ou de déplacement au niveau des structures confinées ou des contenants, et par la projection de missiles sur de courtes distances.

3.3.115 Premier combustible en feu *(Material First Ignited)*. Combustible, qui soumis à une énergie supérieure ou égale à la valeur de son énergie d'inflammation, a pris feu en premier ; pour être pertinent, il conviendrait d'identifier à la fois le type de produit et sa forme.

3.3.116 Matière non-combustible *(Noncombustible Material)*. Matière qui, soumise à un feu ou à de la chaleur, dans sa forme de mise en œuvre et dans les conditions prévues, ne s'enflammera pas, ne brûlera pas, n'entretiendra pas de combustion, ou n'émettra pas de gaz inflammable.

3.3.117 Non-inflammable *(Nonflammable)*. (1) Ne brûle pas facilement avec une flamme (2) Ne risque pas de s'enflammer et de brûler si exposé à une flamme. Son contraire est « inflammable ».

3.3.118 Ohm *(Ohm)*. Unité SI d'impédance électrique, ou de résistance électrique dans le cas du courant continu.

3.3.119 Origine *(Origin)*. Terme générique désignant l'endroit où un feu ou une explosion ont démarré. *(Voir 3.3.127, Point d'origine, ou 3.3.9, Lieu d'origine.)*

3.3.120 Courant excessif *(Overcurrent)*. Courant supérieur au courant nominal prévu pour l'équipement ou au courant maximal admissible pour un conducteur ; peut survenir suite à une surcharge *(voir 3.3.117)*, un court-circuit, ou un défaut de mise à la terre.

3.3.121 Extinction totale. *(Overhaul)*. Terme utilisé par les services incendie désignant le processus d'extinction finale après que le foyer principal de l'incendie ait été maîtrisé. Tout feu résiduel doit avoir été éteint à l'issue de cette phase.

3.3.122* Surcharge *(Overload)*. Utilisation d'un équipement au-delà de sa charge nominale maximale, ou d'un conducteur au-delà de l'intensité maximale admissible. La persistance d'un tel état pourrait causer des dommages ou des échauffements dangereux. Une surcharge empreinte en général mais pas toujours le chemin que constituent les conducteurs et les autres composants électriques d'un circuit électrique. Utilisation d'un équipement ou de câbles dans des conditions de circulation du courant menant à des températures supérieures aux températures nominales de l'équipement ou des câbles.

3.3.123 Manque d'oxygène *(Oxygen Deficiency)*. Concentration en oxygène insuffisante pour entretenir la combustion. *(Voir aussi 3.3.176, Feu contrôlé par la ventilation.)*

3.3.124 Température d'inflammation par flamme pilote *(Piloted Ignition Temperature)*. Voir 3.3.97, Température d'inflammation.

3.3.125* Plastique *(Plastic)*. Matière organique d'origine naturelle ou synthétique, de masse moléculaire élevée, dont la forme souhaitée peut être obtenue par transformation sous l'effet de la pression, de la chaleur, par extrusion ou par d'autres méthodes.

3.3.126 Panache *(Plume)*. Colonne de gaz chauds, de flamme, et de fumée qui s'élève au-dessus d'un feu ; aussi appelée cône de convection, courant thermique ascendant, ou cône thermique.

3.3.127 Point d'origine *(Point of Origin)*. Localisation précise de l'endroit à l'intérieur de la zone de départ du feu où une source de chaleur et le combustible se rencontrent et conduisent au démarrage d'un feu.

3.3.128 Flamme de prémélange *(Premixed Flame)*. Flamme où le combustible et le comburant sont mélangés avant d'entrer en combustion, comme dans un bec bunsen de laboratoire ou dans une cuisinière ; la propagation de la flamme est gérée par l'interaction entre le débit, les processus de transport et les réactions chimiques.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

3.3.129 Préservation *(Preservation)*. Application ou mise en œuvre de dispositions pour éviter les dommages, les modifications, l'altération ou la détérioration.

3.3.130 Effluents de combustion *(Products of Combustion)*. Voir 3.3.31, Produits de combustion.

3.3.131 Protocole *(Protocol)*. Procédures et méthodes spécifiques qui décrivent comment la ou les tâches doivent être réalisées.

3.3.132 Cause directe *(Proximate Cause)*. Lorsqu'une cause est directement responsable des effets sans la contribution d'autres causes.

3.3.133 Produits de pyrolyse *(Pyrolysate)*. Produits issus de la décomposition thermique ; produits dont la transformation chimique est causée par la chaleur.

3.3.134 Pyrolyse *(Pyrolysis)*. Processus par lequel un matériau se décompose ou se dégrade en molécules plus simples par le seul effet de la chaleur ; la pyrolyse précède généralement la combustion.

3.3.135 Matière pyrophorique *(Pyrophoric Material)*. Substance qui s'enflamme spontanément après exposition à l'oxygène de l'air.

3.3.136 Rayonnement thermique *(Radiant Heat)*. Énergie thermique transportée par les ondes électromagnétiques dont les longueurs d'ondes sont supérieures à celle de la lumière visible et inférieures à celles des ondes radio. Le rayonnement thermique (rayonnement électromagnétique) élève la température de toute substance capable d'absorber ce rayonnement, en particulier les objets solides et opaques.

3.3.137 Rayonnement *(Radiation)*. Transfert thermique par l'intermédiaire de l'énergie électromagnétique.

3.3.138 Vitesse de libération de la chaleur *(Rate of Heat Release)*. Voir 3.3.90, Puissance calorifique (*Heat Release Rate HRR*).

3.3.139 Ré-inflammation *(Rekindle)*. Réapparition d'une combustion avec flamme après extinction apparente mais incomplète.

3.3.140 Responsabilité *(Responsibility)*. État d'une personne ou de toute autre entité à l'origine d'un évènement ou d'une séquence d'évènements, ayant causé un feu ou une explosion, contribué à son développement, ou engendré des atteintes aux personnes, aux vies ou aux biens.

3.3.141 Risque *(Risk)*. Degré de danger ; menace susceptible de se réaliser, représentée par une probabilité statistique ou une estimation quantitative de la fréquence ou de la gravité des atteintes aux personnes ou aux biens.

3.3.142 Rollover (Inflammation produisant des rouleaux de flammes) *(Rollover)*. Voir 3.3.67, Inflammation sous plafond (Flameover).

3.3.143 Scène (Scene). Localisation générique d'un incendie ou d'une explosion (zone géographique, bâtiment ou partie de bâtiment, véhicule, bateau, partie d'équipement, etc.) considérée comme importante pour l'analyse du sinistre car elle renferme les dommages matériels et les débris, les traces, les victimes ou les dangers consécutifs au sinistre.

3.3.144 Méthode scientifique *(Scientific Method)*. Recherche structurée de connaissances mettant en œuvre l'identification et la formulation d'un problème, la recherche d'information par l'observation et l'expérimentation, et la formulation d'une hypothèse à vérifier.

3.3.145 Siège de l'explosion *(Seat of Explosion)*. Empreinte en forme de cratère créée au point d'origine de certaines explosions.

3.3.146 Explosion avec cratère *(Seated Explosion)*. Explosion dont le point d'origine est facilement localisable, laissant un cratère au sol.

3.3.147 Explosion secondaire *(Secondary Explosion)*. Explosion consécutive à une explosion initiale.

3.3.148 Auto-échauffement *(Self-Heating)*. Conséquence de réactions exothermiques, pouvant se produire spontanément dans certaines matières et sous certaines conditions, au cours desquelles la chaleur est produite à une vitesse suffisante pour élever la température dans la matière.

3.3.149 Auto-inflammation *(Self-Ignition)*. Inflammation résultant d'un auto-échauffement, synonyme d'inflammation spontanée (*spontaneous ignition*).

3.3.150 Température d'auto-inflammation *(Self-Ignition Temperature)*. Température minimale à laquelle les propriétés d'auto-échauffement d'une matière conduisent à son inflammation.

3.3.151 Court-circuit *(Short Circuit)*. Connexion non prévue de faible résistance entre conducteurs du circuit normal où la résistance est normalement bien plus élevée. Il y a surintensité mais pas surcharge.

3.3.152 Site *(Site)*. Désigne la localisation physique, au sens large, de l'évènement, comprenant la scène et son environnement, jugés intéressants pour les opérations d'investigation ainsi que les zones affectées aux aspects logistiques.

3.3.153 Fumée *(Smoke)*. Ensemble de particules solides et liquides et de gaz, émis lors de la pyrolyse ou de la combustion de la matière, et mélangé par l'air qui est entraîné et mélangé dans la masse. [**318**, 2006]

3.3.154 Condensats dans la fumée *(Smoke Condensate)*. Liquide ou vapeur condensée en suspension et issus d'une combustion incomplète.

3.3.155 Explosion de fumée *(Smoke Explosion)*. Voir 3.3.14, Backdraft (*Backdraft*).

3.3.156 Braisant *(Smoldering)*. Combustion sans flamme, produisant souvent une incandescence et de la fumée.

3.3.157 Suie *(Soot)*. Particules noires constituées de carbone et produites au sein d'une flamme.

3.3.158 Éclatement *(Spalling)*. Fragmentation ou

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

création de cratères à la surface du béton ou d'une pièce de maçonnerie.

3.3.159 Étincelle ***(Spark).*** Particule de matière solide en mouvement, émettant du rayonnement thermique, du fait de sa température ou des réactions de combustion qui se produisent à sa surface [**654,** 2006]

3.3.160 Densité par rapport à l'air (gaz ou vapeurs) ***(Specific Gravity (air) (vapor density).*** Ratio entre la masse moléculaire moyenne d'un gaz ou de vapeurs et la masse moléculaire de l'air.

3.3.161 Densité par rapport à l'eau (liquides ou solides) ***Specific Gravity (of a liquid or solid).*** Ratio entre la masse d'un volume donné de substance et la masse du même volume d'eau, à la température de 4°C.

3.3.162 Action de rendre inexploitable (un indice ou une preuve) ***(Spoliation).*** Perte, destruction ou altération physique d'un objet ou d'un document, d'un indice ou d'une preuve, au cours d'une procédure légale, du fait de la personne chargée de sa préservation.

3.3.163* Échauffement spontané ***(Spontaneous Heating).*** Phénomène au cours duquel la température d'une matière augmente sans puiser la chaleur dans son environnement.

3.3.164 Inflammation spontanée ***(Spontaneous Ignition).*** Démarrage de la combustion au sein d'une matière, suite à des réactions chimiques ou biologiques internes, qui génèrent suffisamment de chaleur pour enflammer la matière.

3.3.165 Extinction ***(Suppression).*** Ensemble des opérations commencées à la découverte du feu et réalisées pour l'éteindre.

3.3.166 Combustible cible ***(Target Fuel).*** Combustible qui, soumis au rayonnement thermique émis par une flamme ou une couche de gaz chauds, est susceptible de s'enflammer.

3.3.167* Température ***(Temperature).*** Niveau de chaleur d'un corps, mesurable à l'aide d'un thermomètre ou d'un instrument similaire.

3.3.168 Cône thermique ***(Thermal Column).*** Voir 3.3.121, Panache (*Plume*).

3.3.169* Dilatation thermique ***(Thermal Expansion).*** Augmentation en longueur, en volume, ou en surface externe d'un corps par l'élévation de sa température.

3.3.170 Inertie thermique ***(Thermal Inertia).*** Propriété de la matière, qui caractérise la vitesse de montée de la température de surface, lorsque celle-ci est soumise à la chaleur ; résulte des caractéristiques thermiques de la matière : conductivité thermique *(k)*, masse volumique (ρ), et capacité calorifique *(c)*.

3.3.171 Thermoplastique ***(Thermoplastic).*** Matière plastique qui ramollit et fond à la chaleur jusqu'à devenir fluide.

3.3.172 Plastique thermodurcissable ***(Thermoset Plastics).*** Matière plastique qui durcit de manière irréversible au cours de sa fabrication, et ne ramollit généralement pas lorsqu'elle est soumise à la chaleur ; typiquement a tendance à carboniser au cours d'un feu.

3.3.173 Représentation chronologique ***(Time Line).*** Représentation graphique des évènements d'un incendie dans un ordre chronologique.

3.3.174 Incendie total ***(Total Burn).*** Sinistre où le feu a continué de se développer jusqu'à ce que la plupart des combustibles aient brûlé et que le feu se soit éteint tout seul faute de combustibles ou ait été éteint lorsque la charge calorifique avait suffisamment diminué du fait de la combustion pour permettre l'extinction avec les moyens disponibles.

3.3.175 Accord ***(Understanding or Agreement).*** Consensus écrit ou oral entre les parties intéressées, concernant l'organisation des opérations d'investigation.

3.3.176 Couche chaude ***(Upper Layer).*** Voir 3.3.24, Couche sous plafond.

3.3.177 Vapeur ***(Vapor).*** Phase gazeuse d'une substance, en particulier de celles qui sont liquides ou solides à température ambiante. *(Voir aussi 3.3.81, Gaz.)*

3.3.178 Densité des vapeurs ***(Vapor Density).*** Voir 3.3.155, (Densité par rapport à l'air), (gaz ou vapeurs).

3.3.179 Ouverture ***(Vent).*** Passage permettant la circulation ou l'évacuation des fluides ; gaz, fumées, émanations et autres.

3.3.180 Ventilation ***(Ventilation).*** Circulation de l'air dans un volume, du fait du vent, par convection naturelle ou par convection forcée à l'aide d'un ventilateur qui extrait ou souffle l'air dans le volume ; manœuvre de lutte contre le feu consistant à extraire la fumée et la chaleur du bâtiment en ouvrant les portes et les fenêtres ou en créant des ouvertures en toiture.

3.3.181 Feu contrôlé par la ventilation ***(Ventilation-Controlled Fire).*** Feu pour lequel la puissance calorifique ou le développement est contrôlé par la quantité d'air disponible pour alimenter le feu.

3.3.182 Désenfumage ***(Venting).*** Évacuation des fumées et de la chaleur par les ouvertures créées dans un bâtiment.

3.3.183 Volt ***(Volt)*** **(V).** Unité électrotechnique comparable à la pression en mécanique (force électromotrice) représentée par le symbole « E » ; différence de potentiel nécessaire à faire circuler un courant de un ampère dans une résistance de un ohm.

3.3.184 Watt ***(Watt)*** **(W).** Unité de puissance, ou de vitesse à laquelle est effectué un travail, équivalente à un joule par seconde, ou puissance correspondant à une intensité de 1 ampère pour une différence de potentiel de 1 volt.

3.3.185 Plan de travail ***(Work Plans).*** Liste des tâches (*check list*) à réaliser au cours des investigations, y compris l'ordre de mission et le délai de réalisation. Voir le chapitre 14, Organiser l'investigation.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 4 Principes de la méthodologie

4.1* Objectif de l'investigation incendie.

Une investigation incendie ou explosion représente une mission complexe nécessitant une compétence et des connaissances scientifiques, techniques et technologiques. L'enregistrement des faits, ainsi que l'analyse de ces faits, devraient être réalisés en toute honnêteté et objectivité, et sans biais, idée préconçue ou préjugé. Les principes méthodologiques de l'investigation incendie s'appuient sur la mise en œuvre d'une approche systématique, ainsi que sur l'analyse soigneuse de tous les détails pertinents. La mise en œuvre d'une approche systématique ne prend souvent pas en compte les faits nouveaux, qui peuvent conduire à la remise en cause des premières conclusions. A quelques exceptions près, la méthodologie appropriée pour une investigation incendie ou explosion consiste d'abord à déterminer et à établir la ou les origines, puis à rechercher la cause ; circonstances, conditions, ou actions qui ont permis la réunion de la source d'ignition, du combustible, et du comburant.

4.2 Approche systématique.

L'approche systématique recommandée est celle des méthodes scientifiques utilisées en sciences physiques. Cette méthode fournit les éléments recherchés lors du processus organisationnel et analytique, nécessaires à une investigation d'incendie réussie.

4.3 De l'investigation incendie à l'approche scientifique.

La méthode scientifique *(voir figure 4.3)* correspond à une recherche d'informations qui constitue la base d'un processus scientifique et technique sérieux, comprenant aussi les investigations sur site. On l'applique en respectant les étapes suivantes.

4.3.1 Identifier le besoin. Tout d'abord, il faudrait déterminer qu'il existe effectivement un problème. Dans notre cas, un incendie ou une explosion se sont produits, et la cause devrait être déterminée et enregistrée afin que des accidents du même type puissent être évités à l'avenir.

4.3.2 Définir le problème. Après avoir déterminé qu'il existe un problème, l'investigateur ou la personne chargée de l'analyse devrait définir comment résoudre le problème. Il conviendrait alors de mener une recherche d'origine et de cause adaptée.

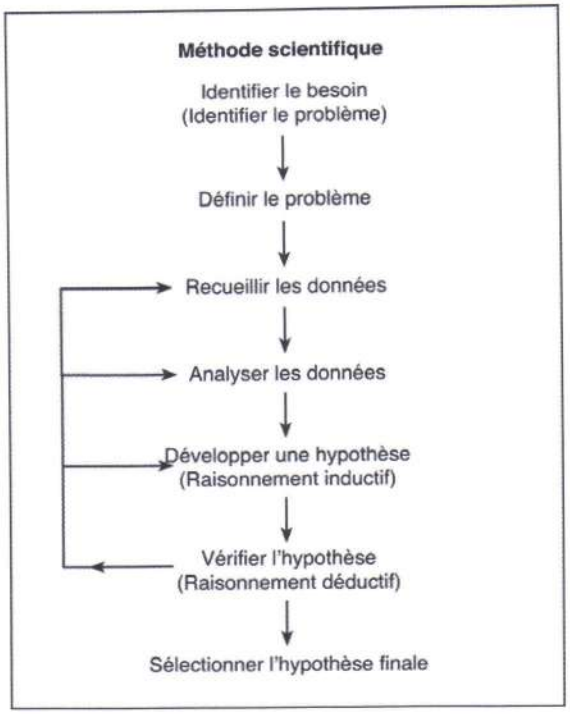


FIGURE 4.3 Utilisation de l'approche scientifique.

Ceci est réalisé par l'observation de la scène et par la combinaison d'autres méthodes de recueil de données, telles que l'analyse des investigations précédemment menées sur le sinistre, l'interrogation des témoins ou de toute autre personne détenant une information, et les résultats des expérimentations scientifiques.

4.3.3 Recueillir les données. Les faits relatifs au sinistre sont maintenant recueillis par l'observation, l'expérimentation ou par toute autre méthode de recueil direct des informations. Les données recueillies sont qualifiées d'empiriques car elles sont basées sur l'observation et l'expérimentation, et peuvent être vérifiées ou reconnues comme étant vraies.

4.3.4* Analyser les données. Au cours d'une approche scientifique il faut analyser toutes les données. Cette étape essentielle doit être réalisée avant de formuler l'hypothèse finale. Réaliser l'identification, la réunion et le classement des données ne signifie pas pour autant qu'elles aient été analysées. L'analyse des données s'effectue à partir des connaissances, de la formation, de l'expérience, et de l'expertise de la personne qui le fait. Si un investigateur manque d'expertise pour interpréter une donnée, il devrait rechercher une assistance. Interpréter les données permet à l'investigateur de formuler des hypothèses basées sur des indices plutôt que sur des spéculations.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

4.3.5* Développer une hypothèse (raisonnement inductif). Sur la base de l'analyse des données, l'investigateur propose une ou plusieurs hypothèses pour expliquer le phénomène ; ces hypothèses peuvent porter aussi bien sur les traces laissées par le feu, la propagation de l'incendie, l'identification de l'origine, la chronologie du départ du feu, la cause du feu, ou les causes des dommages ou responsabilités relatifs au sinistre incendie ou explosion. On qualifie ce processus de raisonnement inductif. Les hypothèses émises ne devraient s'appuyer que sur les données empiriques que l'investigateur a recueillies au cours de ses observations et traduites en interprétations du sinistre, basées sur les connaissances, la formation, l'expérience et l'expertise de l'investigateur.

4.3.6* Vérifier l'hypothèse (raisonnement déductif). L'investigateur ne dispose pas d'une hypothèse valable tant qu'il n'a pas testé sérieusement et soigneusement cette hypothèse. Pour tester une hypothèse on met en œuvre les principes du raisonnement déductif qui consiste à comparer l'hypothèse avec tous les faits connus ainsi qu'avec l'ensemble des connaissances scientifiques relatives au phénomène mis en jeu dans le sinistre. Une hypothèse peut être vérifiée physiquement en menant des expérimentations ou mentalement en appliquant les principes scientifiques des « expérimentations par la pensée ». Lorsque l'investigateur s'appuie sur des expériences ou les recherches des autres, il doit s'assurer que les conditions et les circonstances sont suffisamment comparables. Lorsque l'investigateur se base sur des travaux de recherche antérieurs, il devrait en préciser les références. Si l'hypothèse ne peut pas être étayée, elle devrait être écartée et des hypothèses alternatives devraient être développées et testées. Cela pourrait nécessiter le recueil de nouvelles données ou le réexamen des données existantes. Le processus de vérification doit être poursuivi jusqu'à ce que des hypothèses envisageables aient été testées et qu'une seule soit cohérente avec les faits et avec les principes scientifiques. Si aucune hypothèse ne résiste à l'analyse par un raisonnement déductif, la conclusion sur la cause devrait être considérée comme indéterminée.

4.3.6.1* Toute hypothèse qui ne peut pas être vérifiée est une hypothèse non valide. Une hypothèse construite à partir de l'absence d'indices constitue un exemple d'hypothèse ne pouvant pas être vérifiée. Le fait de ne pas pouvoir écarter une hypothèse ne signifie pas pour autant que cette hypothèse est la bonne.

4.3.7 Éviter les suppositions. On ne peut pas raisonnablement formuler ou vérifier une hypothèse particulière avant que toutes les données aient été recueillies. L'investigateur devrait aborder toute investigation incendie ou explosion en évitant toute supposition sur l'origine, la chronologie de départ du feu, la cause, la propagation du feu et les responsabilités par rapport au sinistre jusqu'à ce que l'approche scientifique ait permis d'aboutir à une hypothèse testable, ne pouvant pas être écartée par une vérification rigoureuse.

4.3.8 Biais de l'*a priori*. Le biais de l'*a priori* est couramment rencontré dans l'analyse scientifique lorsque l'investigateur arrive à une conclusion prématurée sans avoir examiné ou pris en compte toutes les données. Au lieu de recueillir et d'examiner toutes les données logiquement et sans biais afin d'aboutir à une conclusion scientifiquement démontrable, le ou les investigateurs se basent sur des informations prématurées pour mener les opérations d'investigation, les analyses et au final les conclusions, ce qui n'est scientifiquement pas acceptable. L'introduction du biais de l'*a priori* au cours de l'investigation conduit à n'exploiter que les indices qui étayent l'hypothèse précédemment formulée, et conduit souvent à mal interpréter ou à écarter les données qui ne sont pas en accord avec l'opinion initiale. Il est fortement recommandé aux investigateurs d'éviter le biais de l'*a priori* par la mise en œuvre correcte de l'approche scientifique.

4.3.9* Biais de validation d'une hypothèse. Plusieurs hypothèses sont susceptibles d'être compatibles avec les mêmes données. Lorsque l'on utilise une approche scientifique, la vérification des hypothèses devrait être conçue pour écarter des hypothèses. Le biais de validation d'une hypothèse se produit lorsqu'au contraire l'investigateur cherche à prouver l'hypothèse. Ceci peut entraîner la non-prise en compte des hypothèses alternatives. On peut considérer qu'une hypothèse est valide seulement lorsqu'une vérification rigoureuse n'a pas permis de l'écarter.

4.4 Principes de la méthodologie d'investigation incendie.

La mise en œuvre d'une approche scientifique pour la plupart des sinistres incendie ou explosion devrait inclure les étapes décrites dans les sections 4.4.1 à 4.4.6.

4.4.1 Réception de la mission. Il faudrait que l'investigateur soit prévenu du sinistre, informé sur son rôle, et averti de ce qu'on attend de lui. Ainsi, l'investigateur devrait savoir s'il doit déterminer l'origine, la cause et les responsabilités, rendre un rapport écrit ou oral, agir dans le cadre d'une procédure civile ou pénale, faire des propositions pour l'application, la promulgation ou la modification de la loi, faire des recommandations aux fabricants, aux syndicats professionnels, ou à l'administration, ou rechercher quelque chose d'autre.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

4.4.2 Préparation de la mission. L'investigateur devrait mobiliser ses moyens et ressources et organiser la réalisation des opérations. La préparation à ce stade peut grandement améliorer l'efficacité et par conséquent les chances de réussite de l'ensemble des opérations. Déterminer quels outils, équipements, et personnels (experts et ouvriers) seront nécessaires peut rendre les investigations sur site initiales plus fluides et productives, tout comme les examens et analyses qui suivront.

4.4.3 Réalisation des investigations.

4.4.3.1 L'examen de la scène d'incendie ou d'explosion est réalisé à ce stade de l'investigation. L'objectif premier de l'examen d'un site sinistré est de recueillir toutes les données disponibles et de réaliser les enregistrements ; regrouper tous les documents, toutes les informations, toutes les photographies et tous les indices relatifs au sinistre dans un dossier. L'investigateur devrait mener un examen du site si celui-ci est accessible, et recueillir les données nécessaires à l'analyse.

4.4.3.2 En réalité, les opérations d'investigation couvrent différentes étapes et procédures qui seront fixées dans les objectifs de la mission. Ces étapes et procédures sont décrites en détails dans d'autres parties du guide. Les investigations incendie ou explosion regroupent quelques-unes ou la totalité des tâches suivantes ; l'examen du site ou l'étude des renseignements versés précédemment ajoutés au dossier par d'autres ; l'enregistrement de l'espace de la scène grâce à des photographies et des croquis ; la recherche, la photographie, l'enregistrement et la préservation des indices dans le dossier ; l'interrogation des témoins ; l'étude et l'analyse des rapports faits par d'autres ; l'identification et le recueil d'autre données utiles à l'investigation.

4.4.3.3 Dans toute investigation après-sinistre, il est nécessaire qu'au moins une personne ou un organisme réalise l'examen de la scène du sinistre afin de recueillir les données, les informations, les indices et de les enregistrer dans le dossier. Bien qu'il soit préférable que tous les investigateurs ultérieurs aient l'opportunité d'examiner de manière indépendante le site sinistré, en pratique, tous les sites ne sont pas visitables au moment de la désignation. Il est possible d'utiliser avec succès des données précédemment recueillies et correctement versées au dossier dans l'analyse d'un sinistre et d'arriver à des conclusions valables par une approche scientifique adaptée. Ainsi, être dépendant des précédents recueils de données et éléments versés au dossier ne devrait pas être considéré comme une limite intrinsèque pour faire des recherches avec succès sur un sinistre.

4.4.3.4 Le but de tous les investigateurs est d'aboutir à une détermination précise du lieu d'origine, de la cause, du développement du feu, et des responsabilités du sinistre. Des photographies et des croquis médiocres de la scène de sinistre diminuent la possibilité pour les autres parties intéressées d'obtenir la même valeur probatoire à partir des données. Cette altération potentielle souligne l'importance de constituer un dossier et d'y verser tous les éléments recueillis de façon exhaustive.

4.4.4 Recueil et préservation des indices. Il faudrait identifier les indices matériels pertinents, les enregistrer, les recueillir correctement et les préserver pour de futurs essais, évaluations ou présentations au tribunal.

4.4.5 Analyse du sinistre. Toutes les données recueillies ou disponibles devraient être analysées en mettant en œuvre les principes d'une approche scientifique. Suivant le contenu et les objectifs de la mission, les hypothèses devraient être développées et vérifiées afin d'expliquer l'origine, la chronologie du départ du feu, la propagation du feu, la cause du feu ou la cause des dommages ou des atteintes aux personnes, ou les responsabilités au regard du sinistre.

4.4.6 Conclusions. Les conclusions sont tirées après vérification des différentes hypothèses et constituent l'hypothèse finale. Il conviendrait de formuler les conclusions de manière appropriée à partir des principes énoncés dans ce guide.

4.5 Degré de certitude. Le degré de certitude traduit la force avec laquelle on peut défendre une opinion (conclusion). On peut soutenir n'importe quelle opinion avec une degré de certitude plus ou moins élevé. On détermine ce degré en évaluant la confiance qu'a l'investigateur dans les données, l'analyse des données, et par la vérification des hypothèses formulées. Ce degré de certitude peut permettre de mettre en application le concept de l'opinion, en particulier dans les procédures légales.

4.5.1 L'investigateur devrait connaître le degré de certitude qui est requis lorsque l'on donne un avis d'expert. Les deux niveaux de certitude couramment utilisés sont « probable » et « possible ».

(1) *Probable.* Ce niveau de certitude correspond à vrai plus probable que faux. À ce niveau de certitude, la probabilité que l'hypothèse soit vraie dépasse 50 pour cent.

(2) *Possible.* A ce niveau de certitude, on peut démontrer que l'hypothèse est envisageable mais elle ne peut pas être considérée comme probable. Si une ou plusieurs hypothèses ont la même probabilité d'occurrence, alors le niveau de certitude doit être « possible. »

4.5.2 Lorsque le degré de certitude d'une opinion n'est que « *soupçonné* », l'opinion ne peut pas être qualifiée d'avis d'expert. Lorsque le degré de certitude n'est que « possible », l'opinion doit clairement être formulée comme telle. C'est seulement lorsque le degré de certitude est considéré comme « probable », que l'opinion devrait être exprimée avec une certitude raisonnable.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

4.5.3 Avis d'experts. De nombreux tribunaux ont établi un seuil de certitude, pour qu'un investigateur puisse rendre un avis au tribunal, tel que « *prouvé avec une degré de certitude acceptable* », « *un niveau raisonnable de certitude scientifique et technique* », ou « *degré raisonnable de certitude au sein de ma profession* ». Même si ces formulations sont importantes pour la juridiction ou le tribunal dans lequel elles s'appliquent, définir ces termes dans ce contexte va au-delà de la portée de ce document.

4.6 Procédure de revue. La revue des travaux produits par un investigateur (c'est-à-dire les rapports, documents, notes, schémas, photos, etc.) par d'autres personnes peut être utile, mais il existe certaines limites. La présente section décrit les différentes revues ainsi que la façon de les mettre en œuvre de façon correcte, et leurs limites.

4.6.1 Revue administrative. La revue administrative est typiquement menée au sein d'une organisation afin de s'assurer que les travaux produits par un investigateur satisfont les exigences d'assurance qualité de l'organisation. Un contrôleur administratif va déterminer si toutes les étapes définies dans le manuel de procédures de l'organisation, ou exigées par les pratiques de l'administration concernée, ont été suivies et si tous les documents appropriés figurent dans le dossier. Il peut aussi vérifier s'il y a des fautes de frappe ou des erreurs grammaticales.

4.6.1.1 Limites associées aux revues administratives. Un contrôleur administratif ne possède pas forcément toutes les connaissances, compétences et capacités d'un investigateur ou d'un expert technique. Aussi, le contrôleur administratif peut ne pas être en mesure de fournir une analyse critique substantielle des travaux produits par l'investigateur.

4.6.2 Revue technique. Une revue technique peut présenter de multiples facettes. Si un expert technique a été missionné pour analyser tous les aspects des travaux produits par l'investigateur, alors cet expert devrait être qualifié et habitué à tous les aspects des investigations incendie correctement réalisées et il devrait au minimum avoir accès à tous les documents à disposition de l'investigateur, dont le travail est examiné. Si un expert technique a été missionné uniquement pour examiner certains aspects spécifiques des travaux produits par l'investigateur, alors l'expert technique devrait être qualifié et familier avec ces aspects spécifiques et, au minimum avoir accès à tous les documents relatifs à ces aspects. Une revue technique peut constituer une vérification supplémentaire des différentes facettes des travaux produits par un investigateur.

4.6.2.1 Limites des revues techniques. Une revue technique peut apporter une valeur ajoutée à l'investigation, cependant, les experts réalisant ces revues peuvent être perçus comme ayant un intérêt au niveau de l'issue de la revue. Le biais de validation d'une hypothèse (essayer de valider une hypothèse plutôt que d'essayer de l'écarter) fait partie du biais de l'*a priori (voir le 4.3.8)*. Ce type de biais peut intervenir dans le cadre de relations de travail ou amicales. Les investigateurs à qui l'on s'adresse pour vérifier les travaux de leurs collègues, devraient s'attacher à conserver un degré de détachement professionnel.

4.6.3 Revue par les pairs. La revue par les pairs est une procédure formelle généralement utilisée lors de la revue de prépublication de documents scientifiques ou techniques ou lors de l'analyse de demandes de subventions pour la recherche par les organismes chargés de leur attribution. La revue par les pairs implique une notion d'indépendance et d'objectivité. Les pairs, qui effectuent la revue, ne devraient avoir aucun intérêt particulier par rapport aux résultats de la revue. L'auteur ne choisit pas les vérificateurs, et les revues sont souvent menées de façon anonyme. Aussi, le terme « revue par les pairs » ne devrait pas s'appliquer aux revues du travail des investigateurs par les personnes qui ont travaillé avec eux, par leurs patrons, ou par des investigateurs missionnés sur le même sinistre. De telles revues s'apparentent plutôt à des « revues techniques », comme mentionné ci-avant.

4.6.3.1 Les méthodologies mises en œuvre et les principes scientifiques sur lesquels s'appuient les investigateurs sont soumis à des revues par les pairs. Par exemple, le NFPA est un document, décrivant les méthodologies et les principes scientifiques appropriés, associés aux investigations incendie et explosion, qui fait l'objet d'une revue par les pairs.

4.6.3.2 Limites associés aux revues par les pairs. Les pairs effectuant ces revues devraient posséder l'expertise nécessaire pour détecter tout vice de raisonnement et toute utilisation inadaptée de la méthodologie ou des principes scientifiques, mais comme ils n'ont généralement aucune base pour remettre en cause les données fournies par l'investigateur, il est peu probable qu'ils soient en mesure de détecter des erreurs factuelles ou des informations mal enregistrées. Il est probable que des conclusions fondées sur des informations erronées soient elles-mêmes erronées. Du fait de ces limites, une revue technique appropriée constitue le meilleur moyen d'évaluer de façon adaptée la validité des conclusions de l'investigation.

4.7 Comptes-rendus. La procédure pour rendre compte peut prendre diverses formes écrites ou orales, selon les responsabilités spécifiques de l'investigateur. L'information pertinente devrait être rapportée selon les voies appropriées et portée à connaissance afin de participer à la prévention de sinistres similaires.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 5 Principes relatifs aux sciences du feu

5.1 Introduction

5.1.1* Généralités. L'investigateur incendie devrait maîtriser les principes de base des phénomènes d'inflammation et de combustion et devrait être en mesure de les appliquer dans l'interprétation des traces laissées par le feu et dans la formulation des conclusions concernant l'origine et les causes du feu. L'ensemble des connaissances sur la combustion et le feu remplissent facilement plusieurs livres. Les principes présentés dans ce chapitre ne constituent qu'une introduction. Il est recommandé à l'utilisateur de ce guide de consulter les ouvrages référencés en annexe A et en annexe C pour plus de précisions.

5.1.2 Tétraèdre du feu. On peut caractériser la réaction de combustion par ses quatre composants ; le combustible, le comburant, la chaleur et les réactions chimiques en chaîne. Ces quatre composants sont classiquement représentés par une forme géométrique à quatre côtés appelée tétraèdre *(voir figure 5.1.2)*. Il est possible de prévenir ou d'éteindre un feu en maîtrisant ou en supprimant un ou plusieurs des côtés du tétraèdre.

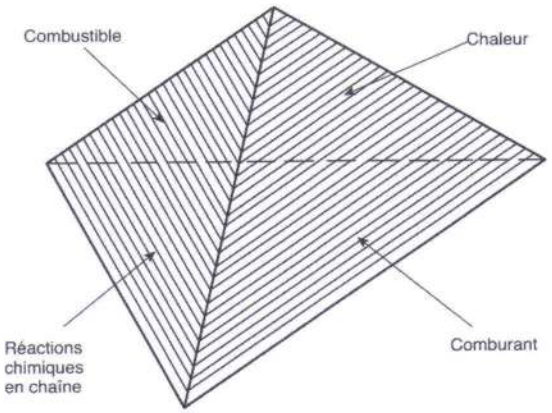


FIGURE 5.1.2 Tétraèdre du feu

5.1.2.1 Combustible. On appelle combustible toute substance capable de brûler. La plupart des combustibles qu'on peut rencontrer sont organiques, ce qui signifie simplement qu'ils contiennent principalement du carbone et peuvent renfermer d'autres éléments tels que l'hydrogène, l'oxygène et l'azote, à différents taux. Parmi les combustibles organiques on trouve par exemple le bois, les plastiques, l'essence automobile, l'alcool et le gaz naturel. Les combustibles inorganiques ne contiennent pas de carbone et incluent les métaux combustibles tels que le magnésium ou le sodium. Toutes les substances existent sous l'un des trois états de la matière ; solide, liquide ou gazeux. L'état d'une matière donnée dépend de la température et de la pression et peut changer lorsque les conditions varient. Si la température est suffisamment basse, le dioxyde de carbone peut exister à l'état solide (neige carbonique). L'état normal des matières est celui qui existe à TPN (conditions normales de température et de pression) ; température 20°C (68°F) et pression 101.6 kPa (14.7 psi), ou 1 atmosphère mesurée au niveau de la mer.

5.1.2.1.1 La combustion des combustibles liquides et de la plupart des combustibles solides se produit au-dessus de la surface du combustible dans une zone de vapeurs générée par l'échauffement de la surface du combustible. La source de chaleur peut résulter des conditions ambiantes, de la présence d'une source de chaleur, ou de l'exposition à un feu préexistant. L'application de cette source d'énergie entraîne la production de vapeurs ou de gaz de pyrolyse dans l'air, où ils sont susceptibles de brûler s'ils forment un mélange adéquat avec un comburant, et s'il y a présence d'une source de chaleur suffisante ou si la température d'auto-inflammation du combustible est atteinte. Les phénomènes d'inflammation sont traités à la section 5.3.

5.1.2.1.2 Les combustibles gazeux ne nécessitent pas d'évaporation ou de pyrolyse pour qu'il y ait combustion. Seuls sont requis un mélange adéquat avec un comburant et une source de chaleur.

5.1.2.1.3 Dans les explications qui suivent, le terme combustible est plutôt utilisé pour les vapeurs et les gaz que pour les solides.

5.1.2.2 Comburant. La plupart du temps, le comburant est l'oxygène de l'atmosphère terrestre. Un feu peut démarrer en l'absence d'oxygène atmosphérique, si le combustible est mélangé avec un oxydant chimique. Beaucoup d'oxydants chimiques contiennent de l'oxygène facilement libérable. L'engrais au nitrate d'ammonium (NH_4NO_3), le nitrate de potassium (KNO_3), et le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) constituent des exemples.

5.1.2.2.1 Certains gaz sont susceptibles de former des mélanges inflammables avec d'autres comburants que l'air ou l'oxygène. Le mélange d'hydrogène et de chlore en est un exemple.

5.1.2.2.2 Pour chaque mélange combustible/air, il existe un ratio optimal pour lequel la combustion est à son efficacité maximale. Ce ratio correspond ou est très proche du ratio connu par les chimistes sous le terme de mélange stœchiométrique. Quand la quantité d'air est en équilibre avec la quantité de combustible (c'est-à-dire qu'après combustion il ne reste ni combustible, ni air non-utilisé), la combustion est dite stœchiométrique. Cette situation se produit rarement dans les feux à l'exception de certains types de feux de gaz. *(Voir 21.8.2.1.)*

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

5.1.2.3 Chaleur. L'élément chaleur du tétraèdre constitue l'énergie calorifique supérieure au seuil nécessaire pour libérer des vapeurs de combustible et provoquer l'inflammation. La chaleur est généralement caractérisée par la puissance ou la vitesse de chauffage (kilowatts), ou par l'énergie calorifique totale reçue au cours du temps (kilojoules). Dans un feu, la chaleur permet l'émission de vapeurs combustibles, leur inflammation, le développement du feu, et la propagation des flammes en maintenant un cycle continu de production de combustible et de son inflammation.

5.1.2.4 Réactions chimiques en chaîne. La combustion est un ensemble complexe de réactions chimiques qui conduisent à une oxydation rapide du combustible, en émettant de la chaleur, de la lumière et de nombreux produits chimiques. L'oxydation lente, telle que la rouille ou le jaunissement des journaux, produit de la chaleur tellement lentement qu'il n'y a pas de combustion. Une combustion auto-entretenue ne peut se produire que lorsque suffisamment de chaleur provenant de la réaction exothermique rayonne en retour vers le combustible produisant des vapeurs susceptibles de s'enflammer en l'absence de la source d'ignition initiale. Pour plus de détails sur l'inflammation, se référer à la section 5.7.

5.2* Chimie du Feu.

5.2.1 Généralités. La chimie du feu est l'étude des processus chimiques qui se produisent dans les feux, y compris les changements d'état, la décomposition et la combustion.

5.2.2 Changements d'état et décomposition thermique.

Le comportement à la chaleur des combustibles est relativement varié. La figure 5.2.2 illustre la palette des processus susceptibles de se produire.

5.2.2.1 Les changements d'états qui se produisent lors d'un feu sont la fusion et la vaporisation. La fusion d'une matière correspond au passage de l'état solide à l'état liquide sans aucune modification de la structure chimique de la matière (comme la fusion de la cire de bougie). La vaporisation d'une matière correspond au passage de l'état liquide à l'état gazeux sans aucune modification de structure chimique de la matière (par exemple, l'évaporation de la bougie ramollie sur la mèche pour former des vapeurs qui brûlent dans la flamme de cette bougie). Les changements d'états sont réversibles, c'est-à-dire qu'en refroidissant les vapeurs vont repasser à l'état liquide, et les liquides vont se solidifier à nouveau.

5.2.2.2 La décomposition thermique correspond à des modifications irréversibles au niveau de la structure chimique de la matière du fait de la chaleur (pyrolyse). La décomposition thermique d'un solide ou d'un liquide conduit en général à la production de gaz. Le bois se décompose en générant du charbon de bois et des vapeurs, dont certaines sont inflammables. Soumis à une chaleur intense, le polyuréthane souple se décompose en formant un liquide et des gaz ou vapeurs inflammables. Soumis à une chaleur plus modérée, le polyuréthane souple se décompose en carbonisant et en émettant des gaz et vapeurs inflammables.

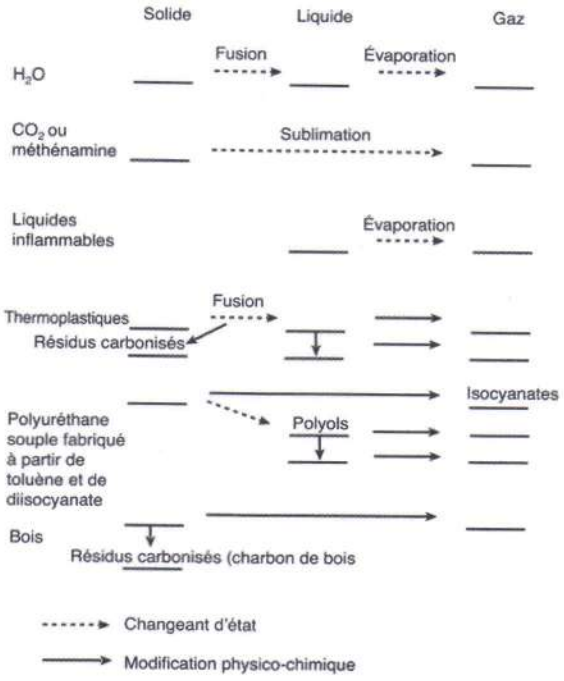


FIGURE 5.2.2 Modifications physico-chimiques au cours de la décomposition thermique. [*Repris de Beyler et Hirschler (2002)*] Corriger diisocyanate

5.2.3 Combustion. On peut décrire la réaction de combustion à l'aide du tétraèdre du feu *(voir 5.1.2)*.

Elle peut se produire à partir du mélange préexistant de combustible et de comburant (flamme de prémélange), ou à partir du combustible et du comburant initialement séparés (flamme de diffusion). Les deux ont leur importance en matière de feu.

5.2.3.1 La combustion avec prémélange se produit lorsque les vapeurs de combustible se mélangent avec l'air en l'absence de source de chaleur et que le mélange combustible-air est ensuite enflammé. Une fuite de gaz naturel dans son environnement ou l'évaporation d'essence automobile constituent des exemples de prémélange. Dès l'apport d'une source d'ignition au mélange combustible-air, une flamme de prémélange se propage rapidement à l'intérieur du volume combustible-air. La flamme de prémélange est susceptible de se propager comme lors d'une déflagration (combustion subsonique) ou comme une détonation (combustion supersonique). Les vitesses de déflagration se situent en général entre quelques cm/sec à quelques m/sec, bien que des vitesses autour de centaines de m/sec soient

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

envisageables. Les vitesses de détonation atteignent en général les milliers de m/sec. La propagation d'une flamme de prémélange dans un volume confiné peut souvent être qualifiée de combustion explosive.

5.2.3.2 S'agissant des flammes de prémélange, tous les mélanges combustible-comburant ne sont pas susceptibles de brûler. Les concentrations les plus basses et les plus hautes dans un comburant spécifique sont connues sous les vocables limites inférieures et supérieures d'inflammabilité, et également sous les vocables limites inférieures et supérieures d'explosivité (LIE et LSE). Par exemple, les limites inférieures et supérieures d'inflammabilité du méthane sont respectivement de 5 % et 15 % dans l'air et à température ambiante. A des concentrations en-dessous de 5 % et au-dessus de 15 % en méthane, celui-ci ne pourra pas brûler dans l'air à température ambiante. La zone entre les limites inférieures et supérieures est appelée fourchette d'inflammabilité ou d'explosivité. L'étendue (largeur) de la fourchette d'inflammabilité ou d'explosivité, tout comme sa LIE et sa LSE figurent parmi les propriétés qui caractérisent le risque feu d'une matière. Par exemple, la fourchette d'inflammabilité de l'hydrogène est de 71 % (4 % à 75 %). Au regard du risque incendie des gaz et vapeurs inflammables, plus la LIE est basse, plus la LSE est élevée, et plus la fourchette est large, plus le risque présenté par cette matière est grand.

5.2.3.3 Le mode de combustion des flammes de diffusion correspond au mode de combustion banal de la plupart des feux. Les vapeurs de combustible et de comburant sont séparées et la combustion se produit dans la zone où elles se rencontrent. La flamme de diffusion typique est celle d'une flamme de bougie où la flamme lumineuse correspond à la zone de rencontre de l'air et du combustible.

5.2.3.4* Les flammes de diffusion ne peuvent exister que pour certaines concentrations des composants du mélange. La plus basse concentration d'oxygène dans l'azote est appelée indice limite d'oxygène (ILO). Pour la plupart des vapeurs de combustible, l'ILO varie entre 10 % et 14 % en volume à température ambiante (Beyler, 2002). De la même manière, on peut diluer l'écoulement de gaz combustible avec de l'azote ou un autre gaz inerte jusqu'à ce que la combustion ne soit plus possible. Par exemple le méthane dilué à l'azote en-dessous de 14 % ne brûlera pas dans l'air à température ambiante.

5.2.3.5 Des transitions entre un régime de flamme de prémélange et un régime de flamme de diffusion sont courantes au cours de l'inflammation des combustibles liquides et solides. Ainsi, si on apporte une source d'ignition au-dessus d'un bac d'essence automobile, à source d'ignition enflamme les vapeurs d'essence mélangées à l'air à la surface du bac. Ces vapeurs sont rapidement consommées et la combustion des vapeurs d'essence émises par le bac se poursuit en régime de flamme de diffusion.

5.3* Produits de Combustion.

5.3.1 Les produits chimiques formés lors de la combustion peuvent largement varier, en fonction de la nature des combustibles et de la quantité d'air disponible. La combustion complète des combustibles hydrocarbonés contenant seulement de l'hydrogène et du carbone va produire du dioxyde de carbone et de l'eau. La combustion de matières contenant de l'azote, telles que la soie, la laine, et la mousse de polyuréthane, peut générer des oxydes d'azote et de l'acide cyanhydrique dans certaines conditions. Plusieurs centaines de composés issus de la combustion incomplète du bois ont été identifiés.

5.3.2 Lorsque moins d'air est disponible pour la combustion, comme dans les feux contrôlés par la ventilation, l'émission de monoxyde de carbone augmente ainsi que celle des suies et des imbrûlés organiques.

5.3.3 Des produits issus de la combustion existent dans les trois états de la matière ; solide, liquide et gaz. Les cendres, et les suies représentant la fumée « visible », constituent les matières solides. Beaucoup d'autres produits de combustion incomplète existent sous forme de vapeurs, de gouttelettes de goudrons extrêmement petites ou d'aérosols. Ces vapeurs et gouttelettes condensent souvent sur les surfaces plus froides que les fumées, produisant des traces exploitables pour la détermination du lieu d'origine et de la propagation du feu. Par surface, il faut comprendre les murs, les plafonds et les vitres. Comme la condensation des imbrûlés résulte de la différence de température entre la fumée et la surface concernée, la présence de dépôts montre que la fumée a impacté la surface, mais l'absence de dépôt ou la présence d'une fine ligne de démarcation ne correspondent pas forcément à la limite d'envahissement des fumées.

5.3.4 Les suies et les goudrons se déposent plus facilement sur les surfaces en carreaux de céramiques que sur d'autres surfaces aux alentours en raison des propriétés de conduction thermiques des carreaux de céramique. Ces surfaces, qui demeurent les plus froides le plus longtemps, ont tendance à capter le plus de condensats.

5.3.5 Des combustibles tels que l'alcool ou le gaz naturel, ont une combustion propre, alors que d'autres comme le gazole ou le styrène, vont émettre de grandes quantités de fumées chargées de suies même si le feu est contrôlé par le combustible.

5.3.6 On considère en général que la fumée est l'ensemble des produits solides, liquides et gazeux issus d'une combustion incomplète.

5.3.7 La couleur de la fumée n'est pas toujours un indicateur de ce qui brûle. Alors que les fumées du bois issues d'un feu bien ventilé ou d'un feu contrôlé par le combustible, sont légèrement colorées ou grises, ce même combustible, en conditions sous-oxygénées ou en phase de postflashover où le feu est contrôlé par la ventilation, peut donner des fumées

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

presque noires ou noires. Des fumées noires sont susceptibles d'être produites par la combustion d'autres matières, dont la plupart des plastiques et des liquides inflammables.

5.3.8 Les actions de lutte contre le feu peuvent aussi avoir un effet sur la couleur de la fumée produite. La projection d'eau est susceptible de générer de grandes quantités de vapeur d'eau condensée qui, mélangée à la fumée noire du feu, donnera une couleur blanche ou grise. Ceci est souvent rapporté par les témoins d'un incendie et a pu être mal interprété en tant que changement du combustible.

5.3.9 Le débit de production de fumée est généralement moindre dans les premières phases de l'incendie mais augmente de façon importante au début du flashover, dans le cas où un flashover se produit.

5.4* Écoulements de fluides.

5.4.1 Généralités. Les écoulements peuvent être générés par des forces mécaniques (des ventilateurs par exemple) ou par les forces de flottabilité crées par des différences de températures. Généralement, les écoulements produits par les forces de flottabilité sont les plus nombreux en incendie. Ces écoulements comprennent les panaches de flammes et de fumées au-dessus d'un objet en feu, les écoulements sous-plafond qui se produisent lorsque les gaz du panache touchent le plafond puis cheminent le long du plafond, et les écoulements de gaz chauds par une porte ou une fenêtre (écoulement par les ouvertures).

5.4.2 Écoulements produits par les forces de flottabilité. Ces écoulements se produisent parce que les gaz chauds sont plus légers que les gaz froids. Ceci entraîne l'élévation des gaz chauds, de la même manière qu'un ballon rempli d'air chaud monte.

5.4.3 Panaches de flammes et de fumées. Le premier moteur des écoulements est la production de gaz chauds par le feu. Les gaz chauds générés par le feu s'élèvent au-dessus de la zone en feu en formant un panache de flammes et de fumées. A mesure que les gaz chauds s'élèvent, ils se mélangent et entraînent de l'air ambiant, si bien que l'écoulement de gaz dans le panache augmente avec la hauteur au-dessus du feu et en même temps la température du panache se trouve réduite par entraînement de l'air. L'augmentation du diamètre du panache à mesure qu'il s'élève résulte de l'entraînement d'air.

5.4.4 Écoulements sous plafond. Lorsqu'un panache de flammes ou de fumées atteint le plafond d'un local, les gaz changent de direction et se déplacent latéralement le long du plafond. L'écoulement suit le plafond jusqu'à ce qu'il rencontre un obstacle vertical tel qu'un mur. C'est l'écoulement des gaz sous plafond qui permet généralement le déclenchement des détecteurs montés au plafond et des sprinkleurs.

5.4.5 Écoulements par les ouvertures. La flottabilité des gaz dans un local en feu est responsable des écoulements en entrée et en sortie du local par les ouvertures. Dans un local en feu comportant une ouverture unique, les gaz chauds s'échappent en partie supérieure de l'ouverture, alors que l'air pénètre par la partie inférieure de l'ouverture.

5.5* Transferts thermiques.

5.5.1 Généralités. Le transfert thermique est classiquement défini comme le transport d'énergie calorifique d'un point à un autre du fait d'une différence de température entre ces deux points. La vitesse de transfert thermique par unité de surface (aussi connue sous le nom de flux thermique) s'exprime en kW/m^2. Le transfert de la chaleur constitue un paramètre majeur en matière d'incendie ; il a un impact sur les phénomènes d'inflammation, de croissance, de propagation, de déclin (diminution de l'énergie libérée), et d'extinction. Les transferts thermiques sont la cause directe de beaucoup d'indices matériels utilisés par les investigateurs qui s'appliquent à établir le lieu d'origine et la cause du feu.

5.5.1.1 Il est important d'établir une distinction entre chaleur et température. La température est une mesure du niveau d'activité moléculaire d'une matière comparée à un point de référence tel que le point de congélation de l'eau. La chaleur est l'énergie requise pour modifier la température d'un objet. Quand de l'énergie thermique est transmise à un objet, sa température augmente. Quand de la chaleur est soustraite d'un objet, sa température diminue.

5.5.1.2 La chaleur est naturellement transmise d'une quantité de matière à température plus élevée vers une quantité de matière à température moins élevée, à moins que des forces extérieures ne produisent un travail dans le système. Un transfert thermique se mesure en écoulement d'énergie par unité de temps (kilowatts). Plus la différence de température entre deux objets est grande, plus il y a d'énergie transmise par unité de temps et plus la vitesse de transfert thermique est élevée. On peut comparer la température à la pression dans un tuyau d'incendie et la chaleur ou le transfert énergétique au débit d'eau en litre par minute.

5.5.1.3 Il existe trois modes de transfert thermique ; la conduction, la convection et le rayonnement. Ils jouent tous trois un rôle dans le phénomène de l'incendie ; la compréhension de chacun d'eux est nécessaire pour mener des investigations après un incendie.

5.5.2 Conduction. La conduction est le transfert thermique qui se produit dans les solides lorsqu'une partie d'un objet est chauffée. L'énergie est transmise de la partie chauffée vers la partie non-chauffée à une vitesse qui dépend de la différence de température et de la conductivité thermique *(k)* de la matière. La conductivité thermique *(k)* d'une matière est la mesure de la quantité de chaleur qui traverse

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

une surface unitaire avec un gradient de température de 1 degré par unité de longueur (W/m-K, Btu/hr-ft-°F). La capacité calorifique (chaleur spécifique) d'une matière est la mesure de la quantité de chaleur nécessaire à augmenter de 1 degré la température d'une unité de masse, dans des conditions spécifiées (J/kg-K, Btu/lb-°F).

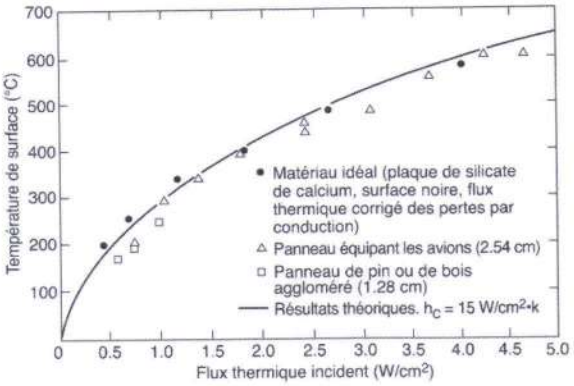


FIGURE 5.5.2.2 Température maximale de surface atteignable à l'équilibre flux thermique rayonné dans un environnement à température ambiante [20°C (68°F)].

5.5.2.1 Si la conductivité thermique *(k)* est élevée, la vitesse de transfert thermique dans la matière est, elle aussi, élevée. Les métaux ont des conductivités thermiques *(k)* élevées, alors que les plastiques et le verre ont des valeurs de conductivité thermique *(k)* basses. Les matières denses conduisent la chaleur plus vite que les matières moins denses. Ainsi les matériaux ayant une densité faible sont de bons isolants. Les matières ayant une capacité calorifique *(c)* élevée requièrent plus d'énergie pour élever leur température que les matières ayant une capacité calorifique *(c)* plus faible.

5.5.2.2* Lorsqu'une partie d'un solide est soumise à une température élevée, et que l'autre partie de ce solide est à une température plus faible, alors l'énergie calorifique est transmise au sein de ce solide des zones les plus chaudes vers les zones les plus froides. Au départ, la chaleur qui traverse le solide va augmenter la température en tout point de ce solide jusqu'à atteindre une température intermédiaire entre la valeur la plus basse et la valeur la plus haute. Puis, quand la température a cessé d'augmenter en tout point du solide, on dit que l'équilibre thermique est atteint. Pendant cette phase d'équilibre, condition rarement rencontrée en incendie, la conductivité thermique *(k)* est le paramètre de transfert thermique prédominant. La figure 5.5.2.2 montre la température de surface maximale atteignable à l'équilibre en fonction du flux thermique incident. Arriver à cet état d'équilibre pourrait prendre un temps qui n'est pas réaliste, mais les courbes présentent néanmoins la température maximale de surface possible pour un flux incident donné.

Tableau 5.5.2.3 Propriétés thermiques de quelques matériaux

Matériau	Conductivité thermique (*k*) (W/(m K)	Masse volumique (ρ) (kg/m³)	Capacité calorifique (*c*) (J/(kg-K)	Inertie thermique (*kρc*) ($W^2 \cdot s/k^2\ m^4$)
Cuivre	387	8940	380	1.31E+09
Béton	0.8–1.4	1900–2300	880	1.34E+06–2.83E+06
Plâtre	0.48	1440	840	5.81E+05
Chêne	0.17	800	2380	3.24E+05
Pin (jaune)	0.14	640	2850	2.55E+05
Polyéthylène	0.35	940	1900	6.25E+05
Polystyrène (rigide)	0.11	1100	1200	1.45E+05
Polychlorure de vinyle	0.16	1400	1050	2.35E+05
Polyuréthane*	0.034	20	1400	9.52E+02

*Valeurs typiques propriétés variant avec la température. *Source :* Drysdale (1999).

5.5.2.3 Inertie thermique. Dans un régime de chauffage transitoire, situation plus courante en incendie, les cinétiques de transfert de chaleur et de modification des températures varient. Dans ce type de régime, l.es trois paramètres - conductivité thermique *(k)*, masse volumique (ρ), et capacité calorifique *(c)* - jouent un rôle. Le produit au sens mathématique du terme de ces trois paramètres s'appelle *l'inertie thermique*, *kρc*. L'inertie thermique d'un matériau représente la façon dont la température de surface du matériau va augmenter lorsque la chaleur se propage dans le matériau. Les matériaux de faible masse volumique comme le polyuréthane ont une faible inertie thermique, et leur température de surface s'élève rapidement s'ils sont exposés à un flux thermique. A l'inverse, les métaux ont une grande inertie thermique, due à leur conductivité thermique et à leur masse volumique élevées. Aussi, exposée à une flamme, la surface d'un objet en métal augmente relativement lentement comparée à la surface d'un objet en plastique ou en bois. Le tableau 5.5.2.3

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

fournit les valeurs pour quelques matériaux courants à température ambiante. Les caractéristiques thermiques varient généralement avec la température.

5.5.2.4 L'influence de l'inertie thermique sur la température de surface d'un matériau épais joue principalement pendant le temps où la température de surface augmente. Finalement, lorsque le matériau atteint une température d'équilibre, les effets de la densité (ρ) et de la capacité calorifique (c) deviennent insignifiants par rapport à celui de la conductivité thermique. Ainsi, l'inertie thermique d'un matériau est bien plus importante lors de l'ignition et des premières phases du feu.

5.5.2.5 La conduction de la chaleur au sein d'un matériau constitue un aspect important du phénomène d'ignition. L'inertie thermique conditionne la vitesse d'élévation en température de la surface d'un matériau. Plus l'inertie thermique est faible, plus la température de surface s'élève vite.

5.5.2.6 La conduction constitue également un mécanisme de propagation du feu. La chaleur conduite à travers un mur ou le long d'une canalisation ou d'une poutre peut mettre le feu à des combustibles au contact avec l'objet chauffé. On appelle ; matériaux thermiquement fins, les matériaux physiquement fins ou ceux qui ont une conductivité thermique très élevée. Toute l'épaisseur de ces matériaux est à peu près à la même température pendant le chauffage. L'élévation de température dépend de la masse thermique de l'objet, définie par le produit de la masse par unité de surface par la capacité calorifique. Exposés à la même source de chaleur, un rideau fin s'échauffera plus rapidement qu'une draperie épaisse. Cet effet a des conséquences directes sur l'allumabilité et la propagation de la flamme.

5.5.3 Convection. La convection correspond au transfert d'énergie calorifique par le mouvement des liquides ou des gaz chauds de la source de chaleur vers une partie plus froide de l'environnement. La plupart du temps, il y aura convection dans tout environnement présentant des gradients de températures, bien que dans quelques cas on puisse trouver des conditions de stratification stables qui ne créent aucun mouvement de fluide.

5.5.3.1 La chaleur est transmise par convection à un solide lorsque des gaz chauds passent sur des surfaces froides. La vitesse à laquelle le solide, absorbe la chaleur, dépend de la différence de température entre le gaz chaud et la surface, de l'inertie thermique du solide qui est chauffé, de la surface exposée aux gaz chauds, et de la vitesse des gaz chauds. Plus la vitesse des gaz est élevée, plus le transfert thermique convectif est rapide. La flamme étant en elle-même un mélange de gaz chauds, le contact de flamme inclut du transfert thermique par convection.

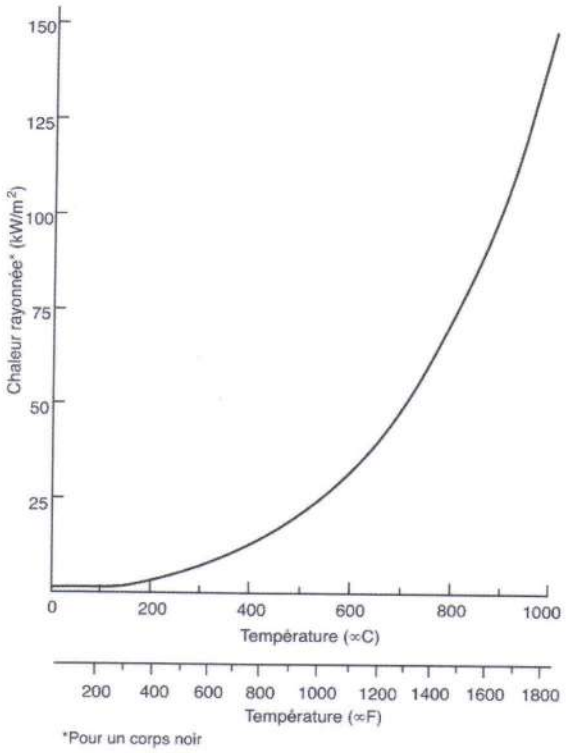


FIGURE 5.5.4.1 Rayonnement en fonction de la température.

5.5.3.2 Dans les premières phases d'un feu, la convection joue un rôle majeur en réchauffant les surfaces exposées aux gaz eux-mêmes chauffés par le feu. Lorsque la température du local augmente, les transferts convectifs se poursuivent, mais le rôle du rayonnement augmente vite pour devenir le mécanisme de transfert thermique prédominant.

5.5.3.3 On distingue deux mécanismes de transfert thermique ; la convection naturelle et la convection forcée. En convection forcée, la vitesse des gaz s'écoulant sur le solide est imposée par un moyen externe (un ventilateur par exemple). En convection naturelle, la vitesse des gaz s'écoulant sur le solide résulte des mouvements induits par les forces de flottabilité, et par la différence de température entre la surface du solide et le gaz. La transmission de chaleur d'une surface chaude dans un environnement tranquille s'effectue par convection naturelle. La création d'un panache de gaz chauds au-dessus d'une surface chaude provient de la température élevée de la surface chaude par rapport à celle de l'environnement. A l'inverse, quand la colonne de gaz chauds atteint un sprinkleur au plafond, le transfert thermique est de la convection forcée. Le flux de gaz chauds sur le sprinkleur est imposé extérieurement par le panache de gaz chauds ou par les mouvements des gaz sous plafond mais pas par le sprinkleur lui-même.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

5.5.4 Rayonnement. Le rayonnement est un transfert d'énergie calorifique à partir d'une surface ou d'un gaz chaud, la source rayonnante, vers une matière plus froide, la cible, par des ondes électromagnétiques sans que la présence de matière entre la source et la cible soit nécessaire. Ainsi la chaleur émise par le soleil rayonne sur la terre à travers le vide de l'espace. Le rayonnement thermique ne peut être transmis que si la cible voit la source. Il est réduit ou arrêté par toute matière placée entre la source et la cible. Cette matière positionnée en intermédiaire ne bloque pas nécessairement tout le rayonnement thermique. Ainsi, le rayonnement thermique est réduit d'environ 50 % par certains produits verriers. Les sources et les cibles ne se limitent pas aux solides et peuvent tout aussi bien être des liquides et des gaz. Par exemple, les fumées et les gaz chauds qui s'accumulent sous plafond dans un local constituent une source de rayonnement thermique susceptible de conduire à l'ignition des matériaux.

5.5.4.1 La quantité de chaleur transmise par une source rayonnante est proportionnelle à la température absolue de la source élevée à la puissance quatre. Ainsi, doubler la température absolue de la source rayonnante conduit à multiplier par 16 le rayonnement émis par cette source. La figure 5.5.4.1 illustre cette corrélation. Sachant que les matières émettent un rayonnement thermique proportionnel à la puissance quatre de leur température absolue, alors le rayonnement thermique échangé entre deux matières distantes, est proportionnel à la différence des températures élevées à la puissance quatre. Les températures absolues sont mesurées en Kelvins (°C + 273).

5.5.4.2 Le niveau de rayonnement thermique reçu est aussi fortement influencé par la distance qui sépare la source et la cible. Lorsque la distance augmente, la quantité d'énergie reçue par une surface unitaire diminue selon la taille de la source rayonnante et la distance à la cible. Par exemple, si la distance entre la source et la cible est multipliée par deux, le rayonnement reçu peut ne pas diminuer de façon significative ou diminuer simplement d'un quart de sa valeur initiale, en fonction de la taille de la source rayonnante par rapport à la distance concernée. Le tableau 5.5.4.2 présente des données sur les effets du rayonnement thermique.

5.6* Charge calorifique, charge combustible, et propriétés des flammes.

Cette section traite des caractéristiques de combustion de divers combustibles et lots de combustibles.

Tableau 5.5.4.2 Effet du flux thermique rayonné

Flux thermique rayonné (kW/m^2)	Commentaire ou effet observé
170	Flux thermique maximum couramment mesuré dans un local juste après le flashover.
80	Flux thermique pour le niveau de protection TPP (Thermal Protective Performance) dans l'essai [a] des vêtements de protection. [a]
52	Inflammation spontanée après 5 secondes [b] des panneaux de fibres.
29	Inflammation du bois après exposition prolongée [b].
20	Flux thermique au sol dans la pièce d'une habitation au début du flashover. [c]
20	Douleurs après une exposition de 2 secondes et cloques avec brûlures du second degré [d] en 4 secondes.
15	Douleurs après une exposition de 3 secondes et cloques avec brûlures du second degré [d] en 6 secondes
12.5	Inflammation des volatils du bois en présence d'une flamme et après exposition prolongée.
10	Douleurs après une exposition de 5 secondes et cloques avec brûlures du second degré [d] en 10 secondes.
5	Douleurs après une exposition de 13 secondes et cloques avec brûlures du second degré [d] en 29 secondes.
2.5	Douleurs après une exposition de 33 secondes et cloques avec brûlures du second degré [d] en 79 secondes.
2.5	Exposition usuelle au rayonnement thermique lors de la lutte [f] contre le feu. Ce niveau de flux peut causer des brûlures lors d'une exposition prolongée.
1.0	Flux solaire lors d'une journée d'été ensoleillée. [g]

Note : L'unité kW/m^2 définit la quantité d'énergie calorifique ou de flux reçu par la surface connue d'un objet. L'unité kW représente 1000 watts d'énergie et l'unité m^2 représente la surface d'un carré mesurant 1 m de long et 1 m de large. Par exemple, 1.4 kW/m^2 représente 1.4 multiplié par 1000 et correspond à 1400 watts d'énergie. Cette surface peut être de la peau humaine ou toute autre surface. [A]tiré de NFPA 1971, *Standard on Protective Ensembles for Structural Fire Fighting and Proximity Fire Fighting.*

[b]tiré de Lawson, « Fire and Atomic Bomb. »

[c] Fang and Breese, « Fire Development in Residential Basement Rooms. »

[d] tiré de Society of Fire Protection Engineering Guide : « Predicting 1st and 2nd Degree Skin Burns from Thermal Radiation, » March 2000.

[e] tiré de Lawson and Simms, « The Ignition of Wood by Radiation, » pp. 288–292.

[f] tiré de U.S. Fire Administration, « Minimum Standards on Structural Fire Fighting Protective Clothing and Equipment, » 1997.

[g] *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 2nd edition. NFPA, Quincy MA

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

5.6.1 Charge calorifique.

5.6.1.1 On utilise le terme *charge calorifique* pour désigner la quantité de combustible présent, généralement dans un local. Par exemple, une pièce remplie d'étagères sur lesquelles sont entreposées des boîtes en carton contenant des disques, correspond à un local à forte charge calorifique. On l'exprime souvent en masse équivalente de bois (kg ou lb) ou en chaleur de combustion (MJ) associée à cette masse de combustible.

5.6.1.2 L'énergie potentiellement dégagée par la combustion, se calcule en multipliant la masse de combustible par la chaleur de combustion des combustibles. Les chaleurs de combustion typiquement ont des valeurs comprises entre 10 et 45 MJ/kg. Même si la charge calorifique d'un local constitue une mesure de l'énergie totale disponible, si tous les combustibles brûlent, elle ne permet pas d'évaluer à quelle vitesse le feu va se développer une fois démarré. On peut utiliser la charge calorifique conjointement avec la taille des ouvertures afin d'estimer la durée de feu pleinement développé dans un local.

5.6.1.3 Le terme *potentiel calorifique* désigne l'énergie de combustion potentiellement émise par unité de surface au sol [MJ/m^2 (Btu/ft^2)] ou la masse de combustible par unité de surface au sol [kg/m^2 (lb/ft^2)]. Le potentiel calorifique est souvent associé à une activité particulière, ou utilisé pour caractériser la charge calorifique contenue dans un local. La charge calorifique d'un local se calcule en multipliant le potentiel calorifique par la surface au sol du local.

5.6.2 Objets combustibles et lot combustible.

5.6.2.1 Un objet combustible est un objet capable de brûler. Un lot combustible est un ensemble d'objets combustibles situés à proximité les uns des autres, si bien que les flammes peuvent se propager au sein de cet ensemble d'objets combustibles. Des lots combustibles avec un seul objet combustible existent dès lors que l'objet combustible est situé loin d'autres objets combustibles. Une chaise située loin d'autres combustibles constitue un exemple de lot combustible à un seul objet. En général, on reconnaît un lot combustible par la séparation entre l'ensemble d'objets combustibles des autres objets combustibles. Les lots combustibles typiques sont par exemple :

(1) un groupe de postes de travail dans un bureau, séparé des autres lots de combustibles par une allée ;

(2) un ensemble de meubles à proximité les uns des autres dans une salle de séjour, séparés des autres combustibles par un espace ;

(3) un rack à rangée double dans un entrepôt, séparé des autres racks par des allées ;

(4) un chariot-élévateur chargé avec une palette de matière, situé loin des autres combustibles.

5.6.2.2 La propagation du feu d'un lot combustible vers un autre est généralement réalisée par l'inflammation du lot combustible cible par rayonnement thermique.

5.6.3 Puissance.

5.6.3.1 La charge calorifique totale d'un local n'a aucun rapport avec la vitesse de croissance d'un feu donné au cours de sa phase de préflashover. Au cours de cette phase de développement, la vitesse de croissance de l'incendie est conditionnée par la puissance du feu (HRR) des différents lots de combustibles. Le terme puissance explicite comment l'énergie disponible est émise. Il caractérise la vitesse de libération de l'énergie [watts (Joules/sec) ou kilowatts] au cours d'un feu et constitue une mesure quantitative de la taille du feu. La courbe typique de puissance d'un incendie est représentée par une phase de croissance initiale, une phase de feu à l'équilibre, et une phase de déclin comme le montre la figure 5.6.3.1. La valeur la plus forte de la puissance (HRR) mesurée correspond au pic sur la courbe de puissance. Les puissances représentatives maximales pour un certain nombre d'objets combustibles figurent dans le tableau 5.6.3.1. Ces valeurs sont à considérer comme des ordres de grandeur à des fins de comparaison. Des objets combustibles ayant la même fonction (par exemple des canapés) peuvent donner lieu à des feux de puissance significativement différente. Réaliser un essai est la meilleure façon de déterminer la puissance maximale réelle d'un feu pour un combustible particulier. Pendant la phase de croissance l'augmentation de la puissance du feu résulte de la propagation de la flamme sur le lot combustible. Au moment du pic ou au cours de la phase d'équilibre toute la surface du lot combustible est couverte de flammes. La phase de déclin correspond à la réduction du combustible et de la surface de combustible susceptible de brûler.

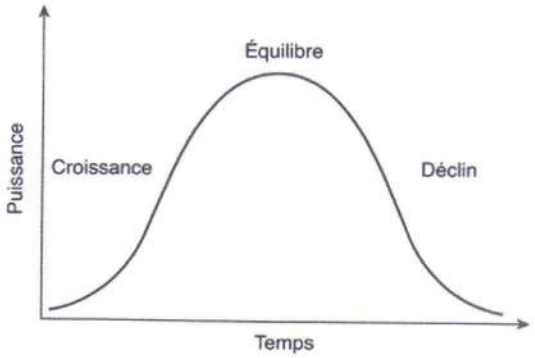


FIGURE 5.6.3.1 Courbe simplifiée de l'évolution de la puissance du feu.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Tableau 5.6.3.1 Puissances maximales représentatives (Combustion non-confinée)

Combustible	Masse		Puissance max. (kW)
	Kg	lb	
Petite poubelle	0.7-6.1	1.5-3	4-50
Sacs poubelle, 42 L (11 gal) contenant des déchets de divers plastiques et de papier	1.1-3.4	2½-7½	140-350
Matelas en coton	11.8-13.2	26-29	40-970
Télévision	31.3-32.7	69-72	120 à plus de 1500
Sacs poubelle en plastique /Déchets papiers	1.2-14.1	2.6-31	120-350
Chaise de salle d'attente en PVC et cadre métallique	15.4	34	270
Fauteuil rembourré en coton	17.7-31.8	39-70	290-370
Essence auto/kérosène dans bac de 0.185 m^2 (2 ft^2)	19	-	400
Sapin de noël sec	6-20	13-44	3000-5000
Matelas en Polyuréthane	3.2-14.1	7-31	810-2630
Fauteuil rembourré en Polyuréthane	12.2-27.7	27-61	1350-1990
Canapé en Polyuréthane	51.3	113	3120
Armoire en bois	70-121	154-267	1900-6400

Sources ; Les valeurs sont extraites des publications suivantes : Babrauskas, V., « Heat Release Rates, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd ed., National Fire Protection Assn., Quincy MA (2002).
Babrauskas, V. et Krasny, J. (1985) *Fire Behavior of Upholstered Furniture.*, NBS Monograph 173 Fire Behavior of Upholstered Furniture, National Bureau of Standards, Gaithersburg MD
Lee, B.T. (1985), *Heat Release Rate Characteristics of Some Combustible Fuel Sources in Nuclear Power Plants*, NBSIR 85-3195, National Bureau of Standards, Gaithersburg MD
NFPA 72, National Fire Alarm Code, 1999 ed., Annex B.

5.6.3.2 Au cours d'un feu dans un local, au fur et à mesure que les objets s'enflamment, leurs puissances individuelles se combinent pour donner la puissance du feu dans le local. Les essais de détermination de la puissance d'un feu d'objet ou de lot combustible sont généralement effectués en milieu non-confiné, où les effets de rayonnement du local sont absents. Pourtant, lorsqu'un lot combustible est soumis à un rayonnement thermique, tel que celui de la couche chaude dans un local, ceci augmente la puissance du feu du lot combustible. En général, la puissance est contrôlée par le flux thermique incident, les propriétés physico-chimiques du combustible et la surface spécifique du combustible, mais cela ne signifie pas pour autant que de simples formules sont utilisables pour calculer la puissance d'un feu à partir de paramètres connus.

5.6.4 Propriétés des flammes. L'objectif de cette section est de fournir des informations sur la relation entre la puissance et les dimensions des flammes, sur les températures et les vitesses au sein de la partie visible de la flamme, et sur les flux thermiques émis par le feu vers les surfaces voisines.

5.6.4.1 Couleur de la flamme. La couleur de la flamme n'est pas nécessairement un indicateur précis de ce qui brûle ou de la température de la flamme.

5.6.4.2 Les dimensions d'une flamme visible se définissent par la hauteur de flamme et les dimensions du feu (longueur et largeur au centre du lot combustible concerné). Observer un feu permet de constater que la hauteur de flamme fluctue au cours du temps. Les trois mesures visuelles de la hauteur de flamme qui suivent, sont souvent mises en œuvre :

(1) hauteur de flamme constante - hauteur pour laquelle la flamme est visible en permanence ;

(2) hauteur moyenne de flamme - hauteur pour laquelle la flamme est visible 50 % du temps ;

(3) hauteur à la pointe de la flamme - hauteur la plus grande pour laquelle la flamme peut être aperçue au moins une fois.

5.6.4.3 Les définitions des hauteurs de flammes précédentes délimitent trois zones de la flamme :

(1) zone de flamme constante (partie basse de la flamme visible) ;

(2) zone de flamme intermittente (partie supérieure de la flamme visible) ;

(3) zone de panache (au-dessus de la flamme visible).

5.6.4.4 Le meilleur moyen de mesurer ces différentes hauteurs est d'analyser l'enregistrement vidéo d'un feu image par image. Observée de façon banale, l'évaluation de la hauteur de flamme la plus cohérente est celle de la pointe de flamme, du fait que nos yeux semblent accommoder à ce niveau. Les hauteurs de flamme les plus couramment renseignées dans la littérature scientifique sur le feu concernent les hauteurs moyennes de flammes.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

5.6.4.5 Hauteur de flamme. La figure 5.6.4.5 montre les hauteurs de flammes de foyers circulaires ayant des puissances par unité de surface de 250, 500, et 1000 kW/m^2. Les hauteurs de flammes ont été calculées à partir de la corrélation de Heskestad largement utilisée. La figure montre que la hauteur de flamme n'est pas simplement proportionnelle à la puissance du feu. En outre, elle indique clairement que pour une puissance par unité de surface donnée, de petites variations sur la hauteur de flamme observée induisent de bien plus grandes variations sur la puissance estimée.

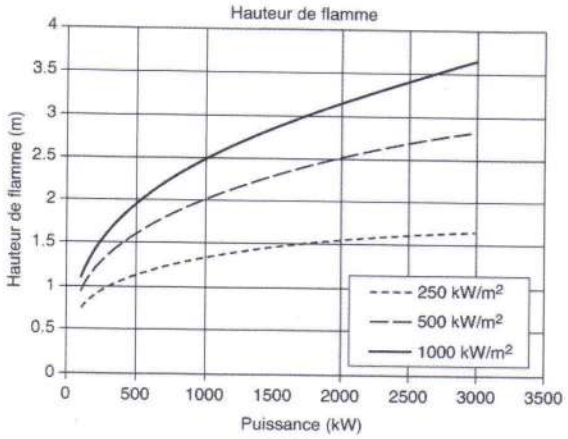


FIGURE 5.6.4.5 Hauteur de flamme moyenne (Intermittence 50 %) en fonction de la puissance du feu pour différentes puissances surfaciques.

5.6.4.6* Localisation du lot combustible.

5.6.4.6.1 Entraînement d'air. Lorsqu'un lot combustible est situé loin d'un mur, l'air peut librement venir de toutes les directions pour pénétrer dans le panache et se mélanger avec les gaz combustibles. Si le lot combustible est positionné contre un mur ou dans un coin (formé par l'intersection de deux murs), l'entraînement d'air dans le panache peut se trouver réduit, créant un déséquilibre au niveau du flux d'air. Du fait de ce déséquilibre, la flamme et le panache thermique vont s'incliner vers la ou les surfaces qui limitent l'arrivée d'air.

5.6.4.6.2 Flamme et panache collés au(x) mur(s). Lorsque la flamme et le panache thermique s'inclinent suffisamment pour lécher le ou les murs, l'entraînement d'air est encore réduit. Pour que la flamme et le panache thermique se mettent à se coller au(x) mur(s) en générant une réduction de l'entraînement d'air, il faut que le lot combustible soit situé suffisamment près du ou des murs. L'inclinaison ou la fixation de la flamme au(x) mur(s) dépendent de la géométrie du combustible et de la position du lot combustible par rapport au(x) mur(s).

5.6.4.6.3 Effets de la réduction de l'entraînement d'air. Une réduction de l'entraînement d'air affecte la température du panache et de la couche chaude ainsi que la hauteur de la flamme.

5.6.4.6.3.1 Températures du panache et de la couche chaude. Une diminution de l'air ambiant entraîné dans le panache thermique réduit le mélange du panache thermique avec l'air ambiant plus frais, avec pour conséquences une dilution moindre et des températures plus élevées. Comme le panache véhicule l'énergie thermique vers la couche chaude, une augmentation de température du panache produira aussi une augmentation de température dans la couche chaude.

5.6.4.6.3.2 Hauteur de flamme. En ce qui concerne les flammes de diffusion, c'est le mélange des vapeurs combustibles et de l'air qui contrôle le lieu où la flamme de combustion se produit ;; aussi, la hauteur de flamme correspond à chaque instant à la distance verticale (c.à.d. à l'étendue de la zone de mélange) sur laquelle le combustible et l'air doivent être transportés pour terminer le processus de combustion. Il en résulte qu'une diminution de l'air entraîné peut générer des hauteurs de flammes plus importantes, puisque les vapeurs combustibles doivent être véhiculées sur une étendue de mélange plus grande afin d'être mélangées complètement avec les quantités d'air réduites.

5.6.4.6.4 Effets des murs. Lorsqu'un lot combustible est situé suffisamment près d'un mur de façon à réduire significativement l'air entraîné, la température de la couche chaude se trouvera augmentée par rapport à la température qu'elle aurait avec le même foyer distant du mur. En revanche, les résultats d'essais ne montrent pas d'augmentation significative de la hauteur de flamme pour un foyer près d'un mur. Les figures 5.6.4.6.4(a) et 5.6.4.6.4(b) constituent des exemples de ce constat pour un foyer loin et contre un mur.

5.6.4.6.5 Effets de coin. Lorsqu'un lot combustible est placé dans un coin de façon à réduire significativement l'entraînement d'air, la température de la couche chaude se trouvera également augmentée par rapport à la température qu'elle aurait avec le même foyer distant du coin. De façon analogue, on observe une augmentation significative de la hauteur de flamme lorsque celle-ci est collée aux murs dans une configuration de coin. La figure 5.6.4.6.5 montre un exemple de l'augmentation de la hauteur de flamme pour un foyer situé dans un coin.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

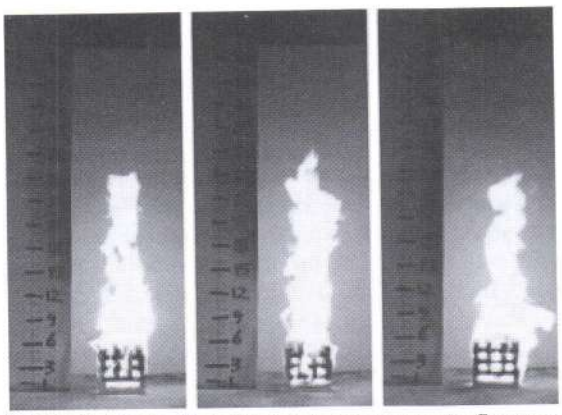


FIGURE 5.6.4.6.4(a) Hauteurs moyennes de flammes pour un même foyer de bois sans obstacle autour. Les gammes de puissance mesurée et les hauteurs moyennes de flammes estimées sont respectivement de 24 kW à 26 kW et de 27 in. à 30 inches.

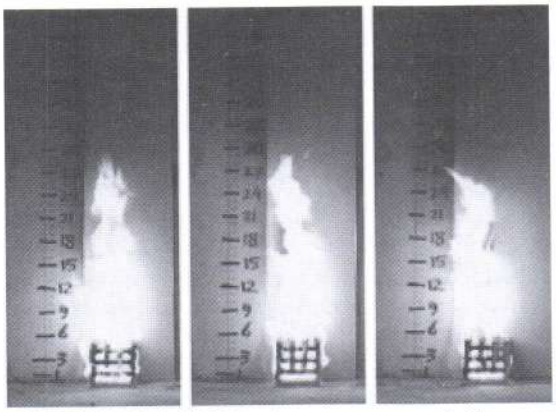


FIGURE 5.6.4.6.4(b) Hauteurs moyennes de flammes pour un même foyer de bois placé contre un mur. Les gammes de puissance mesurée et les hauteurs moyennes de flammes estimées sont respectivement de 21 kW à 25 kW et de 27 in. à 30 in.

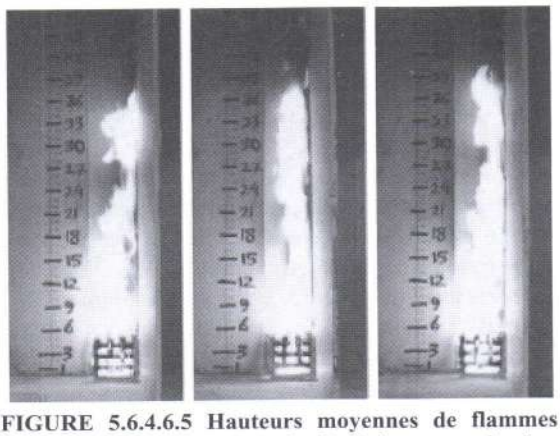


FIGURE 5.6.4.6.5 Hauteurs moyennes de flammes pour un même foyer de bois placé dans un coin. Les gammes de puissance mesurée et les hauteurs moyennes de flammes estimées sont respectivement de 25 kW à 26 kW et de 37 in. à 40 in.

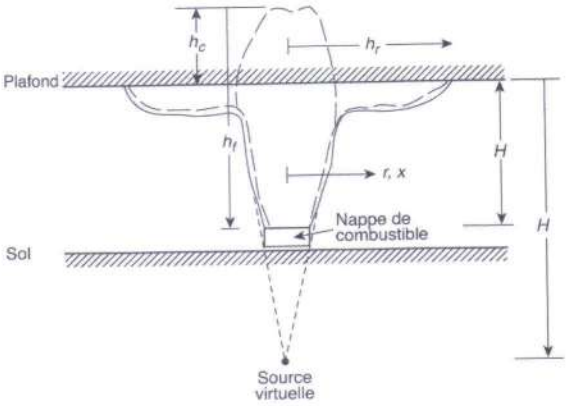


FIGURE 5.6.4.7 Représentation des hauteurs de flamme théoriques dans un local avec un plafond.

5.6.4.6.6 Analyse des effets de mur. L'effet possible de la localisation d'un ou de mur(s) par rapport au feu devrait être pris en considération lors de l'analyse de l'incendie et/ou de l'interprétation des traces laissées par le feu.

5.6.4.6.7 Feux à l'extérieur. Il faudrait garder en mémoire que des effets similaires à ceux décrits ci-avant pour les feux à l'intérieur seront également observés pour des feux à l'extérieur.

5.6.4.7* Les flammes théoriquement plus hautes que le plafond vont s'étaler sous le plafond. Si la hauteur de flamme libre est bien plus grande que la hauteur sous plafond, la longueur de la flamme qui s'étale sous le plafond est plus grande que la hauteur de la flamme en l'absence de plafond *(voir figure 5.6.4.7)*. La longueur totale de la flamme devient $(H + h_r)$ lorsqu'elle est arrêtée par le plafond, comparée à sa longueur libre (h_f).

5.6.4.8 Des paramètres tels que la hauteur sous plafond et la distance par rapport au cône de fumée sont susceptibles d'avoir des effets significatifs sur le temps de réponse d'équipements de protection incendie, tels que les détecteurs de chaleur et de fumée et les sprinkleurs. Pour un équipement donné et une taille de feu (définie par sa puissance), le temps de réponse de l'équipement va augmenter lorsque la hauteur sous plafond augmente et lorsque la distance par rapport au cône de fumée augmente. Dit d'une autre manière, plus le plafond est haut et plus l'équipement est éloigné, plus il faudra de temps pour la chaleur émise par le foyer fasse déclencher cet équipement. Il faut prendre en compte ces aspects lorsque l'on cherche à comprendre pourquoi un incendie s'est développé plus que prévu au moment de l'alarme ou du déclenchement des sprinkleurs.

5.6.5 Température de flamme.

5.6.5.1 Zone de flamme constante. Les températures de flammes maximales moyennées au cours du temps à une hauteur donnée s'observent sur la ligne médiane de la flamme.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Dans la zone de flamme constante, les températures sur la ligne médiane ont une valeur à peu près constante autour de 1000°C (1832°F). Ainsi qu'on peut le constater dans le tableau 5.6.5.1, cette température varie peu avec le combustible. Les flammes de méthanol ont des températures plus élevées en raison du faible niveau de rayonnement émis par la flamme, alors que des flammes plus chargées en suies et plus rayonnantes ont des températures quelque peu inférieures. Dans les très grands feux de nappes, les flammes les plus chargées en suies peuvent atteindre des températures de 1200°C (2192°F) car les pertes par rayonnement sont relativement faibles. Les températures de flamme pour les accélérants ne sont pas plus élevées que pour des combustibles ordinaires, comme le bois ou les plastiques.

5.6.5.2 Zone de flamme intermittente. Les températures moyennées au cours du temps sur la ligne médiane dans la zone de flamme intermittente se situent entre 1000°C (1832°F) température de la zone de flamme constante et environ 300°C (572°F) pour la zone du panache. La température moyennée au cours du temps à la hauteur moyenne de la flamme (intermittence 50 %) est environ égale à 500°C (932°F).

5.6.5.3 Zone du panache. Les températures moyennées au cours du temps sur la ligne médiane dans la zone du panache se situent entre les 300°C (572°F) de la zone intermittente et la température ambiante bien au-dessus de la partie visible de la flamme.

Tableau 5.6.5.1 Températures maximales moyennées de flamme au cours du temps mesurées au centre de foyers de différents combustibles.

	Température	
Source	**°C**	**°F**
Flammes		
Benzène[a]	920	1690
Essence auto[a]	1026	1879
JP-4[b]	927	1700
Kérosène[a]	990	1814
Méthanol[a]	1200	2190
Bois[c]	1027	1880

[a]Extrait de Drysdale, *An Introduction to Fire Dynamics*.

[b]Extrait de Hagglund, B., Persson, L. E. (1976), *Heat Radiation From Petroleum Fires*, National Defence Research Inst., Stockholm, Sweden, FOA Report C20126-D6(A3).

[c]Extrait de Hagglund, B., Persson, L. E (1974), *Experimental Study of the Radiation From Wood Flames*, National Defence Research Inst., Stockholm, Sweden, FOA Report C4589-D6(A3).

5.6.6.1 Flux thermiques émis par les flammes sur les surfaces à leur contact.

5.6.6 Flux thermique émis par les flammes. Les effets thermiques d'une flamme sur les matières voisines (combustibles ou non) et les surfaces sont liés à l'évolution du flux thermique émis en direction de ces surfaces. Par exemple, la décomposition thermique et l'inflammation des combustibles ainsi que la dégradation du plâtre dépendent de l'évolution du flux incident. Ainsi, le développement du feu et les traces qu'il laisse sont directement gérés par la distribution des flux thermiques émis par les flammes vers les surfaces environnantes.

5.6.6.1.1 Murs. La figure 5.6.6.1.1(a) montre la répartition des flux thermiques émis par un feu dans le coin d'un local, et reçus par la surface du mur. La puissance du feu est de 300 kW et les flammes atteignent le plafond. La figure 5.6.6.1.1(b) reproduit les mêmes conditions mais en l'absence de plafond. Les courbes enveloppes de flux thermiques sont clairement différentes, le cas avec plafond présentant une trace en V bien plus prononcée que pour le cas sans plafond.

5.6.6.1.2 Plafonds. La figure 5.6.6.1.2 montre les courbes enveloppes des flux thermiques au plafond. Le flux thermique maximal correspond à la zone d'impact de la flamme ; les flux diminuent lorsque l'on s'éloigne de la zone d'impact.

5.6.6.2* Flux thermiques émis par les flammes vers des surfaces distantes. Les flux thermiques reçus par des surfaces éloignées diminuent rapidement avec la distance. La figure 5.6.6.2(a) montre le flux thermique maximal reçu par une cible à différentes hauteurs, en fonction de la distance et émis par un feu de fauteuil ou de canapé. La figure 5.6.6.2(b) montre les courbes de flux thermique pour des cibles placée à 0,4 m au-dessus du sol en fonction de la distance. La figure 5.6.6.2(c) montre le flux thermique en fonction de L/D, où L est la distance entre le centre d'une nappe en feu circulaire et la cible placée au niveau du sol et D est le diamètre de la nappe (par ex., $L/D = 0.5$ correspond au bord de la nappe). Ces deux figures montrent que les flux thermiques sont notablement réduits pour des distances de cibles environ égales au diamètre de la surface en feu.

5.7* Inflammation.

Les modes et mécanismes d'inflammation varient avec l'état de la matière (gaz, liquide, solide), les propriétés chimiques de la matière, et les modes et puissances de chauffe. En matière de classification, on oppose l'inflammation braisante par rapport à celle formant des flammes et l'inflammation pilotée par rapport à l'auto-inflammation. On parle d'inflammation pilotée lorsqu'une source d'énergie extérieure met le feu à des vapeurs inflammables. Les sources pilotes comprennent les petites flammes, les étincelles et les surfaces chaudes. Ce qui suit constitue une introduction aux principes généraux.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

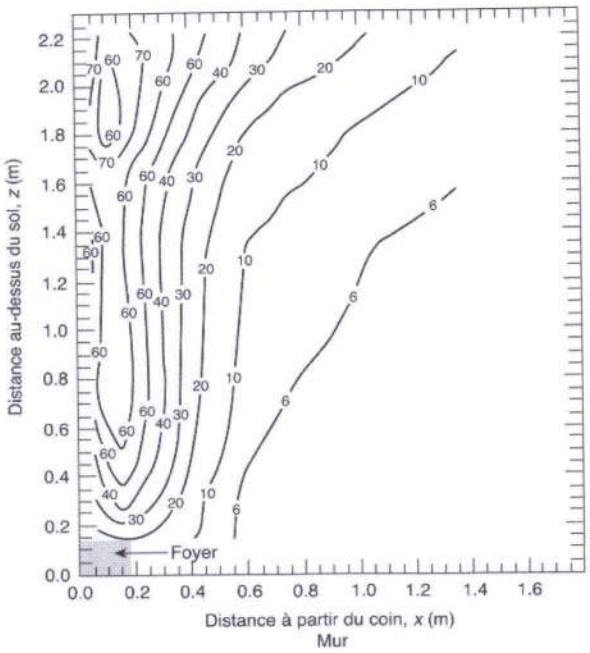


FIGURE 5.6.6.1.1(a) Courbes enveloppes de flux thermique (kW/m^2) reçu par le mur pour un feu de 300 kW situé dans le coin du local. Un plafond est présent à 2.3 m au-dessus du sol. Le combustible est du propane. [*Extrait de Lattimer (2002).*]

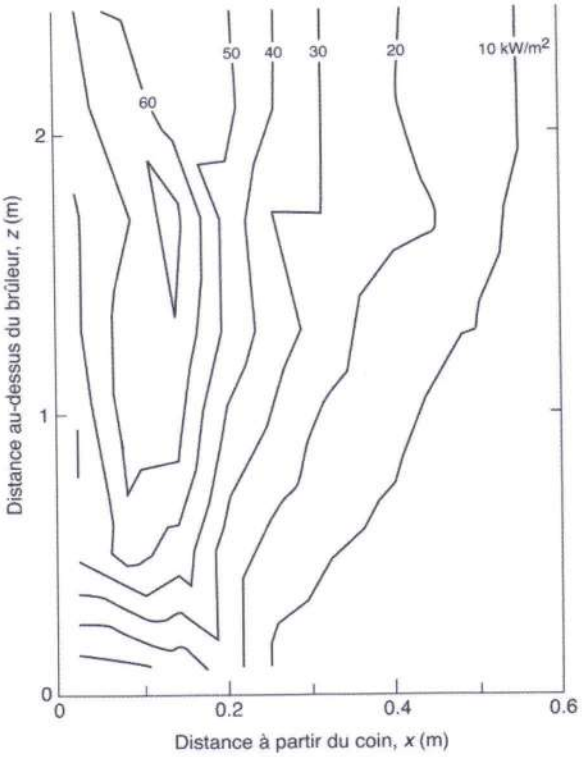


FIGURE 5.6.6.1.1(b) Courbes enveloppes de flux thermique (kW/m^2) reçu par le mur pour un feu de 300 kW situé dans le coin du local. Aucun plafond. Le combustible est du propane. [*Extrait de Lattimer (2002).*]

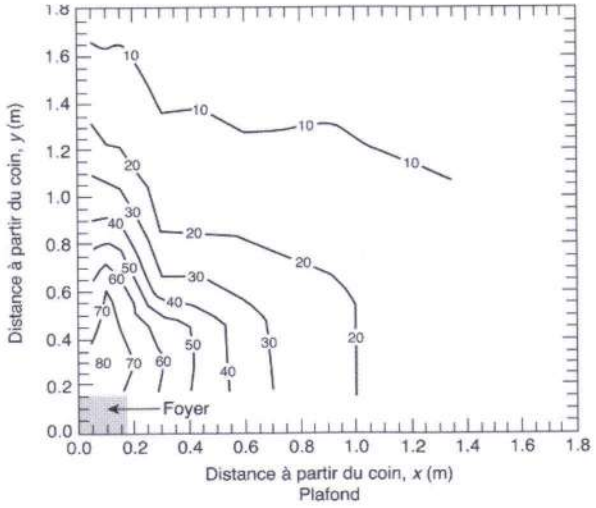


FIGURE 5.6.6.1.2 Courbes enveloppes de flux thermique (kW/m^2) au plafond pour un feu de 300 kW situé dans le coin du local. Un plafond est présent à 2.3 m au-dessus du sol. Le combustible est du propane. [*Extrait de Lattimer (2002).*]

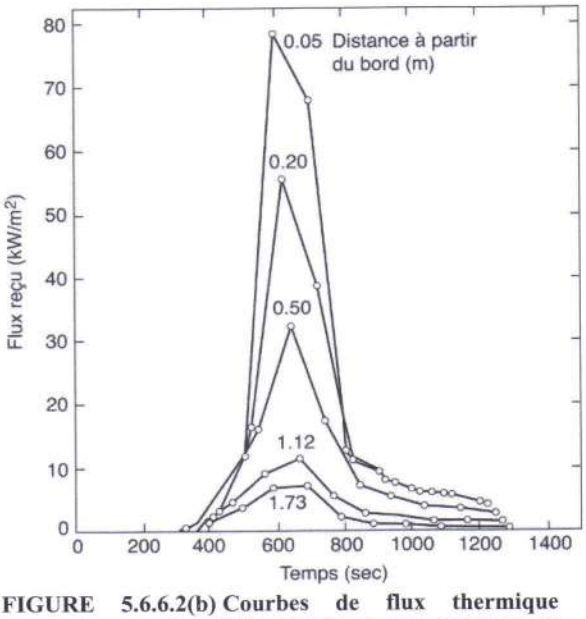


FIGURE 5.6.6.2(b) Courbes de flux thermique rayonné pour des cibles placées à une hauteur de 0.41 m face à un feu de canapé en osier. [*Extrait de Krasny, Parker, et Babrauskas (2001).*]

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

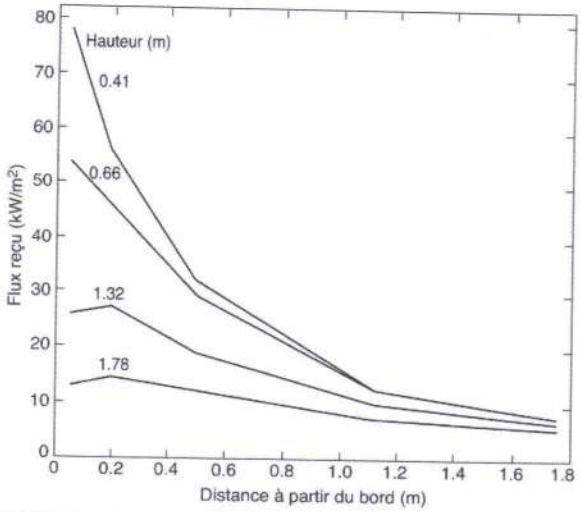


FIGURE 5.6.6.2(a) Flux thermique rayonné maximal reçu par une cible face à un feu de canapé en osier. [*Extrait de Krasny, Parker, et Babrauskas (2001).*]

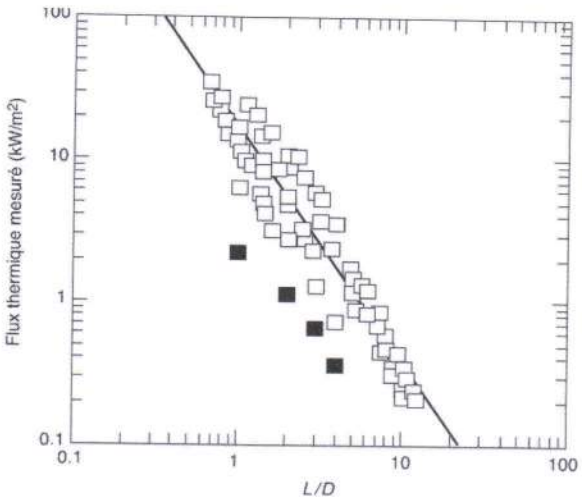


FIGURE 5.6.6.2(c) Flux thermique rayonné reçu par une cible placée au niveau du sol face à des feux de nappes. Des résultats d'essais sont présentés pour des feux de nappes de diamètre de 1 m à 30 m ; Les résultats pour les nappes en feu de diamètre supérieur ne suivent pas la même corrélation et ne sont pas présentés ici.

Tableau 5.7.1.1 Températures de combustion et d'étincelles de diverses sources d'ignition.

Source	Température °C	Température °F
Flammes		
Benzène[a]	920	1690
Essence auto[a]	1026	1879
JP-4[b]	927	1700
Kérosène[a]	990	1814
Méthanol[a]	1200	2190
Bois[c]	1027	1880
Braises[d]		
Cigarette (avec tirage)	830–910	1520–1670
Cigarette (en combustion libre)	500–700	930–1300
Étincelles mécaniques		
Outil en acier	1400	2550
Alliage cuivre-nickel	300	570

[a]Extrait de Drysdale, An Introduction to Fire Dynamics.

[b]Extrait de Hagglund, B., Persson, L. E. (1976), Heat Radiation From Petroleum Fires, National Defence Research Inst., Stockholm, Sweden, FOA Report C20126-D6(A3).

[c]Extrait de Hagglund, B., Persson, L. E (1974), Experimental Study of the Radiation From Wood Flames, National Defence Research Inst., Stockholm, Sweden, FOA Report C4589-D6(A3).

[d]Extrait de Krasny, J. (1987) Cigarette Ignition of Soft Furnishings - A Literature Review with Commentary, NBSIR 87-3509 ; National Bureau of Standards, Gaithersburg MD.

[e]Extrait de NFPA Fire Protection Handbook, 15th ed., Section 4, p. 167.

5.7.1 Généralités. Pour s'enflammer, la plupart des matières doivent se trouver à l'état de gaz ou de vapeurs. Quelques matières sont susceptibles de brûler directement à l'état solide ou en combustion braisante, par exemple le carbone sous certaines formes (telle que le charbon) ou le magnésium. Les gaz et vapeurs émis par les combustibles classiques doivent se trouver à une concentration dans l'air suffisante pour former un mélange inflammable. Les liquides ayant un point d'éclair inférieur à la température ambiante n'ont pas besoin d'énergie supplémentaire pour former un mélange inflammable. La température des vapeurs combustibles produites doit alors être portée jusqu'à leur température d'inflammation. Le temps et l'énergie nécessaires à l'inflammation dépendent de l'énergie apportée par la source de chaleur, de l'inertie thermique *(k, ρ, c)* du combustible, de l'énergie minimale d'inflammation, et de la géométrie du combustible. Lorsque l'on cherche à élever la température du combustible, la vitesse de transfert thermique vers celui-ci doit être supérieure à la somme des pertes par conduction, convection et rayonnement, de l'énergie consommée par les changements d'états (chaleur latente de vaporisation par exemple), et de l'énergie consommée par les transformations chimiques (pyrolyse par exemple). Dans quelques cas, les transformations chimiques subies par le combustible au cours de son échauffement peuvent aussi dégager de la chaleur avant qu'il y ait combustion (réaction exothermique). Lorsque le combustible est sur le point d'atteindre sa température d'inflammation, la source de chaleur elle-même doit être à une température supérieure à celle du combustible. L'inflammation spontanée constitue une exception.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

5.7.1.1 Le tableau 5.7.1.1 présente les températures de diverses sources d'inflammation. Quelques matières telles que les cigarettes, le mobilier rembourré, la sciure, et les matériaux d'isolation cellulosique, sont perméables, permettant à l'air de s'y infiltrer facilement. Ces matières peuvent donner lieu à des combustions en phase solide, connues sous le nom de combustions braisantes. Il s'agit d'une forme de combustion sans flamme dont la principale source de chaleur est l'oxydation par carbonisation. La combustion par braises produit davantage de composés toxiques par unité de masse de substance brûlée que la combustion avec flammes. Initiée à partir d'une source de chaleur trop peu puissante pour produire directement une combustion avec flammes, un foyer braisant peut toutefois redonner une combustion vive.

5.7.2 Inflammation des gaz inflammables.

5.7.2.1 Les gaz inflammables, dont la concentration dans l'air se situe à l'intérieur d'une fourchette spécifique, ne peuvent être enflammés qu'avec une étincelle ou une flamme pilote. Ces limites correspondent à la limite inférieure d'inflammabilité/limite inférieure d'explosivité (LII/LIE), la plus petite concentration volumique de gaz inflammable dans l'air qui permettra la propagation de la flamme, et la limite supérieure d'inflammabilité/limite supérieure d'explosivité (LSI/LSE), la plus grande concentration de gaz inflammable dans l'air qui permettra la propagation de la flamme. Ces concentrations limites varient avec la température, la pression et la concentration en oxygène.

5.7.2.2 En absence d'étincelle ou de flamme pilote, un mélange de gaz inflammable dans l'air peut s'auto-enflammer si la température du mélange est suffisamment élevée. La plus petite température à laquelle un mélange de gaz inflammable dans l'air peut s'enflammer sans flamme pilote s'appelle la température d'auto-inflammation (TAI). La TAI est fortement liée à la taille et à la géométrie du volume de gaz et à la concentration en gaz inflammable. Typiquement, les grands volumes et les mélanges gaz inflammables-air à concentration stœchiométrique favorisent l'inflammation à des températures plus basses. Du fait, que la valeur de la TAI est dépendante des conditions, une table de TAI mesurées à partir d'une méthode normalisée, est d'abord utile pour comparer différents gaz. Pour avoir un sens, cette comparaison entre différents gaz doit être faite sur des valeurs mesurées avec le même équipement et dans les mêmes conditions. Les mélanges de gaz inflammables-air en atmosphère libre sont susceptibles de s'enflammer au contact de surfaces chaudes, l'inflammation se produisant à plus basse température au contact de grandes surfaces chaudes.

5.7.3 Inflammation des liquides.

5.7.3.1 Point d'éclair. L'inflammation d'un liquide lors de la mesure de son point d'éclair se produit lorsqu'une concentration en vapeurs suffisante est générée au-dessus de la surface du liquide permettant l'inflammation de ces gaz par une flamme pilote. La concentration en vapeurs inflammables à la surface du liquide doit atteindre la limite inférieure d'inflammabilité. *(Voir 5.7.2, Inflammation des gaz inflammables)*. La température d'un liquide au-dessus de laquelle une concentration en vapeurs inflammables susceptible d'être enflammée est générée est connue sous le terme de point d'éclair. A la température du point d'éclair, les vapeurs au-dessus du liquide peuvent être enflammées, mais la combustion du liquide ne persiste pas. On doit chauffer le liquide à une température légèrement supérieure, connue sous le terme de point de feu, pour laquelle la combustion des vapeurs émises par le liquide persiste comme dans un feu de nappe. Certains liquides ont un point d'éclair et point de feu confondus.

5.7.3.2 Lorsque toute la masse d'un liquide se trouve à une température inférieure au point de feu, ce liquide ne peut pas être enflammé par une flamme pilote ou une étincelle. Cependant, on peut arriver à chauffer un liquide localement pour démarrer l'inflammation, puis la flamme est susceptible de se propager jusqu'à concerner toute la nappe. Les mécanismes d'échauffement local comprennent la progression de la flamme à la surface du liquide et la combustion du liquide de la nappe sur une mèche constituée d'une matière mouillée par ce liquide. Verser et enflammer un peu de liquide se trouvant à une température au-dessus de son point d'éclair sur un liquide en-dessous de son point d'éclair est une méthode alternative permettant l'inflammation de liquides qui sont initialement à une température inférieure à leur point d'éclair.

5.7.3.3 Les liquides pulvérisés ou sous forme de brouillard (c'est-à-dire avec une surface spécifique importante) peuvent être enflammés bien plus facilement que le même liquide en nappe. Dans le cas des aérosols ou des brouillards, l'inflammation pilotée peut se produire à une température inférieure à la température de point d'éclair connue pour le liquide en nappe. Il est même possible d'enflammer des liquides ayant un point d'éclair très élevé (plusieurs centaines de °C) lorsqu'ils se trouvent à l'état d'aérosol.

5.7.3.4 Certains liquides sont susceptibles de s'oxyder en phase liquide. La plupart du temps, il ne peut y avoir inflammation que lorsque le liquide est imprégné sur un support poreux (par exemple de l'huile de lin sur des chiffons). Cet aspect est traité dans la section ; combustibles solides (auto-échauffement) ci-après. Toutefois, dans certaines configurations industrielles, deux phases liquides en contact, peuvent donner lieu à une réaction exothermique (pas forcément de type oxydation) suffisante pour engendrer une explosion.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

5.7.3.5 L'auto-inflammation d'un liquide peut se produire lorsque les vapeurs inflammables générées au-dessus de la surface du liquide sont à une température telle qu'il puisse y avoir auto-inflammation des gaz, comme décrit dans la section inflammation des gaz, ci-avant. Les TAI pour un liquide donné varient avec l'échelle et la configuration comme pour les gaz. Les mesures de TAI réalisées avec le même équipement sont utiles pour comparer le comportement de différents liquides.

5.7.4 Inflammation des solides. Pour les solides, on distingue trois typologies d'inflammation ; ignition de braises ou plus généralement initiation d'une combustion en phase solide, inflammation pilotée, et auto-inflammation.

5.7.4.1 Ignition de braises et initiation d'une combustion en phase solide.

5.7.4.1.1 Généralités. La combustion braisante est une combustion en phase solide, qui en principe comprend une étape de décomposition thermique générant du charbon, suivie par la combustion en phase solide de ce charbon.

5.7.4.1.1.1 Le processus de décomposition thermique, souvent appelé pyrolyse, peut être un processus purement thermique ou comporter des interactions avec l'oxygène. Lorsque l'oxygène intervient, on parle souvent de pyrolyse oxydante. Le processus de décomposition thermique initial est normalement endothermique [c'est-à-dire qu'il nécessite ou utilise de l'énergie au lieu d'en produire (ce qui correspondrait à un processus exothermique)].

5.7.4.1.1.2 Alors que certaines matières sont susceptibles de s'oxyder en phase solide (notamment le carbone ou le magnésium), la plupart des matériaux braisants doivent d'abord pyrolyser pour former un résidu charbonneux, qui va ensuite s'oxyder en phase solide. La catégorie de matériaux la plus commune qui braise de cette manière comprend le bois, le papier, et d'autres produits lignocellulosiques.

5.7.4.1.1.3 Les matériaux qui ne peuvent ni brûler en phase solide dans leur état initial, ni pyrolyser pour former une sorte de charbon susceptible de brûler, ne sont pas capables de former des feux braisants. Ainsi, la plupart des matériaux thermoplastiques ne peuvent pas braiser. Certains polymères thermodurcissables (par ex. la mousse de polyuréthane), se décomposent souvent en formant un produit liquide lorsqu'ils sont chauffés de façon vigoureuse, mais ils forment un produit charbonneux lorsqu'ils sont chauffés dans des conditions plus modérées.

5.7.4.1.1.4 Le terme braisant est parfois utilisé de façon inappropriée pour décrire le comportement d'un combustible solide qui ne produit pas de flamme lorsqu'il est soumis à un flux thermique externe. Les combustibles solides, tels que les thermoplastiques, vont se dégrader, produire des gaz et émettre des vapeurs lorsqu'ils sont soumis à un flux thermique suffisant. Ce processus de gazéification endothermique comprend peu ou pas de réaction d'oxydation. Il s'agit d'un phénomène de pyrolyse et non d'une combustion braisante, qui elle induit une réaction exothermique en phase solide (c'est-à-dire qu'elle doit être auto-entretenue).

5.7.4.1.1.5 La combustion spontanée résultant d'un phénomène d'auto-échauffement, constitue une forme particulière d'inflammation braisante qui ne nécessite pas d'apport extérieur de chaleur. Les réactions exothermiques au sein du matériau produisent l'énergie qui permet l'inflammation et la combustion. Le facteur clé concernant l'inflammation par auto-échauffement concerne la capacité du matériau à dissiper la chaleur produite par la réaction exothermique interne. Lorsque la chaleur générée par la réaction ne peut pas se dissiper dans l'environnement, la température du matériau augmente jusqu'à un seuil où les vitesses de réaction s'accélèrent (ce qui correspond à un emballement thermique), et un front braisant est créé. Les paramètres clés de l'auto-échauffement comprennent la température ambiante, le volume de matériau concerné, et les cinétiques de réaction du processus exothermique. Lorsque la température augmente, la vitesse de réaction augmente, et lorsque le volume de matériau augmente, l'aptitude à dissiper la chaleur dans l'environnement décroit. Les températures ambiantes élevées et les grands amas de matériau favorisent tous deux les processus d'auto-échauffement. Voir la section suivante pour des informations plus détaillées sur l'auto-échauffement au sein d'empilements ou de tas.

5.7.4.1.1.6 Alors que l'auto-échauffement est très souvent associé au phénomène d'inflammation dans les tas résultant de l'incapacité de la matière à dissiper la chaleur produite par les réactions exothermiques internes, tous les mécanismes d'ignition braisante peuvent être interprétés à partir des fondamentaux de la théorie de l'auto-échauffement. L'apparition de braises par chauffage radiatif, ou par contact avec une surface chaude, l'ignition braisante au contact d'objets chauds (tels que des particules de soudure, des braises rougeoyantes, ou une cigarette), ou l'ignition braisante de poussières déposées en couches ou accumulées dans un séchoir, ces phénomènes sont tous gouvernés par les lois fondamentales de la théorie de l'auto-échauffement. Si la chaleur produite par l'oxydation de la matière ne peut pas être correctement dissipée, il y aura emballement thermique, conduisant à la formation de braises.

5.7.4.1.1.7 Les mécanismes d'ignition braisante étant gouvernés par les lois de l'auto-échauffement, il n'existe pas de température d'ignition standardisée d'application étendue. Pour un type de matière et pour une taille de tas spécifique, il existe une température ambiante critique (TAC) au-dessus

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

de laquelle l'ignition est susceptible de se produire. Pour une surface en bois chauffée par rayonnement, il existe une température de surface particulière au-dessus de laquelle des braises vont apparaître. Cependant, ces températures d'ignition ne s'appliquent que pour les conditions dans lesquelles elles ont été mesurées. Elles n'ont pas vocation à s'appliquer de manière étendue.

5.7.4.1.2 Auto-échauffement et autonflammation.

5.7.4.1.2.1 L'auto-échauffement est un phénomène où une matière est le siège de réactions chimiques. L'augmentation de la température est seulement due aux réactions exothermiques entre la matière (normalement un solide) et l'atmosphère environnante (normalement l'air).

5.7.4.1.2.2 La plupart des matières organiques et des métaux oxydables, vont réagir avec l'oxygène à une certaine température critique avec production de chaleur. La production de chaleur n'est pas limitée aux réactions d'oxydations ; Beaucoup d'autres réactions chimiques telles que la polymérisation (réaction au sein de liquides pour former des solides) sont également susceptibles de générer de la chaleur. Généralement, l'auto-échauffement et la combustion spontanée (auto-inflammation) sont susceptibles de se produire au sein de matières organiques telles que les graisses et huiles d'origine animale ou végétale, car ces matières renferment des acides gras polyinsaturés. Ces acides gras réagissent avec l'oxygène en dégageant de la chaleur. Les molécules insaturées possèdent des doubles liaisons carbone-carbone, qui sont réactives.

5.7.4.1.2.3 L'auto-échauffement ou la combustion spontanée (auto-inflammation) d'huiles contenant principalement des hydrocarbures saturés, telles que les huiles moteur ou les huiles de lubrification, ne se produit qu'à température élevée (par ex. sur un chiffon imbibé d'huile enroulé autour d'une canalisation transportant de la vapeur) ou au sein de très grands tas à température plus modérée. Les hydrocarbures saturés possèdent de simples liaisons carbone-carbone qui sont beaucoup moins réactives que les huiles insaturées. A la différence des huiles très insaturées comme l'huile de lin, les quantités d'huile moteur du consommateur moyen ou de l'huile de lubrification sur des chiffons ne sont pas sensées s'auto-échauffer jusqu'à l'inflammation.

5.7.4.1.2.4 Certaines matières inorganiques, telles que les métaux à l'état de poussières, sont susceptibles de donner lieu à des réactions d'oxydation rapides, d'auto-échauffement, et d'auto-inflammation dans certaines conditions appropriées.

5.7.4.1.3 Mécanismes d'auto-échauffement menant à l'inflammation. Avant de se produire, la combustion spontanée passe par certaines étapes. Tout d'abord, la matière doit être capable de s'auto-échauffer et elle doit être soumise à des conditions dans lesquelles l'auto-échauffement peut être obtenu. Puis, l'auto-échauffement doit entraîner un emballement thermique (c'est-à-dire que la chaleur générée est supérieure à la chaleur dissipée dans l'environnement). Un emballement thermique, en théorie, signifie que l'élévation de température est si importante que des conditions d'équilibre ne peuvent plus perdurer. En pratique, on constate que la matière va subir une élévation de sa température interne (localisée souvent au centre ou à proximité) de l'ordre de quelques centaines de degrés Celsius. Enfin, l'emballement thermique doit pouvoir conduire à une combustion braisante auto-entretenue. A l'opposé, il existe des situations où la matière braise localement, sans parvenir à former un front de combustion braisante.

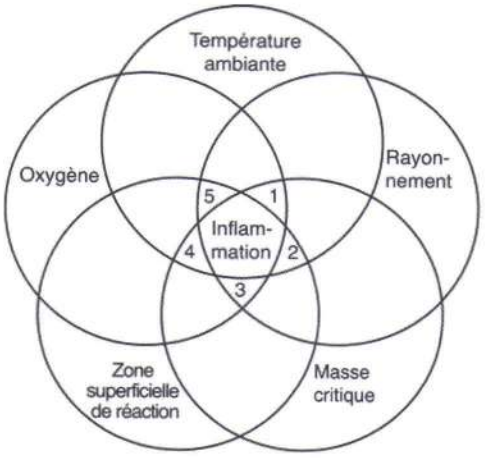
5.7.4.1.3.1 L'emballement thermique correspond à un état d'instabilité qui se déclenche lorsqu'au sein de la matière, la production de chaleur dépasse la chaleur évacuée. Il y a compétition entre les réactions chimiques exothermiques et la dissipation de chaleur dans l'environnement. La production de chaleur l'emporte dans les zones du combustible les mieux isolées, c'est-à-dire au centre, et c'est généralement l'endroit où les températures les plus élevées sont observées. Le niveau d'isolation thermique au sein de la matière combustible dépend de la température et de la distance entre l'endroit concerné et la limite extérieure du tas. Au cours d'un auto-échauffement, la température au centre est systématiquement plus élevée que partout ailleurs dans le tas.

5.7.4.1.3.2 Pour que l'auto-échauffement mène à l'inflammation, il est nécessaire que la matière soit poreuse, perméable, et oxydable – Ces trois conditions doivent être réunies. En braisant, le combustible ne doit pas fondre mais au contraire carboniser, sinon les propriétés de porosité et de perméabilité disparaîtraient et l'auto-échauffement serait inhibé. La matière solide sert d'abord de substrat inerte comme avec les chiffons imbibés d'huile de lin, ou elle peut se comporter en tant que combustible. La plupart des matières banales susceptibles de s'auto-échauffer sont des solides organiques obtenus à partir des plantes, tels que les tissus en coton, le bois et les dérivés du bois, les matières agricoles et le charbon. L'auto-échauffement est susceptible de se produire dans un environnement à température ambiante, par exemple, avec un tas de chiffons imbibés d'huile de lin, ou il peut nécessiter une température élevée.

5.7.4.1.3.3 La tendance à l'auto-échauffement dépend de la taille et de la forme du tas de matière combustible et des conditions ambiantes. Cette tendance ne dépend pas que des caractéristiques de la matière. Ainsi évaluer la capacité d'une substance à s'auto-enflammer est incomplet (sauf pour éliminer les combustibles qui ne peuvent pas s'auto-échauffer) si l'on ne prend pas en compte également la granulométrie et la forme des particules de matière ainsi que l'environnement. Pour un volume donné, les tas présentant une

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

surface externe faible telle qu'une sphère ou un cube favorisent l'auto-échauffement plus que les tas présentant une surface externe élevée telle qu'un dépôt en couche fine. Les surfaces externes faibles évacuent moins la chaleur et les zones externes du stockage isolent les zones internes, favorisant l'élévation de température à cœur, du fait de l'auto-échauffement. Ainsi, un tas de chiffons imbibés d'huile de lin est davantage susceptible de s'auto-échauffer que les mêmes chiffons suspendus sur une corde ou étendus à plat. La figure 5.7.4.1.3.3 constitue une représentation graphique des conditions requises pour obtenir une inflammation spontanée.



(1) Surface insuffisante
(2) Quantité d'oxygène insuffisante
(3) Température ambiante trop basse
(4) Isolation insuffisante – La chaleur rayonnée se disperse
(5) Quantité de matière insuffisante

FIGURE 5.7.4.1.3.3 Conditions nécessaires à une inflammation spontanée au sein de matières susceptibles de s'auto-échauffer.

5.7.4.1.3.4 La température initiale du stockage de combustible pourrait être le paramètre déterminant dans le déclenchement du phénomène. Les inflammations spontanées sont susceptibles de se produire dans les procédés industriels de séchage de matières végétales telles que les dérivés du bois et les produits agricoles et dans les séchoirs à linge au cours du séchage de tissus comportant des graisses. Lorsque des combustibles sont stockés en tas suffisamment réguliers (peu de surfaces externes) alors qu'ils sont encore chauds, ces combustibles peuvent donner lieu à un emballement thermique suivi d'une auto-inflammation. Si la matière est séchée jusqu'à un taux d'humidité inférieur à celui correspondant à l'équilibre, une partie de la chaleur produite à cœur de la matière résulte de la chaleur latente d'absorption de l'humidité - l'inverse du phénomène d'évaporation de l'humidité d'un objet chaud en phase de refroidissement.

5.7.4.1.3.5 L'auto-échauffement et la combustion braisante qui en résulte au sein d'un tas peuvent ne pas être détectables avant que le front braisant atteigne la surface. Le premier indicateur visuel d'un auto-échauffement peut être la formation d'une zone humide à la surface du tas provenant de la condensation de l'eau ou d'autres produits réactionnels. Il n'y a souvent peu ou pas de fumée visible au-dessus ou autour du tas du fait de la redéposition de cette fumée à l'intérieur du tas. Des odeurs de moisi peuvent être les premiers indices détectables lorsque les tas sont stockés en milieu clos.

5.7.4.1.3.6 Le confinement de combustible dans un contenant ou une enceinte fermée, est de nature à stopper l'auto-échauffement car le confinement élimine l'une des conditions nécessaires à l'auto-échauffement, c'est-à-dire la perméabilité, qui permet à l'oxygène de diffuser à l'intérieur de la matière solide. Sans apport d'oxygène, l'oxydation et la production de chaleur sont inhibées à moins que le comburant soit présent au sein du matériau. Ainsi, des chiffons imbibés d'huile de lin enfermés dans un pot métallique (du type pot de peinture) ne peuvent pas s'auto-échauffer de façon significative du fait de la quantité d'oxygène limitée à l'intérieur du pot. L'utilisation de récipients ou de pare-vapeurs a déjà permis de réduire les risques d'auto-échauffement. Bien que dépendant de la quantité de comburant présent dans le récipient, des caractéristiques physiques et de l'intégrité du récipient ou de la barrière, un auto-échauffement menant à l'inflammation est susceptible de se produire. Il est donc nécessaire d'examiner le contenant dans lequel est stockée la matière en vue d'évaluer les risques d'auto-échauffement à l'intérieur de ce contenant.

5.7.4.1.3.7 La température minimale d'ambiance ou d'exposition de la matière nécessaire à l'inflammation via un processus d'auto-échauffement est généralement inférieure à la température minimale d'inflammation de la même matière sans auto-échauffement. Ainsi, l'huile de lin absorbé sur un support en coton est susceptible de s'enflammer dès la température ambiante ordinaire (20°Cou68°F), alors qu'à l'état liquide son point d'éclair est de 222°C (428°F) et que sa TAI est de 343°C (585°F).

5.7.4.1.3.8 Les meules de foin ainsi que tout autre gros tas de biomasse qui sont constitués à température ambiante sont susceptibles de commencer à s'auto-échauffer avec l'activité biologique. Si la teneur en humidité du combustible est suffisante, cet auto-échauffement de nature biologique est ensuite supplanté par des réactions d'oxydation, et l'emballement thermique suivi de l'inflammation peut se produire.

5.7.4.1.3.9* Inflammation du bois. Le bois, comme beaucoup d'autres matières cellulosiques, est sujet à l'auto-échauffement lorsqu'il est chauffé à une température inférieure à sa température d'inflammation. Toutefois, les températures auxquelles l'auto-échauffement du bois peut se produire ne constituent pas une propriété

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

intrinsèque du matériau. Les paramètres influents sont plutôt le mode d'exposition à la chaleur, ainsi que la taille et la géométrie du tas. Pour des durées d'exposition à la chaleur courtes (moins d'un jour), le bois requiert une température minimale d'environ 250°C (482°F) pour s'enflammer, bien que cette valeur augmente lorsque le flux thermique augmente. Lorsque le bois est soumis à des températures de chauffage plus basses et à des durées d'exposition plus longues, l'exothermicité due à l'auto-échauffement augmente de façon importante. Les paramètres tels que le mode d'exposition à la chaleur, la taille et la géométrie de l'échantillon jouent un rôle décisif. La communauté scientifique n'a pas réussi à se mettre d'accord sur l'inflammation par auto-échauffement du bois soumis à un chauffage prolongé.

5.7.4.1.3.10* Briquettes de charbon de bois. On soupçonne les briquettes de charbon de bois d'être capables de s'auto-échauffer jusqu'à l'inflammation, même conditionnées dans des emballages de taille ménagère [<9 kg (<20 lb)] à température ambiante. On soupçonne en particulier l'action de mouiller les briquettes à l'eau, qui s'évapore ensuite. Cependant, des essais rigoureux en laboratoire ont démontré que pour les sacs de briquettes de taille courante, on n'approche pas les conditions d'inflammation, même si les briquettes sont conservées dans une ambiance anormalement chaude, comme par exemple dans une voiture en plein soleil. Les briquettes de charbon de bois n'ont pas plus tendance à s'auto-échauffer que d'autres matières courantes telles que la sciure ou le foin, même après avoir été mouillées. La combustion spontanée de briquettes de charbon de bois, dont le volume de conditionnement correspond à ce qui est commercialement disponible, est impossible dans les conditions ambiantes normales. L'influence de contaminants sur l'auto-échauffement des briquettes de charbon de bois n'a pas été étudiée.

5.7.4.1.3.11* Contaminants. Il est connu que la présence de contaminants dans le bois ou dans d'autres matières cellulosiques, a un effet sur la décomposition thermique et l'oxydation. Les contaminants, qui ont été identifiés comprennent ; les acides gras, les huiles végétales, le fer, l'oxyde de fer, les sulfures de fer, le cobalt, le cuivre, le magnésium, le carbonate de plomb, le carbonate de potassium, l'acétate de plomb, et le pentoxyde de vanadium. Il resterait encore à réaliser une étude quantitative visant à déterminer l'influence de tels contaminants sur le phénomène de l'ignition.

5.7.4.1.4* Matières courantes sujettes à auto-échauffement.

5.7.4.1.4.1 Les catégories d'auto-échauffement et d'auto-inflammation les plus couramment rencontrées par les investigateurs incendie sont les suivantes :

(1) polymérisation d'acides gras (graisses animales, huiles de cuisson, et huiles en cours de séchage) dans les matières cellulosiques (bois, tissu, et papier) ;

(2) oxydation de matières carbonées (charbon et charbon de bois) ;

(3) oxydation biologique (balle de foin et compost) ;

(4) oxydation thermique de matières lignocellulosiques (souvent des fibres de bois et du tissu) ;

(5) réactions de polymérisation (plastiques, élastomères, adhésifs, gouttelettes de peinture excédentaire) *(voir* NFPA 33, *Standard for Spray Application Using Flammable or Combustible Materials).*

5.7.4.1.4.2 En raison des nombreuses combinaisons possibles des paramètres influents, il est difficile de prévoir quand la matière s'auto-échauffera. L'annexe A du *Fire Protection Handbook* édité par la NFPA, 19ème édition, propose une liste de matières susceptibles de donner lieu à des phénomènes d'ignition spontanée. La non-mention d'une matière ne signifie pas nécessairement que cette dernière n'est pas sujette à l'auto-échauffement.

5.7.4.1.5 Feux activés par des comburants. Un comburant est un composé chimique qui, bien qu'il ne soit pas nécessairement combustible en lui-même, peut rapidement augmenter la vitesse de combustion d'autres substances, ou déclencher des combustions spontanées en présence d'autres substances. On trouve la plupart de ces oxydants en milieu industriel, sauf les produits d'assainissement pour piscines tels que l'hypochlorite de calcium et les sels d'acide dichloroisocyanurique ou d'acide trichloroisocyanurique (chlore stabilisé). Ces produits vont engendrer des échauffements ou des combustions spontanées en présence de contaminants tels que certaines matières organiques, notamment les substances hypergoliques, ou en présence d'autres comburants. Au démarrage d'un feu en présence de comburants autres que l'air, une réaction de décomposition peut se produire au sein de la masse de comburant. Bien que n'étant pas une combustion, ces réactions produisent de grandes quantités de chaleur et de lumière et peuvent être relativement violentes. Concernant la liste des comburants et la réglementation relative à leur classification et à leur stockage, voir la NFPA 430, *Code for the Storage of Liquid and Solid Oxidizers*.

5.7.4.1.6 Matières pyrophoriques. Certains éléments, notamment le phosphore blanc, le sodium, le potassium, et quelques métaux finement divisés, tels que le zirconium, s'enflamment spontanément lorsqu'ils sont exposés à l'air. On parle d'éléments pyrophoriques.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

5.7.4.1.7 Transition vers une combustion avec flammes.

5.7.4.1.7.1 Une combustion braisante peut se transformer en combustion avec flammes si le régime braisant parvient à générer suffisamment de vapeurs inflammables pour une inflammation pilotée. Ceci se produit normalement lorsque les braises deviennent vives au contact d'un flux d'air augmenté. Ce flux d'air peut provenir du développement des braises qui génère des flux d'air supplémentaires, de la création par la combustion braisante d'un trou ou d'un canal qui se comporte comme une cheminée, ou par un flux d'air imposé en externe. Dès qu'une concentration de vapeurs inflammables est atteinte, la braise peut jouer le rôle de source d'ignition pour les vapeurs.

5.7.4.1.7.2* Le délai de transition entre une combustion braisante et une combustion avec flammes vives n'est pas prévisible. On a observé des délais de passage en feux ouverts sur des foyers de meubles rembourrés allant de 20 minutes à plusieurs heures. Les délais de transition en combustion avec flammes dans les gros tas se mesurent en jours ou en mois. La transition en feux ouverts étant gérée par les modifications de la ventilation ou par la création de trous ou de canaux, le délai correspondant, si toutefois la transition se produit, est très aléatoire.

5.7.4.1.7.3 Lorsque la combustion avec flammes vives est initiée par une source braisante telle qu'une cigarette ou par auto-échauffement, le processus menant à l'apparition de la première flamme peut être assez long. Cependant, dès que la combustion vive démarre, le développement du feu peut être plus rapide que si la source d'ignition avait été une flamme du fait du préchauffage du combustible.

5.7.4.2 Inflammation pilotée des combustibles solides. Pour qu'un combustible solide brûle avec une flamme, il faut que ce solide fonde et se vaporise (ex les thermoplastiques) ou qu'il pyrolyse en formant des gaz et des vapeurs (ex. le bois ou les plastiques thermodurcissables). Dans les deux cas, de la chaleur doit être fournie au combustible afin qu'il génère des vapeurs inflammables. Lors d'une inflammation pilotée, ces vapeurs sont enflammées à l'aide d'une source d'ignition pilote telle qu'une petite flamme, une étincelle, une braise ou une surface chaude.

5.7.4.2.1 Bien que le concept d'une température d'inflammation pilotée pour les solides soit une approximation d'ingénierie plus qu'une caractéristique reproductible et mesurable, le principe est suffisamment robuste pour généraliser l'application de températures d'inflammation déterminées expérimentalement. Les températures d'inflammation des solides varient entre 270°C et 450°C (518°F et 842°F). Les températures d'inflammation des plastiques non-ignifugés ont tendance à se situer entre 270°C et 360°C (518°F et 680°F), celles des produits dérivés du bois varient plutôt entre 330°C et 375°C (626°F et 707°F). Les températures d'inflammation supérieures à 400°C (752°F) ne sont généralement observées que pour des matières structurellement ignifugées ou des matières fortement chargées en ignifugeants.

5.7.4.2.2 Le concept de flux rayonné minimal permettant l'inflammation pilotée est généralement associé au concept de température d'inflammation. Positionné sur un support épais et bien isolé à l'arrière (face non-exposée), l'échantillon est porté à sa température d'inflammation en respectant un mode de transfert thermique stationnaire afin de déterminer le flux thermique rayonné minimal conduisant à l'inflammation. Pour la plupart des matériaux, le flux thermique rayonné critique se situe dans une fourchette de 10 à 15 kW/m^2, bien que certains matériaux présentent des valeurs plus élevées. Ces données diffèrent des flux thermiques minimaux nécessaires à une inflammation de type braisant qui se situent autour de 7 à 8 kW/m^2.

5.7.4.2.3 Le flux thermique minimum mesuré expérimentalement dépend de la durée de l'essai, les durées d'essais les plus courtes conduisant aux valeurs de flux thermiques minimaux les plus élevées. Des essais d'inflammation pilotée ont été réalisés jusqu'à une heure d'exposition à un chauffage par rayonnement. La plupart des méthodes de mesure du flux thermique minimum se font sur une durée d'essai de 15 à 20 minutes. Ce principe est de nature à faire passer le flux thermique minimum de 10 à 12 kW/m^2.

5.7.4.2.4 Comme on l'a évoqué à la section transfert thermique par conduction, l'élévation transitoire de la température de surface d'un matériau épais au cours de son exposition à un flux thermique donné, est gouvernée par l'inertie thermique de ce matériau. Les inerties thermiques fluctuent de façon importante, alors que les températures d'inflammation fluctuent faiblement, il en résulte que les variations du comportement des matériaux sont largement liées aux variations de l'inertie thermique. Généralement, la conductivité et l'inertie thermique sont proportionnelles à la masse volumique du matériau. Pour la même catégorie de matériau (bois, plastique), les produits ayant une masse volumique élevée conduisent la chaleur loin de la zone d'ignition plus rapidement que les produits ayant une masse volumique faible, qui se comportent comme des isolants en conservant la chaleur en surface. Ainsi, en prenant la même source d'ignition, le chêne met plus longtemps à s'enflammer que le pin, moins dur ; les mousses synthétiques ayant une masse volumique faible, s'enflamment plus rapidement que les plastiques ayant une masse volumique élevée. Il est relativement facile d'enflammer un tas de fins copeaux de pin, alors que l'inflammation d'un bloc de bois massif d'une livre sera plus difficile.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

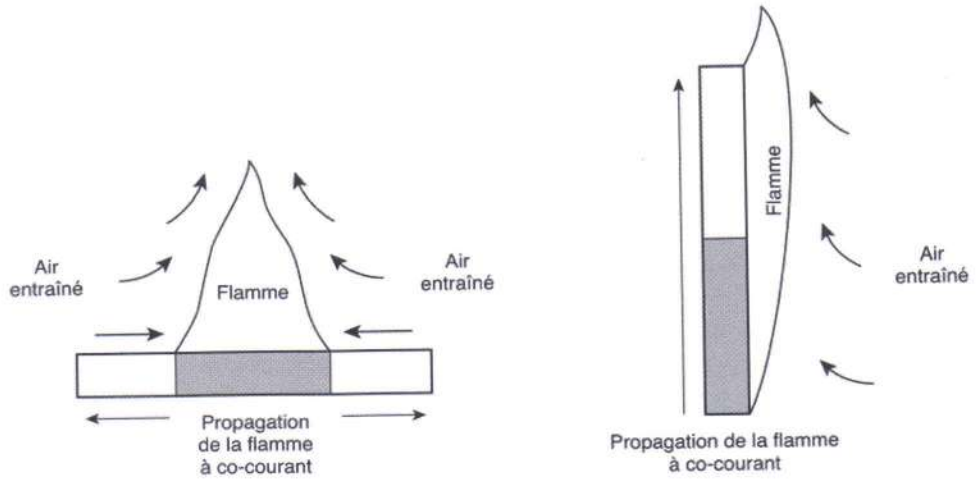


FIGURE 5.8.1 Exemples de propagation de flamme à co-courant et à contre-courant. [*Extrait de Beyler et DiNenno (1994).*]

5.7.4.2.5 L'épaisseur du matériau a aussi une influence marquée sur l'inflammabilité de ce matériau. Par exemple, il est bien plus facile d'enflammer un morceau de papier ou des copeaux de bois qu'un bloc de bois épais. Le délai d'inflammation augmente avec l'épaisseur du matériau, jusqu'à atteindre un comportement dominant de matériau thermiquement épais ; à partir de là, l'augmentation d'épaisseur n'aura plus qu'un impact négligeable sur le délai d'inflammation. Les matériaux fins s'enflamment aussi plus facilement car il est possible de les chauffer sur les deux faces à partir du bord. Il est plus facile d'enflammer le bord d'un morceau de papier que le centre d'une feuille.

5.7.4.3 Auto-inflammation des solides.

Lorsque l'inflammation des gaz combustibles émis lors du chauffage d'un solide se produit en l'absence de source pilote, on parle d'auto-inflammation. Bien que les températures d'auto-inflammation ne soient pas bien définies car elles dépendent fortement des conditions de mesure, des études répertorient couramment des valeurs de TAI dans une fourchette comprise entre 400°C et 600°C (752°F to 1112°F). Pour l'auto-inflammation du bois, Drysdale (1999) retient deux températures. La première, 600°C (1112°F), est relative à un chauffage par rayonnement, la seconde, 490°C (914°F), concerne un mode de chauffage par convection. Pour que l'auto-inflammation se produise, suite à un transfert thermique radiatif, les composés volatils émis par la surface doivent être suffisamment chauds pour générer un mélange inflammable au-dessus de sa température d'auto-inflammation, après intégration d'air frais. Dans le cas d'un échauffement convectif, l'air est déjà à température élevée et les composés volatils n'ont pas besoin d'être aussi chauds.

5.8* Propagation des flammes.

5.8.1 Généralités. Le développement du feu comprend en principe, la propagation des flammes à la surface des combustibles concernés. La rapidité de la croissance du feu dépend des caractéristiques du combustible et de la position des surfaces exposées du combustible. D'une façon générale, on différencie la propagation de flamme à co-courant et la propagation de flamme à contre-courant. Ces notions décrivent la direction de propagation de la flamme par rapport à la direction de l'écoulement des gaz. Ces deux types de propagation de flamme sont illustrés à la figure 5.8.1.

5.8.1.1 Propagation de flamme à contre-courant. La propagation de flamme à contre-courant, aussi appelée propagation de flamme à courants opposés, se produit lorsque la direction de propagation de la flamme va en sens contraire ou opposé au sens d'écoulement des gaz. On peut citer l'exemple de la propagation latérale sur une surface horizontale (figure 5.8.1), ou la propagation d'une flamme vers le bas sur une surface verticale. La propagation de flamme à contre-courant est généralement lente du fait de la capacité limitée de la flamme à chauffer le combustible en aval du front de flamme.

5.8.1.2 Propagation de flamme à co-courant. La propagation de flamme à co-courant, aussi appelée propagation de flamme assistée par la ventilation, se produit lorsque la direction de propagation de la flamme va dans le même sens que l'écoulement des gaz ou du vent. On peut citer l'exemple de la propagation vers le haut d'une flamme sur un mur. La propagation de flamme à co-courant est généralement assez rapide du fait du contact direct de la flamme avec le combustible en aval du front de flamme.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

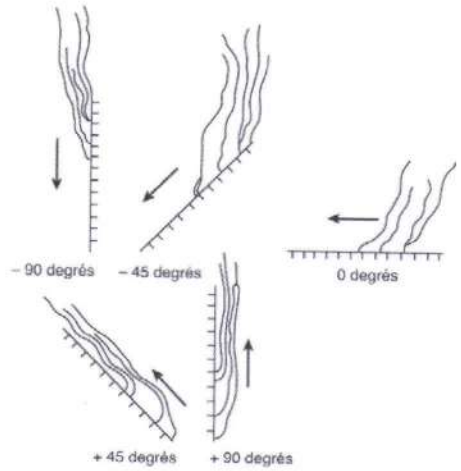


FIGURE 5.8.1.3 Interaction entre la flamme et le combustible pour des propagations de flammes à différents angles d'inclinaison. Contre-courant ; -90 degrés, -45 degrés, 0 degrés ; Co-courant ; +45 degrés +90 degrés.

5.8.1.3 Propagation de flamme sur des surfaces en pente. La figure 5.8.1.3 présente des propagations à co et à contre-courant sur des surfaces en pente de différentes valeurs. Les feux sur des surfaces en pente telles que des parois combustibles formant une pente, un plan incliné, ou des escaliers présentent les effets d'une propagation du feu à co-courant *(voir figure 5.8.1.3)*. Dans les constructions, la plupart des plans inclinés ou des escaliers ont une pente entre 30 et 50 degrés par rapport à l'horizontal. La propagation d'un feu en pente combine les effets du préchauffage, de la surface combustible au-dessus de la flamme, par conduction, convection et rayonnement et l'accroissement exponentiel de l'effet du rayonnement sur la surface au-dessus de la flamme dû à l'entraînement d'air à co-courant qui couche la flamme vers la surface.

5.8.1.3.1* Propagation du feu dans une tranchée inclinée. Le feu de l'escalator de la station de métro King's Cross à Londres en 1987 attira l'attention sur un mécanisme encore inconnu (tout au moins pour les feux de bâtiments), la tranchée inclinée. Une « tranchée inclinée » est une surface combustible en pente qui est limitée sur les côtés par des murs verticaux. Le meilleur exemple est un escalier encloisonné par des murs de chaque côté. La propagation de flamme vers le haut (écoulement à co-courant) sur les surfaces verticales est rapide, mais elle peut se trouver encore augmentée en fonction de la géométrie locale. S'il existe deux surfaces combustibles en vis-à-vis, comme dans un coin ou au milieu des deux murs d'un escalier combustible encloisonné, la propagation vers le haut est augmentée par le rayonnement thermique croisé (rayonnement en retour) entre les surfaces en feu. Le rayonnement thermique croisé entre deux surfaces est susceptible d'augmenter considérablement les vitesses de propagation et de combustion. Un changement relativement simple sur le chemin d'accès

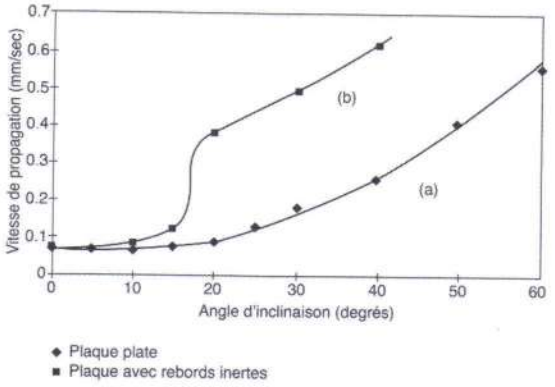


FIGURE 5.8.1.3.1 Variation de la vitesse de propagation ascendante de flamme sur des plaques de PMMA de largeur 60 mm, pour différents angles d'inclinaison. [*Extrait de « Fire Dynamics, » ISFI (2006).*]

de l'air aux flammes, a un impact énorme sur la vitesse de transfert thermique des flammes vers la surface de combustible, ce qui peut provoquer une propagation des flammes vers le haut extrêmement rapide. Il est important de bien comprendre le mécanisme afin d'en apprécier les conséquences potentielles. Pour une propagation vers le haut, la configuration des lieux autour des flammes en développement peut avoir un impact dramatique. Lors du feu de la station de métro King's Cross à Londres en novembre 1987, il y avait un escalator en bois avec un angle d'inclinaison de 30 degrés. Le feu s'est étalé sur toute la largeur de l'escalator et les flammes se sont propagées vers le haut, dans la tranchée aussi inclinée d'un angle de 30 degrés, plutôt que de monter à la verticale. Ce comportement a été causé par le confinement créé entre les côtés de l'escalator. La vitesse de propagation vers le haut était totalement inattendue ; elle était probablement égale à celle qu'il y aurait eu si l'escalator avait été vertical. Cet effet est présenté sur la figure 5.8.1.3.1, où l'on peut voir comment la vitesse de propagation de la flamme sur une plaque en polyméthacrylate de méthyle (PMMA ou plexiglas) varie lorsque l'on augmente l'angle de la plaque de 0 degré (position horizontale) jusqu'à 60 degrés. En l'absence de murs latéraux, la vitesse de propagation demeure inchangée jusqu'à environ 20 degrés, et par la suite elle augmente doucement. Cependant, en présence de murs latéraux (représentant les côtés de l'escalator), la vitesse de propagation augmente dramatiquement à partir d'un angle d'inclinaison de 15 degrés.

5.8.2 Propagation de flamme sur les liquides.

5.8.2.1 La vitesse de propagation de flamme sur les combustibles liquides dépend de la température du liquide par rapport à son point d'éclair. En-dessous du point d'éclair, la propagation de flamme s'effectue par les mouvements dans le liquide, et au-dessus du point d'éclair, la propagation de flamme s'effectue par les mécanismes de propagation de la phase gazeuse.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

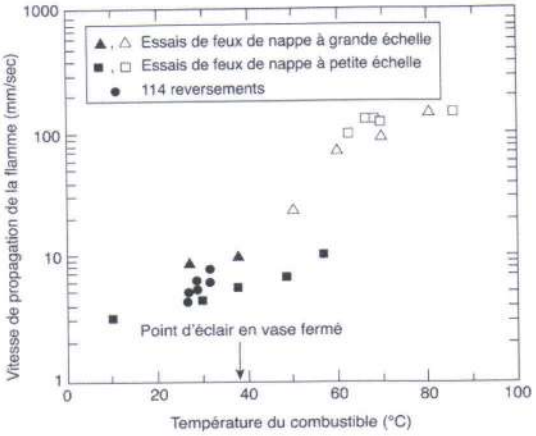


FIGURE 5.8.2.2 Vitesses de propagation de flamme à contre-courant sur une nappe de JP-8 d'épaisseur 5 mm (0.2 in.) en fonction de la température du combustible. Le JP-8 est un combustible militaire très proche du Jet B utilisé comme carburant dans l'aviation civile. Les résultats à grande échelle proviennent d'essais réalisés sur une nappe de 5 ft par 40 ft alors que les essais à petite échelle proviennent d'essais sur une nappe de 8 in. par 5 ft. La transition vers une propagation de flamme par la phase gazeuse se produit vers le point d'éclair lorsque l'échelle augmente. [*Extrait de Gottuk et White (2002).*]

5.8.2.2 Propagation de flamme par la phase liquide. La plupart des propagations de flamme par la phase liquide sont des propagations de flamme à contre-courant, même si la propagation de flamme sous le vent pour un feu de nappe ou la propagation de flamme vers le haut pour un combustible coulant en cascade contre un mur sont des exemples de propagation à co-courant. La propagation de flamme à contre-courant par la phase liquide est facilitée par les mouvements de liquide gouvernés par la tension superficielle de la nappe, ce qui accélère le réchauffage par la flamme du combustible situé devant le front de flamme. Pour les nappes de combustible en couche très mince les écoulements gouvernés par la tension superficielle subissent un retard. Plusieurs investigateurs ont constaté que la propagation de la flamme par la phase liquide ne pouvait plus se produire pour des épaisseurs de combustible inférieures à 2 mm. Un renversement libre de combustible sur une surface plate et horizontale forme typiquement une nappe ayant une épaisseur de 1 mm, bien que des nappes d'épaisseur plus grande soient susceptibles de se former sur des surfaces au sol nivelées de manière plus représentatives de la réalité. Les vitesses de propagation de la flamme par la phase liquide se situent généralement dans une fourchette entre 1 et 10 cm/sec. Voir la figure 5.8.2.2 pour des informations sur le JP-8 (kérosène), qui est un combustible militaire similaire au kérosène commercial (Jet A).

5.8.2.3 Propagation de flamme par la phase gazeuse. Lorsqu'un liquide est à une température supérieure à son point d'éclair, une concentration inflammable de vapeurs se forme près de la surface du combustible. La propagation de la flamme se réalise par la couche de mélange de vapeurs de combustible et d'air à une vitesse typique de flamme de prémélange, 1 à 2 m/sec *[voir la figure 5.8.2.2 pour des informations sur le JP-8, un combustible militaire similaire au kérosène commercial (Jet A).]*

5.8.3 Propagation de flamme sur les solides.

5.8.3.1 La propagation de flamme sur les combustibles solides peut être envisagée comme un processus d'inflammation continu. En chaque point, le combustible a besoin d'être chauffé jusqu'à atteindre les conditions dans lesquelles il peut s'enflammer et brûler. Aussi, tous les paramètres qui ont une influence sur l'inflammation d'un combustible solide ont également une influence sur la vitesse de propagation de la flamme. La vitesse de propagation de la flamme sur les solides dépend des mécanismes de propagation (co-courant/contre-courant) autant que de l'épaisseur et des caractéristiques thermiques du combustible.

5.8.3.2 Propagation de flamme à contre-courant sur des combustibles fins. La propagation de flamme à contre-courant sur les combustibles fins se produit généralement pour des propagations de flamme vers le bas. La flamme prend attache à la surface du combustible des deux côtés de la feuille et la zone de combustion active est souvent étroite. La propagation vers le bas de la flamme sur une allumette ou sur une feuille de papier constitue deux exemples du comportement précédemment décrit. Les vitesses de propagation de la flamme sont généralement situées entre 0.2 et 2 mm/sec, les valeurs les plus élevées concernant les solides les plus fins.

5.8.3.3 Propagation de flamme à co-courant sur des combustibles fins. La propagation de flamme à co-courant sur les solides fins se produit généralement pour des propagations de flamme vers le haut. La flamme prend attache à la surface du combustible des deux côtés de la feuille. La vitesse de propagation de la flamme étant plus rapide que dans le cas de la propagation à contre-courant, la zone de combustion est alors plus longue. La propagation vers le haut, de la flamme sur un rideau, sur un tissu drapé ou sur une feuille de papier constituent des exemples de flamme à co-courant sur des combustibles fins. Les vitesses de propagation de la flamme se situent généralement autour de 10 cm/sec, les valeurs les plus élevées concernant les solides les plus fins. Il n'est pas possible d'établir une loi de variation de la vitesse de propagation de flamme avec l'épaisseur car les combustibles les plus fins s'enflamment le plus vite, mais aussi brûlent jusqu'au bout le plus vite (en générant des longueurs de flamme plus petites).

5.8.3.4* Propagation de flamme à contre-courant sur les combustibles épais. La propagation de flamme à contre-courant sur des solides épais se produit généralement pour une propagation de flamme vers le bas sur un mur ou pour une propagation de flamme horizontale sur une surface (voir figure 5.8.3.4). Les transferts thermiques au niveau de la base de la flamme (voir le schéma de détails de la figure 5.8.3.4),

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

s'effectuent à la fois par la phase gazeuse et la phase solide. Les vitesses d'échauffement se trouvent limitées du fait de la taille particulièrement réduite de la zone de transfert thermique ; l'épaisseur qui chauffe se mesure en général en millimètres. La chaleur se trouve également dissipée à l'intérieur du matériau épais. Les vitesses normales de propagation de flamme sont généralement de l'ordre de 0.1 mm/sec. Les vitesses de propagation sur mousse de polyuréthane de 2 à 4 mm/sec sont le résultat de leur très faible masse volumique. Beaucoup de matériaux épais ne sont pas capables de maintenir une propagation de flamme à contre-courant sans chauffage externe. L'un des exemples typique de ce comportement est le bois sur une forte épaisseur. Avec un préchauffage à 100-200°C, la plupart des produits en bois sont capables de maintenir une propagation de flamme à contre-courant. Le rayonnement émis par les gaz chauds du local ou une flamme à proximité peuvent constituer de telles sources de préchauffage. Les géométries de type conduit sont particulièrement appropriées pour générer du rayonnement croisé et favoriser la combustion et la propagation de flamme. En présence d'une source de chauffage externe, les vitesses de propagation de la flamme sur combustibles solides épais peuvent atteindre les vitesses de propagation de flamme en phase gazeuse des combustibles liquides.

5.8.3.5* Propagation de flamme à co-courant sur les combustibles épais. La propagation de flamme à co-courant sur des solides épais se produit généralement pour une propagation de flamme montant sur un mur ou sous un plafond combustible. Avec un combustible épais, la longueur de flamme qui chauffe la matière devant la zone en combustion augmente sans cesse, ce qui laisse la possibilité d'accélérations illimitées de la vitesse de propagation de la flamme. La mesure de la vitesse de propagation de la flamme sur un mur de PMMA de 1,6 m donne des vitesses jusqu'à 6 mm/sec et la mesure de propagation de la flamme sur un mur de PMMA de 3,5 m donne des vitesses jusqu'à 10 mm/sec [Orloff et. al. (1974), Wu et. al. (1996)]. Des mesures similaires effectuées sur un mur en carton ondulé de 1,3 m de haut a donné comme résultat une vitesse de propagation de flamme entre 6 et 9 mm/sec [Grant et Drysdale (1995)]. Des vitesses de propagation de flamme plus importantes sont observées à l'intérieur des espaces créant un effet cheminée dans les racks de stockage de produits emballés dans des cartons. Pour une source de chaleur placée au niveau du sol, à l'instant zéro, le combustible situé à 2 m de hauteur peut commencer à brûler en 30 secondes, et le carton situé à 5 m de hauteur en 42 secondes [McGrattan et. al. (1998).] L'augmentation des vitesses de propagation de flamme ne se produit pas avec tous les combustibles et toutes les flammes. Si le feu qui lèche le mur n'est pas suffisamment important, aucune propagation de flamme ascendante ne pourra avoir lieu ou alors le feu gagnera une hauteur limitée avant que toute propagation cesse. [Saito et. al. (1986)].

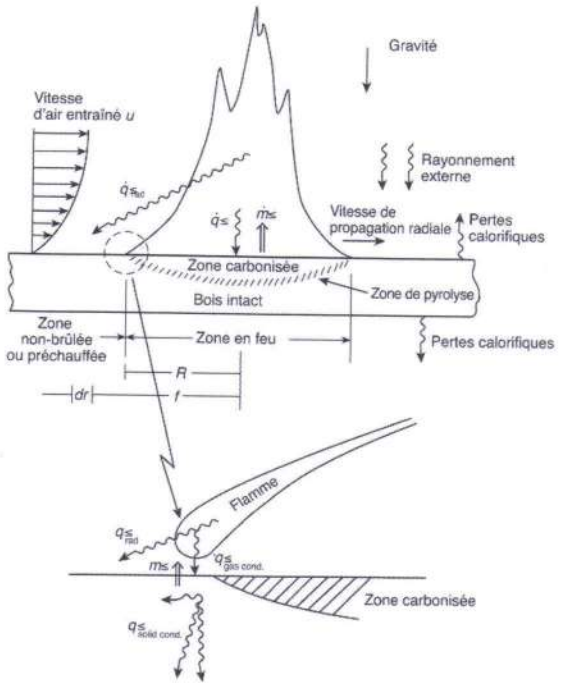


FIGURE 5.8.3.4 Propagation de la flamme sur une surface en bois horizontale. [*Extrait de Atreya (1984).*]

5.8.3.6 Effet de la fusion et des écoulements sur la propagation de la flamme. Les flammes sont susceptibles de se propager de façon différente sur des zones variées du même objet combustible. Ainsi, la flamme se propagera doucement sur la surface horizontale d'une chaise rembourrée, alors que sa vitesse augmentera rapidement dès que le dos de la chaise sera touché par le feu. Lorsqu'un matériau fond, il va pouvoir s'écouler et former une nappe sur les surfaces horizontales. L'écoulement de mousse de polyuréthane fondue provenant du mobilier peut former une nappe sous ce mobilier. L'inflammation du dessous des meubles par les feux de nappes augmente la vitesse de combustion de l'ameublement et conduit à une propagation rapide des flammes. La fusion et les écoulements peuvent aussi avoir comme résultat de soustraire du combustible de la zone de front de flamme. Cet effet peut considérablement gêner la propagation du front de flamme à la surface du matériau.

5.8.3.7 Effet d'une source de chauffage externe sur la propagation de la flamme. Le chauffage du combustible par une source externe telle qu'une flamme à proximité ou le rayonnement émis par la couche de gaz chauds qui se forme dans un local, peut augmenter de manière significative la vitesse de propagation des flammes.

5.9* Propagation du feu dans un local.

5.9.1 La puissance du feu dépend généralement de la quantité et de la nature des combustibles en feu à un instant donné, ainsi que des conditions de ventilation. L'augmentation de la puissance peut se produire grâce

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

à la propagation de la flamme sur un objet combustible, l'inflammation d'autres combustibles ou la modification de la ventilation. A mesure que la dimension du feu augmente, le potentiel de propagation à d'autres locaux ou à d'autres zones dans le bâtiment augmente. La propagation de flamme concerne la progression de la flamme sur un objet unique (comme un canapé ou un mur combustible), et la propagation du feu est décrite comme étant l'inflammation d'autres combustibles qui vont propager le feu à travers le local ou le bâtiment.

5.9.2 Propagation du feu. La propagation du feu, à la différence de la propagation de la flamme, concerne l'inflammation de plusieurs combustibles éloignés. Les combustibles peuvent se trouver dans le même local ou dans des locaux contigus. Le feu peut se propager soit par contact direct de flamme, soit par inflammation à distance de combustibles de la zone concernée.

5.9.2.1 Propagation du feu par contact de flamme. A mesure que le feu grandit, l'écoulement créé par les gaz chauds s'élevant dans le local, peut favoriser la propagation de la flamme. Par exemple, les flammes d'un feu de nappe au centre d'une pièce peuvent être déviées par le flux d'air ambiant entrant dans cette pièce par la porte. L'inclinaison des flammes de ce premier lot de combustibles, est susceptible de faire entrer les flammes en contact avec un second lot de combustibles situé à proximité du premier. En outre, du fait de la dissymétrie de l'alimentation en air de la flamme, les flammes de combustibles situés contre un mur ou dans un coin sont susceptibles de lécher les surfaces verticales. Si ces surfaces sont combustibles, elles peuvent alors prendre feu par contact direct de flamme.

5.9.2.2 Propagation du feu par inflammation à distance. L'inflammation à distance peut avoir lieu selon les trois modes de transfert thermique. La conduction peut provoquer une inflammation par transfert thermique à travers les plafonds et les murs. A titre d'exemple, on peut citer l'exemple courant de l'inflammation de poteaux en bois situés derrière un mur ou une cloison en maçonnerie incombustible, provoquée par la chaleur dégagée par le local en feu et conduite à travers la maçonnerie vers les éléments de structure combustibles.

5.9.2.2.1 Le rayonnement peut provoquer une inflammation par transfert thermique vers des objets situés à distance par rayonnement de la flamme ou de la couche de gaz chauds. Le mode majoritaire de propagation du feu d'un objet vers un autre objet distant est le rayonnement. La couche de fumée chaude va transmettre du rayonnement thermique à d'autres objets combustibles, qui peuvent s'enflammer à leur tour. Dans un local, si le feu devient suffisamment important et que suffisamment de combustibles brûlent, l'énergie rayonnée par le feu peut devenir assez importante pour échauffer les surfaces de combustibles distants au delà de leur température d'auto-inflammation, et provoquer la propagation des flammes à ces combustibles distants. On observe ce phénomène au moment de la transition vers le flashover. Parmi les paramètres ayant une influence sur le phénomène, on peut citer ; la dimension du feu, la quantité d'énergie rayonnée, la configuration des deux objets combustibles (c'est-à-dire des objets face à face ou formant un angle, un objet de grande dimension rayonnant vers un plus petit), et la distance entre les deux objets.

5.9.2.2.2 La propagation du feu peut aussi être le résultat d'une chute de matière incandescente qui enflamme les matières sur lesquelles elle tombe, ou celles situées à proximité. Lorsqu'un élément de structure ou un matériau brûle dans la partie haute d'un local, il y a le risque que les élément concernés perdent de leur intégrité avant d'avoir complètement brûlé, provoquant la chute de combustibles dans d'autres zones du local ou à un niveau ou étage inférieur dans le bâtiment. Lorsque cela se produit, du combustible encore en feu peut tomber à proximité de nouveaux combustibles qui vont pouvoir s'enflammer. La chute de matières se produit aussi avec les matières thermoplastiques en feu, les rideaux, les tissus drapés ainsi qu'avec d'autres objets combustibles fins.

5.10 Développement du feu dans un local.

La liste de références qui suit, se rapporte au développement des feux dans les locaux :

(1) Custer, R. (2003), « Dynamics of Compartment Fire Growth, » NFPA Fire Protection Handbook, 19th ed., Section 2.4.

(2) Thomas, P. (1995), « The Growth of Fire-Ignition to Full Involvement, » *Combustion Fundamentals of Fire*, ed. Cox, G., Academic Press, London.

(3) Quintiere, J. (2002), « Compartment Fire Modeling, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, ed. DiNenno, P., National Fire Protection Association, Quincy, MA.

(4) Walton, D., Thomas, P. (2002), « Estimating Temperatures in Compartment Fires, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, ed. DiNenno, P., National Fire Protection Association, Quincy, MA.

(5) Cooper, L. (2002), « Compartment Fire-Generated Environment and Smoke Filling, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, ed. DiNenno, P., National Fire Protection Association, Quincy, MA.

5.10.1 Généralités.

5.10.1.1 La vitesse et le schéma de développement d'un feu dépendent d'une relation complexe entre le combustible en feu et son environnement.

5.10.1.2 Dans un feu de local, l'accumulation de chaleur en partie haute de la pièce peut élever la température au plafond et générer de grandes quantités de fumées et gaz chauds. Le rayonnement émis à partir des parties hautes du local peut augmenter de façon significative la vitesse de développement du feu ainsi que la chaleur libérée par les objets en feu. Ceci peut conduire à des puissances de feu significativement

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

plus importantes que celles observées pour un feu extérieur.

5.10.1.3 La puissance d'un feu de local peut aussi se trouver réduite du fait de l'apport en air limité pour assurer la combustion. Cette section présente le développement des feux dans les locaux.

5.10.1.4 La vitesse de développement d'un feu rapportée par les témoins est hautement subjective. Souvent, les témoins font état du développement du feu à partir du moment de sa découverte, qui ne peut pas être directement corrélé à l'instant du départ de feu. La vitesse de développement du feu dépend de nombreux paramètres en plus de la charge calorifique, parmi lesquels on peut citer ; la configuration du combustible, les dimensions du local, les caractéristiques du local, la ventilation, la source de chaleur et le premier combustible en feu. Des témoignages visuels rapportant un développement de feu rapide ne devraient pas être interprétés comme un indice d'incendie volontaire.

5.10.2 Phénoménologie des feux de locaux

5.10.2.1 Lorsque le feu atteint le plafond du local, l'écoulement de fumée et de gaz chauds ainsi que le développement du feu s'en trouvent modifiés. La figure 5.10.2.1 montre un local avec une porte ouverte. Il y a plusieurs objets combustibles dans ce local ; l'un est l'objet enflammé en premier, les autres sont les combustibles « cibles ». Le panache a des répercussions sur le plafond et l'écoulement est dévié sous le plafond pour former un « écoulement sous plafond ». Les écoulements de gaz sous plafond progressent dans toutes les directions jusqu'à ce que ces gaz rencontrent les murs du local. Lorsque l'écoulement de gaz atteint les murs, et qu'il ne peut plus progresser horizontalement, les gaz changent de direction en virant vers le bas pour commencer à créer une couche de gaz chauds sous le plafond.

5.10.2.2 Formation de la couche chaude. Le feu se comporte comme une pompe en remplissant la couche supérieure avec de la matière (gaz chauds) et de l'énergie. Ce processus continu d'alimentation en gaz chauds conduit à augmenter l'épaisseur de la couche supérieure. L'épaisseur de la couche supérieure de gaz chauds va continuer à augmenter jusqu'à atteindre la base du feu ou le sommet d'une ouverture.

5.10.2.3 Lorsque la couche de fumées chaudes atteint le haut de la porte ouverte, comme présenté à la figure 5.10.2.3, les fumées vont commencer à sortir du local. La couche de gaz chauds s'arrête de descendre à partir du moment où le débit de gaz chauds qui s'écoulent par la porte est égal à la vitesse de remplissage de la couche de gaz chauds par le panache.

5.10.2.4 Si la dimension du feu augmente, le bas de la couche sous plafond et l'interface entre couches chaude et froide vont continuer de descendre, la température des fumées et gaz chauds va augmenter, et la chaleur rayonnée par la couche supérieure va se mettre à chauffer les combustibles cibles qui ne brûlent pas encore, comme présenté à la figure 5.10.2.4. Un schéma d'écoulement bien défini va s'établir au niveau de l'ouverture, les produits de combustion chauds sortant en partie supérieure et l'air frais entrant dans le local en dessous de la couche de fumée.

5.10.2.5 Dans les premières phases du feu, il y a suffisamment d'air pour que toutes les matières qui pyrolysent puissent brûler. On parle d'un « *feu géré par le combustible* ». A mesure que la combustion progresse, suffisamment d'air peut continuer à être disponible et le feu peut disposer de l'oxygène nécessaire même en se développant. Normalement, ceci se produit dans un local qui comporte une grande porte ou une fenêtre ouverte. Dans de telles situations, les gaz qui s'accumulent en partie haute du local, bien que chauds, contiennent encore assez d'oxygène et relativement peu d'imbrûlés combustibles.

5.10.2.6 A mesure que le feu poursuit son développement, la température de la couche de gaz sous plafond augmente, ainsi que la quantité de flux rayonné vers le contenu combustible du local. La figure 5.10.2.6 montre l'évolution des parts relatives du transfert thermique par convection et rayonnement. Lorsque le feu se développe, les flux thermiques convectifs et rayonnés augmentent, mais le rayonnement devient le mode de transfert thermique majoritaire. La température de surface du lot combustible augmente, conduisant à l'émission de gaz de pyrolyse. Lorsque la température de la couche chaude atteint environ 590°C (1100°F), le contenu combustible s'enflamme, l'inflammation se produisant sur toutes les surfaces exposées au rayonnement émis par la couche chaude. Ce phénomène, connu sous le nom de flashover, fait l'objet de la figure 5.10.2.6. Les termes *flame-over* et *roll-over* sont souvent utilisées pour décrire la situation où les flammes se propagent seulement à l'intérieur ou à travers la couche chaude sans concerner les surfaces de combustible cible. Le flame-over ou le roll-over précèdent généralement le flash-over mais ne conduisent pas toujours à celui-ci. Alors que le feu se développe, le transfert thermique par rayonnement devient majoritaire par rapport au transfert thermique par convection.

5.10.2.7 Lorsque l'alimentation en air dans le local n'est pas suffisante pour faire brûler tous les combustibles qui pyrolysent sous l'effet du feu, le feu passe du mode « géré par le combustible » (où la puissance dépend de la quantité de combustible concerné par le feu) au mode « géré par la ventilation » (où tout le combustible est en feu, et où la puissance dépend de la quantité d'oxygène disponible). Dans un feu géré par la ventilation, la couche de gaz chauds contient de grandes quantités de produits de pyrolyse non-brûlés et de monoxyde de carbone. Voir la figure 5.10.2.7.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

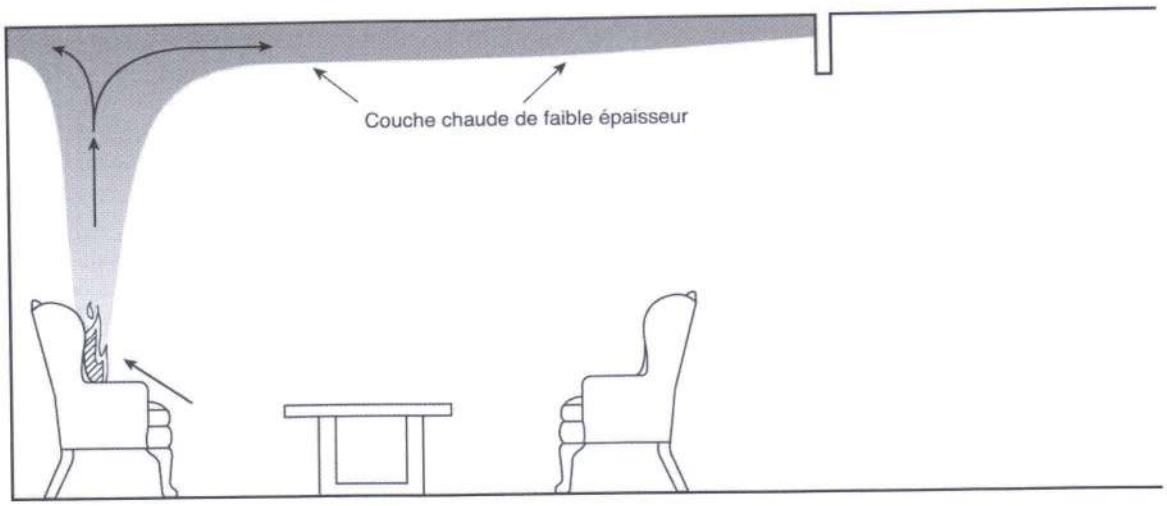


FIGURE 5.10.2.1 Début de développement du feu dans un local.

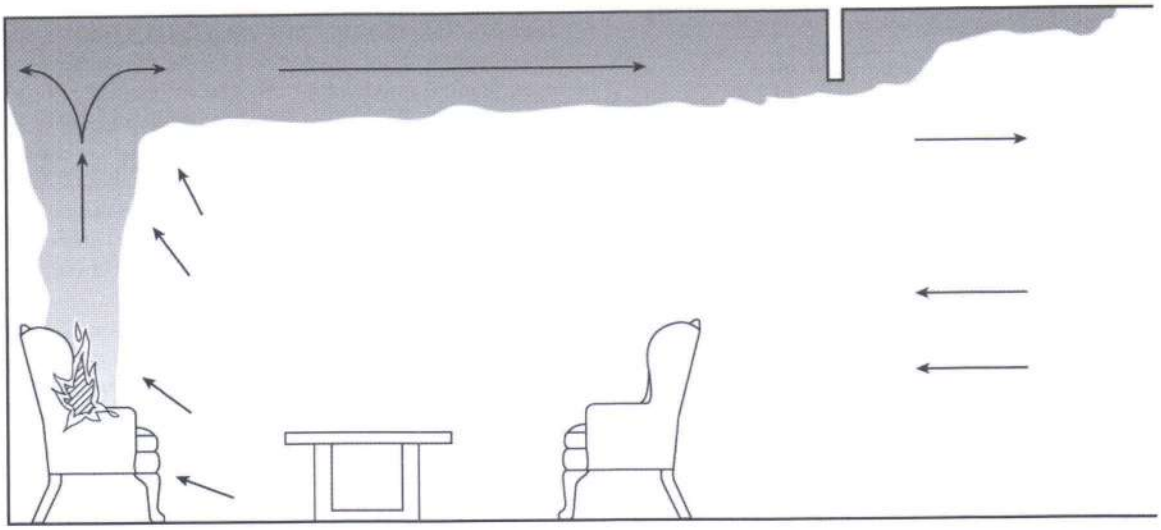


FIGURE 5.10.2.3 Formation d'une couche chaude dans un local en feu.

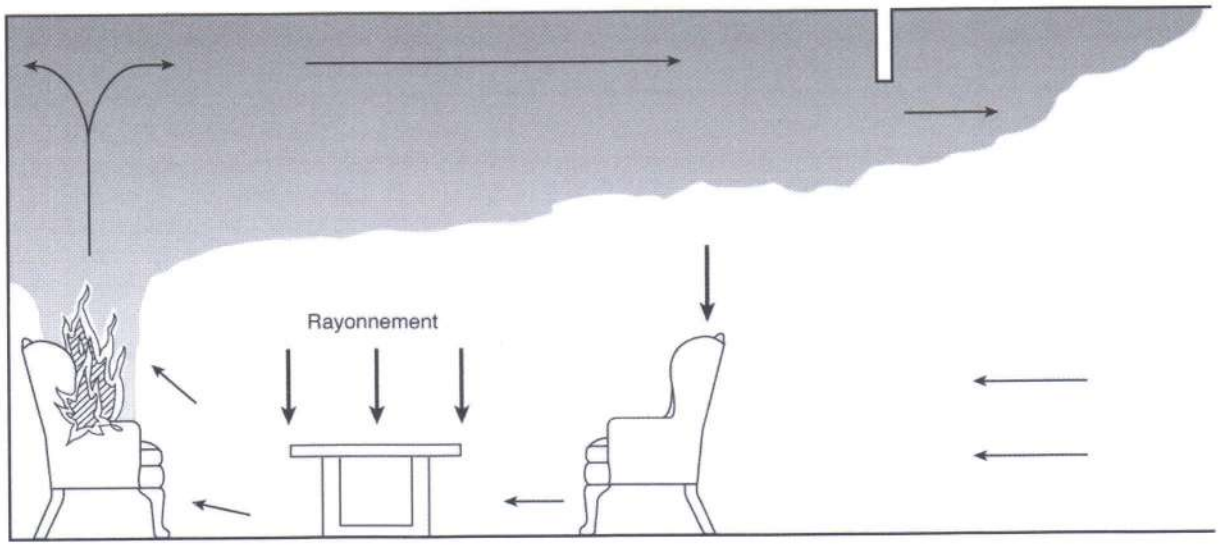


FIGURE 5.10.2.4 Conditions de préflash-over dans un local en feu.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

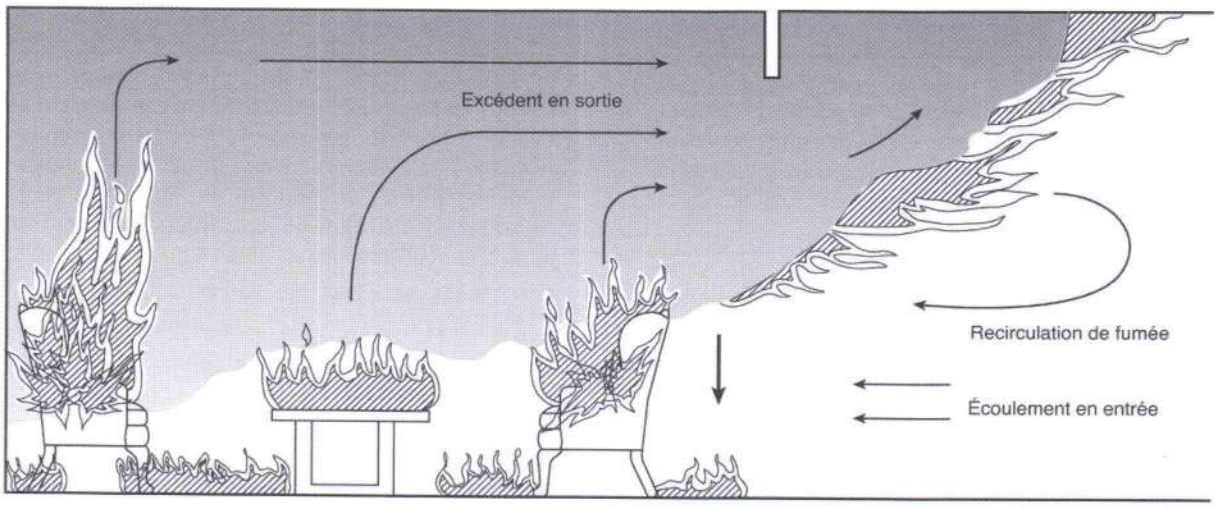


FIGURE 5.10.2.6 Situation de flash-over dans un local en feu.

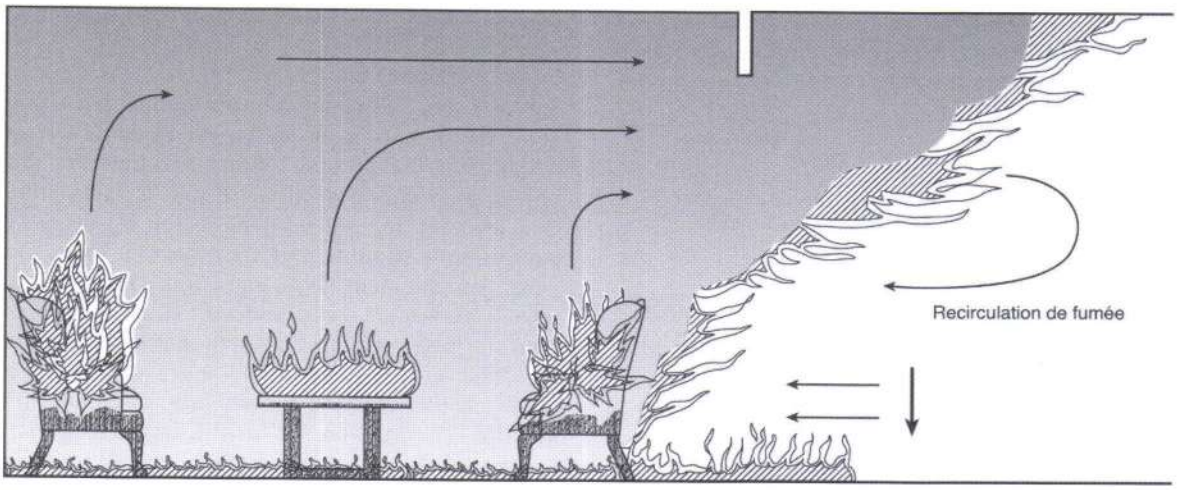


FIGURE 5.10.2.7 Postflash-over ou généralisation du feu à l'ensemble du local.

5.10.2.8 Au cours de la phase postflash-over, le niveau du bas de la couche chaude et la présence de flammes sur les combustibles cibles au sein de cette couche chaude ainsi que la taille des flammes peuvent varier entre la situation de la figure 5.10.2.6 et celle de la figure 5.10.2.7. Même si la combustion des sols et des revêtements de sols se produit couramment, le feu peut ne pas toujours se propager sous les combustibles cibles ou sous tout autre écran. Cette phase de feu pleinement développé correspond typiquement à un *feu géré par la ventilation.*

5.10.3 Écoulements par les ouvertures.

5.10.3.1 L'air nécessaire à l'entretien d'un feu de local peut être apporté par de la ventilation mécanique (air conditionné), ou par de la ventilation naturelle par l'intermédiaire des ouvertures. Sauf si les ouvertures sont particulièrement limitées, la ventilation naturelle l'emporte en général sur la ventilation mécanique.

5.10.3.2 La ventilation naturelle se met en route par les portes et fenêtres existantes en raison du moteur thermique créé par le feu et de la couche de gaz chauds dans le local. Les gaz chauds, ayant une masse volumique bien inférieure à celle de l'air ambiant, s'échappent en partie supérieure de l'ouverture, et de l'air frais remplace les gaz perdus en pénétrant par la partie inférieure de l'ouverture. La hauteur à laquelle la direction des flux s'inverse est désignée par le terme de « plan neutre ». Cette délimitation est souvent visible en tant que trace laissée par le feu sur le cadre des portes. Une zone importante de dommages en partie haute sur une porte ouverte indique le passage des gaz chauds.

5.10.3.3 Écoulements par une ouverture unique.

5.10.3.3.1 Lorsque l'interface avec la couche chaude se situe près du sommet de l'ouverture, l'écoulement de gaz à travers l'ouverture se produit au niveau et au dessus de l'interface. Dans ces conditions, l'interface et le plan neutre sont à la même hauteur.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

5.10.3.3.2 Lorsque l'interface avec la couche chaude descend près du niveau inférieur de l'ouverture, le plan neutre n'est plus situé au même niveau que l'interface. Lorsque la couche supérieure de gaz chauds à l'intérieur du local descend en-dessous du bas de l'ouverture, le plan neutre est normalement situé entre 1/3 et 1/2 de la hauteur de l'ouverture.

5.10.3.3.3 Pour une ouverture unique, le débit d'air entrant est proportionnel au coefficient de ventilation, $A\sqrt{H}$, où A est la surface d'ouverture et H est la hauteur de l'ouverture (c'est-à-dire du bas jusqu'en haut de l'ouverture). La proportionnalité à $\sqrt{H}$ vient de l'augmentation des forces de flottaison avec l'augmentation de la hauteur de l'ouverture. La puissance maximale qui peut être atteinte par l'alimentation en air du local (on fait l'hypothèse d'une combustion stœchiométrique totale du combustible à partir de l'air disponible) à travers une ouverture unique est donnée par la formule suivante :

$$\dot{Q}_{stoich} = 1500\ A_o\sqrt{H_o} \qquad \textbf{[kW, m]}$$

Où :
Q_{stoich} = puissance maximale obtenue à partir du débit d'air disponible (kW)
A_o = surface de l'ouverture (m2)
H_o = hauteur de l'ouverture (m)

5.10.3.3.4 L'ouverture par une porte de 0,9 m (3 ft) de large et 2,1 m (7 ft) de haut peut permettre d'alimenter un feu d'une puissance d'environ 4000 kW ou 4 MW. Si nous obturons la partie inférieure de la porte sur une hauteur de 1 mètre pour en faire une fenêtre, la hauteur de l'ouverture se trouve réduite à une hauteur de 1,1 mètre et la puissance maximale que cette fenêtre ouverte peut permettre d'atteindre est seulement de 1600 kW ou 1,6 MW.

5.10.3.4 Écoulements par ouvertures multiples.

5.10.3.4.1 Un local en feu n'a qu'une seule hauteur de plan neutre, même s'il possède plusieurs ouvertures à différentes hauteurs. Au-dessus du plan neutre, les écoulements sortent du local. En-dessous du plan neutre, les écoulements entrent dans le local.

5.10.3.4.2 Certaines ouvertures se trouvant exclusivement au-dessus du plan neutre, seuls des écoulements sortants s'effectueront à travers ces ouvertures. D'autres ouvertures peuvent se trouver exclusivement en-dessous du plan neutre, elles se comporteront alors seulement comme des entrées d'air. De telles ouvertures ne comporteront évidemment aucune trace de dégradation à l'extérieur, du fait du panache de fumée ou de la chaleur.

5.10.3.4.3 Des modifications de la hauteur du plan neutre occasionneront la participation d'ouvertures supplémentaires au cours du feu. Par exemple, une fenêtre peut permettre un écoulement bidirectionnel au cours d'une phase de feu. Puis, plus tard, cette ouverture peut devenir uniquement une entrée d'air lorsque le feu perce le plafond du local. A ce moment-là, le panache de la fenêtre disparaît et la fumée qui passe par le trou du plafond se répand à l'étage supérieur. Si le plafond correspond au toit, un panache apparaît alors au niveau du toit.

5.10.3.5 Ouvertures.

5.10.3.5.1 Certains locaux ont des ouvertures existantes (c'est-à-dire fenêtre et/ou porte ouverte). Les fenêtres fermées deviennent des ouvertures lorsque la vitre casse. Alors que le verre se fissure vers 60–100°C, la vitre ne tombe généralement pas avant le flash-over, sauf si les flammes lèchent directement la vitre. Des ouvertures peuvent aussi être créées suite à la destruction de portes ou de tout autre obstacle.

5.10.4 Flash-over.

5.10.4.1 Le flash-over constitue une transition entre une situation où le feu est contrôlé par la combustion du premier objet enflammé (et des objets à proximité victimes d'une inflammation directe) vers une situation où le feu est contrôlé par la combustion de tous les objets du local. On parle généralement de la transition « d'un feu de local » vers « un local en feu ». Il est important pour un investigateur d'être conscient du fait que le flash-over correspond à une situation déclenchante, et pas n'est pas une fin en soi. On qualifie la situation de postflash-over *de feu généralisé dans le local.* Le début du flash-over se produit lorsque la couche de gaz chauds impose aux combustibles non-enflammés un niveau de rayonnement thermique (flux) suffisant pour les enflammer. Un flux thermique émis par la couche de gaz chauds d'environ 20 kW/m^2 au niveau du sol est généralement considéré comme suffisant pour entraîner un flash-over. A cette valeur de flux, des journaux froissés s'enflamment en quelques secondes. Les niveaux de flux au moment où tout le local est en feu sont notablement plus élevés qu'au flash-over. Des flux thermiques de 170 kW/m^2 au niveau du sol ont déjà été enregistrés.

5.10.4.2 Dès que les conditions du flash-over sont réunies, l'embrasement généralisé du local va suivre dans la majorité des feux, sauf si le combustible est épuisé, le feu est privé d'oxygène, ou le feu est éteint. Dans un feu généralisé à tout le local, la couche chaude peut se trouver au niveau du sol, mais des essais et des feux réels ont montré que la couche chaude n'est pas toujours positionnée au niveau du sol. Un feu généralisé à un local peut être atteint par simple croissance du feu sans impliquer nécessairement un flash-over.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

5.10.4.3 Tous les locaux n'ont pas les caractéristiques permettant d'atteindre un feu généralisé. Les locaux mal ventilés ou les très grands volumes sont susceptibles de brûler entièrement sans que tout le combustible soit en feu au même moment. Dans les incendies d'entrepôts, le feu se propage souvent en formant un front de flammes d'une extrémité à l'autre du bâtiment, plutôt qu'en formant des flammes sur la surface entière du bâtiment au même moment. Dans les locaux de forme très allongée comportant une ouverture à une extrémité le feu tend à se propager à partir de la zone de l'ouverture vers l'arrière du local, même si l'inflammation ne s'est pas produite près de l'ouverture.

5.10.4.4 Ouvertures nécessaires à la ventilation du foyer. La puissance minimale (en kilowatts) d'un feu susceptible de donner lieu à un flash-over dans un local donné dépend de la ventilation apportée par les ouvertures. Cette relation de proportionnalité est désignée par le terme *facteur de ventilation ;* elle se calcule à partir du produit de la surface d'ouverture (A_O) et de la racine carrée de la hauteur d'ouverture (h_O).

5.10.4.5* On peut calculer l'ordre de grandeur de la puissance du feu pour le flash-over pour un local comportant une ouverture unique par la formule suivante :

$$\dot{Q}_{fo} = 750\ A_o\sqrt{H_o}$$

Où :

$\dot{Q}_{fo}$ = puissance pour le flash-over (kW)

A_o = surface de l'ouverture (m^2)

h_o = hauteur de l'ouverture (m)

5.10.4.5.1 Pour une porte ouverte de 0,9 m (3 ft) de large et 2,1 m (7 ft) de haut, une puissance de feu d'environ 2000 kW ou 2 MW serait nécessaire pour obtenir un flash-over. La relation ci-avant est indépendante du temps mais des études ont montré qu'une puissance de feu plus importante est nécessaire pour obtenir un flash-over si le pic de puissance est de courte durée.

5.10.4.6 Des délais de 3 à 5 minutes pour obtenir un flash-over dans des essais de feux de locaux de type résidentiel, ne sont pas inhabituels, des délais même plus courts ont déjà été observés dans des feux de locaux sans mise en œuvre d'accélérant.

5.10.5 Feux pleinement développés dans des locaux. Lors d'un feu pleinement développé, la porte du local limite clairement l'alimentation en air du feu à l'intérieur du local, et des quantités significatives de produits de pyrolyse vont brûler à l'extérieur du local. Le flame-over ou le roll-over se produisent généralement avant le flash-over mais ne mènent pas toujours aux conditions de réalisation d'un flash-over au sein du local, en particulier dans le cas des grands volumes ou des plafonds hauts ou s'il y a peu de combustible.

5.10.6 Influence des caractéristiques du local sur le développement du feu. Pour le feu d'un lot de combustibles donné, la dimension des ouvertures, le volume du local, la hauteur sous plafond et l'emplacement du feu par rapport aux murs et aux coins auront une influence sur la vitesse de développement des différences phases de l'incendie dans le local.

5.10.6.1 Volume du local et hauteur sous plafond. La constitution d'une couche sous plafond ayant une température suffisante pour enflammer par rayonnement les combustibles qui y sont exposés est une condition nécessaire à l'occurrence d'un flash-over. Les hauteurs sous plafond importantes ou les locaux ayant un grand volume vont retarder la formation d'une couche suffisamment chaude et ainsi retarder, voire empêcher, la réalisation d'un flash-over. La distance entre le bas de la couche chaude et le combustible constitue aussi un facteur d'influence, bien que de moindre importance.

5.10.6.2* Emplacement du feu dans le local. Lorsqu'un lot combustible brûle loin d'un mur, l'air en provenance de toutes les directions diffuse librement vers la flamme et se mélange avec les gaz combustibles. Cet air alimente la combustion dans la zone de la flamme et refroidit le panache par entraînement d'air (voir *5.5.2.*). Si le lot combustible ou le panache est contre un mur (et pas dans un coin), un feu de taille donnée conduira à une couche ayant une température de 30 pour cent plus élevée que le même feu loin du mur. Quand le même lot combustible est localisé dans un coin, un feu de taille donnée conduira à une couche chaude ayant une température de 70 pour cent plus élevée que le même feu loin des murs ou des coins.

5.11 Propagation de feu entre locaux.

La propagation du feu entre deux locaux peut se produire par une ouverture les mettant en communication ou par un obstacle (mur ou plafond) séparant ces deux locaux.

5.11.1 Propagation du feu par les ouvertures. La propagation du feu par les ouvertures peut se produire selon les différents mécanismes qui suivent :

(1) par contact direct des combustibles cibles avec une flamme provenant de l'ouverture du local en feu ;

(2) par inflammation des combustibles dans le local cible due au rayonnement émis, au niveau de l'ouverture du local en feu, par les flammes sortant par l'ouverture, et par la couche de gaz chauds qui se forme par écoulement vers le local cible, à partir du local en feu ;

(3) par inflammation des combustibles dans le local cible due au transport de brandons issus du local en feu par l'ouverture vers le local cible.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

5.11.2 Propagation du feu par les éléments séparatifs. La propagation du feu par les éléments séparatifs peut se produire selon les mécanismes qui suivent :

(1) par conduction de la chaleur à travers l'élément séparatif, du compartiment en feu vers des combustibles en contact avec l'élément séparatif dans le local cible ;

(2) par pénétration du feu à travers l'élément séparatif créant une ouverture entre le compartiment en feu et le compartiment cible (la propagation en elle-même se produit alors selon les mécanismes décrits ci-dessus). La pénétration dans l'élément séparatif peut résulter de la dégradation des matériaux constitutifs du mur (exemple ; délitement de plaques de plâtre) ou de la création de fissures dans l'élément séparatif ;

(3) par effondrement de la structure de l'élément séparatif suite aux effets du feu sur l'élément séparatif ou sur des éléments de structure dont la déformation cause des dommages à l'élément séparatif.

5.12 Propagation par cheminement des fumées dans les bâtiments.

L'écoulement des gaz par une ouverture résulte d'une différence de pressions. Par conséquent, les fumées sont susceptibles de s'écouler à travers les portes, les fenêtres, et toute autre ouverture. Les locaux n'étant pas hermétiquement fermés, il existe des zones de fuites par lesquelles les fumées peuvent s'écouler d'un local à un autre. Les plénums au-dessus des faux-plafonds constituent également un lieu de passage significatif pour les fumées. Les déplacements de fumée à cause des différences de températures peuvent résulter de la chaleur produite par le feu. Dans les bâtiments de grande hauteur, la fumée située loin du feu peut être à la même température que l'air ambiant mais peut se déplacer en raison d'un « effet cheminée » dans le bâtiment. L'effet cheminée, qui est lié à la pression, résulte de la différence de températures entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Les différences de pression créées par les systèmes d'air conditionné sont également susceptibles de transporter la fumée d'un local à un autre.

Chapitre 6 Traces laissées par le feu

6.1 Introduction.

6.1.1 L'objectif principal de tout examen d'une scène d'incendie, est d'enregistrer les constats comme demandé par l'approche scientifique (*voir 4.3.3*). Ces constats comprennent les traces laissées par le feu. Ces traces correspondent à des modifications visibles ou mesurables ou à des traces identifiables causées par un ou plusieurs des effets du feu. Les effets du feu sont des modifications observables ou mesurables, dans ou sur un matériau, résultant de l'exposition au feu. Pour réaliser les enregistrements des constats sur site, il est nécessaire de reconnaître et d'identifier les effets et les traces laissées par le feu. Ces constats peuvent aussi être utilisés pour l'analyse des traces laissées par le feu (c'est-à-dire le processus qui consiste à interpréter les traces laissées par le feu pour comprendre comment ces traces se sont formées). Les constats et interprétations sont susceptibles d'être utilisés pour tester les hypothèses relatives au point d'origine du feu comme présenté au chapitre 17. L'objectif de ce chapitre est d'aider l'investigateur à reconnaître et à identifier les effets et les traces laissées par le feu ainsi qu'à analyser ces traces afin de les interpréter.

6.2 Effets du feu.

6.2.1 Pour identifier les traces laissées par le feu, l'investigateur doit reconnaître les modifications qui se sont produites sur les matériaux, du fait du feu. Ces modifications, que l'on appelle les effets du feu, constituent des changements observables ou mesurables, dans ou sur les matériaux.

6.2.2 Recours aux effets du feu pour estimer la température. Si l'investigateur connaît la température approximative à laquelle se produit un changement tel que fusion, modification de la couleur ou déformation d'un élément, il peut estimer la température à laquelle l'élément a été porté. Cette information peut aider l'investigateur à évaluer l'intensité et la durée de l'échauffement, la valeur des flux thermiques ou les puissances générées par les différents combustibles.

6.2.2.1 Si l'investigateur se base sur des matériaux tels que le verre, les plastiques ou le fer blanc pour estimer une température, il doit savoir que ces matériaux génériques ont des caractéristiques physico-chimiques situées dans une large fourchette. La meilleure façon d'utiliser de tels matériaux en tant qu'indicateurs de température est de prélever un échantillon du matériau et de faire vérifier ses caractéristiques par un laboratoire, par un spécialiste des matériaux ou par un métallurgiste compétent.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

6.2.2.2* Le bois et l'essence automobile brûlent avec une température de flamme quasiment identique. Les températures des flammes de diffusion turbulentes de tous combustibles hydrocarbonés (plastiques et liquides inflammables) et des combustibles cellulosiques sont approximativement les mêmes, bien que ces combustibles libèrent la chaleur avec des vitesses différentes. La combustion des métaux et les réactions chimiques particulièrement exothermiques peuvent conduire à des températures nettement plus élevées que celles observés dans les feux de combustibles hydrocarbonés ou cellulosiques.

6.2.2.3 Les transferts thermiques sont responsables de la plupart des indices matériels exploités par les investigateurs incendie. La température atteinte par un matériau situé à un emplacement donné dans un bâtiment, dépend de la quantité d'énergie thermique transmise à ce matériau. Ainsi que cela a été présenté à la section 5.5, l'énergie thermique est transmise selon trois modes ; la conduction, la convection et le rayonnement. Ces trois modes peuvent contribuer à modifier la température d'un matériau dans un feu. La température atteinte va dépendre de la contribution individuelle de chacun des modes de transfert thermique. Cette contribution individuelle associée à chaque mode de transfert dépend des paramètres évoqués à la Section 5.5.

6.2.2.4 Les températures qu'on a pu relever dans les feux de bâtiments dépassent rarement les 1040°C (1900°F) sur une durée importante. Ces températures repérables sont parfois appelées *températures effectives d'incendie,* car elles reflètent les effets physiques du feu qui peuvent s'interpréter en classes de températures. L'investigateur peut utiliser l'analyse des matériaux fondus pour l'assister dans la détermination des températures minimales atteintes en certains endroits précis.

6.2.3 Perte de masse des matériaux.

6.2.3.1 Le feu transforme les combustibles et l'oxygène en produits de combustion, en chaleur et en lumière. Ce processus conduit à une perte de masse au niveau du combustible (consommation de matière). Au cours d'un incendie, les matières combustibles comme celles qui ne le sont pas, sont susceptibles de subir une perte de masse due aux phénomènes d'évaporation, de calcination, ou de sublimation.

6.2.3.2 On peut mesurer la perte de masse subie par un objet au cours d'un feu en comparant l'objet dégradé avec un objet identique non dégradé. A partir des bords et des surfaces des matières résiduelles, il est possible d'estimer la taille et la forme de l'objet avant le feu. On peut reconstituer les objets existants avant un incendie à partir de copies ou d'objets similaires n'ayant pas brûlé ou de schémas, plans, photographies, ou encore à partir du témoignage de personnes familières du site avant le sinistre.

6.2.3.3 La perte de masse des matières est souvent utilisée comme indicateur de la durée et de l'intensité du feu. Même si cette méthode est valable dans beaucoup de cas, elle ne convient toutefois pas à toutes les situations. La perte de masse résulte d'une combinaison complexe de paramètres dont les caractéristiques des matériaux et les conditions de l'incendie.

6.2.3.4 La vitesse de perte de masse varie en principe au cours de l'incendie. La vitesse de perte de masse dépend en général du flux thermique reçu par la surface des matériaux, de la vitesse de développement du feu, et de la puissance fournie par l'objet en feu. A mesure que le feu croît en dimension et en intensité, la vitesse de perte de masse augmente.

6.2.4 Carbonisation.

6.2.4.1 Introduction. On trouve potentiellement des matières carbonisées dans tous les feux de bâtiments. Soumis à des températures élevées, le bois se met à pyrolyser, ce qui correspond à un processus de décomposition chimique produisant des gaz, de la vapeur d'eau, et différents produits de pyrolyse formant des fumées. Le résidu solide restant est principalement composé de carbone. En formant du charbon, la matière se contracte, développant des fissures et des boursoufflures.

6.2.4.2 Carbonisation en surface. Soumises à la chaleur d'un incendie, la plupart des surfaces se décomposent. Le liant des peintures va carboniser et conduire au noircissement des surfaces peintes. Les papiers-peints et les surfaces en papier des plaques de plâtre vont carboniser à la chaleur. Les surfaces en vinyle ou autre plastique sur les murs, les sols, les tables, ou les comptoirs vont aussi se décolorer, fondre ou carboniser. Les surfaces en bois vont carboniser, mais, en raison du caractère fréquent de la carbonisation pour le bois, ce point est traité en détail à la section 6.2.4.5. Le degré de décoloration ou de carbonisation peut être comparé avec celui des zones voisines afin de déterminer la zone où l'échauffement a été le plus intense.

6.2.4.3 État de carbonisation. Dans le passé, la communauté des investigateurs incendie ont interprété l'état de la carbonisation et des fissures au delà de ce qui avait été réellement démontré par l'expérimentation. La présence d'importantes boursoufflures brillantes (effet crocodile) ne constitue aucunement la preuve qu'un accélérant liquide était présent au cours du feu, ou que le feu s'est développé rapidement ou qu'il a brûlé de façon intense. Ces boursoufflures sont susceptibles d'être retrouvées dans de nombreux types de feux différents. Rien ne justifie de faire le lien entre d'importantes boursoufflures curvilignes et la mise en œuvre d'un accélérant. La figure 6.2.4.3, présentant des planches de bois exposées au même feu, illustre la variabilité des boursoufflures de carbonisation.

6.2.4.3.1 On prétend parfois que l'état de surface des carbonisations, tel que le grisaillement, l'aspect terne, la couleur ou l'apparence sous lumière ultra-violette, est lié à la mise en œuvre d'un accélérant de type hydrocarbure, ou à la vitesse de développement du feu.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Il n'y a aucune preuve scientifique qu'une telle corrélation existe ; et il est conseillé aux investigateurs de ne pas conclure à la présence d'un accélérant ou à un développement de feu rapide sur la base de l'état de carbonisation.

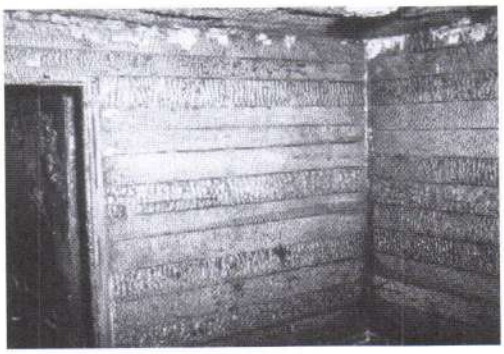


FIGURE 6.2.4.3 Variabilité des boursoufflures de carbonisation.

6.2.4.4* Vitesse de carbonisation du bois. La vitesse de carbonisation du bois égale à 2,54 cm (1 in.) en 45 minutes est basée sur une combustion sous ventilation limitée. La combustion peut être plus ou moins intense au cours d'un feu non maîtrisé par rapport à un feu de laboratoire dans des conditions contrôlées. La vitesse de carbonisation mesurée en laboratoire sur un échantillon exposé à la chaleur sur une face varie de 1 cm (0,4 in.) par heure à 25,4 cm (10 in.) par heure. Des précautions doivent être prises si l'on se base uniquement sur la profondeur de carbonisation pour évaluer la durée de combustion. Une présentation approfondie sur l'utilisation des mesures de la profondeur de la couche carbonisée est faite au chapitre 17.

6.2.4.4.1 La vitesse de carbonisation du bois dépend de différents paramètres, parmi lesquels on peut citer :

(1) Vitesse et durée de chauffage

(2) Effets de la ventilation

(3) Rapport entre surface externe et masse

(4) Direction, orientation et dimensions de la fibre du bois

(5) Essence du bois (pin, chêne, sapin, etc.)

(6) Masse volumique du bois

(7) Humidité

(8) Type de traitement de surface

(9) Concentration en oxygène dans les gaz chauds

(10) Vitesse des gaz au contact du bois

(11) Trous/fissures/crevasses et effets de bord sur le matériau

6.2.4.4.2 La vitesse de carbonisation et de combustion n'est en général pas liée à l'âge du bois à partir du moment où celui-ci a été séché. Le bois a tendance à se charger ou à perdre de l'humidité en fonction des conditions ambiantes de température et d'humidité. Aussi, un vieux bois sec n'est pas plus combustible qu'un bois récemment séché à l'étuve s'ils ont été tous deux exposés aux mêmes conditions ambiantes.

6.2.4.4.3 L'investigateur est averti qu'aucune durée de combustion précise ne peut être déterminée en se basant uniquement sur la profondeur de carbonisation.

6.2.4.5 Profondeur de carbonisation. L'analyse de la profondeur de carbonisation est plus fiable pour évaluer la propagation du feu, que pour déterminer des durées de combustion précises ou la quantité de chaleur émise par la combustion des matériaux au voisinage. La profondeur de carbonisation relative d'un endroit par rapport à un autre constitue la clé pour utiliser correctement ce principe, tout en identifiant les zones où les destructions ont été les plus importantes du fait de l'exposition, de la ventilation, ou de l'emplacement du combustible. L'investigateur peut ensuite en déduire la direction de la propagation du feu, grâce à la décroissance des profondeurs de carbonisation en s'éloignant de la source de chaleur.

6.2.4.6 Type de carbonisation. Par dessus tout, utiliser le type de carbonisation afin d'en déduire la nature des combustibles ayant participé au feu, devrait être réalisé en prenant soigneusement en compte tous les paramètres susceptibles d'avoir un effet sur la vitesse et la sévérité du feu.

6.2.5* Éclatement. L'éclatement se caractérise par une perte de matériau en surface se traduisant par de la fissuration, du bris, et de l'écaillage ou par la formation de cratères, sur le béton, la maçonnerie, la pierre ou la brique.

6.2.5.1 Éclatement causé par le feu. L'éclatement dû au feu correspond à la rupture des forces de cohésion en surface du matériau, elle-même causée par les changements de température qui créent des contraintes mécaniques au sein de ce matériau. On pense que ces contraintes résultent de l'un ou l'autre des phénomènes suivants *(voir figure 6.2.5.1)* :

(1) Humidité présente dans un béton pas encore sec

(2) Dilatation différentielle entre l'armature métallique et le béton autour

(3) Dilatation différentielle entre le liant d'une part et les granulats d'autre part (couramment des granulats à base de silicium)

(4) Dilatation différentielle entre la face exposée au feu et l'intérieur de la dalle

6.2.5.1.1* L'un des mécanismes de l'éclatement est la dilatation ou la contraction en surface alors que le reste du matériau se dilate ou se contracte à une vitesse différente ; on peut citer, par exemple, le refroidissement rapide par de l'eau d'un matériau qui a été chauffé.

6.2.5.1.2* Les zones éclatées peuvent apparaître d'une couleur plus claire que les zones adjacentes. Cet éclaircissement est susceptible de provenir de la mise à l'air de couches sous-jacentes propres. Les zones adjacentes peuvent aussi avoir tendance à noircir suite aux dépôts de fumée.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

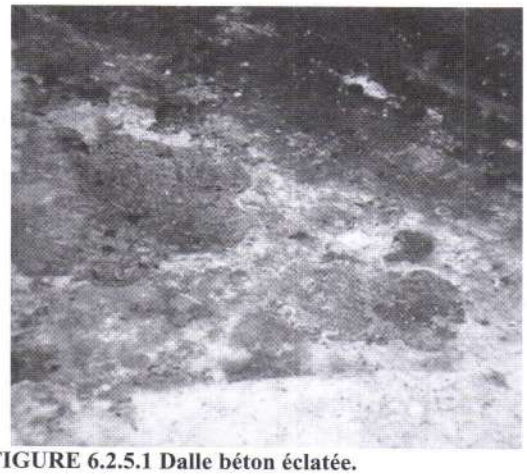


FIGURE 6.2.5.1 Dalle béton éclatée.



FIGURE 6.2.5.1.3 Éclatement au plafond.

6.2.5.1.3* La charge et les contraintes internes du matériau au moment du feu constituent également des paramètres susceptibles d'avoir une influence sur l'éclatement du béton. Les zones présentant un taux de charge ou de contrainte élevé, peuvent ne pas être situées à l'endroit du feu, aussi l'éclatement du béton sous une dalle de plafond ou une poutre peut ne pas se trouver directement au-dessus du lieu d'origine du feu. *(voir figure 6.2.5.1.3.)*

6.2.5.2 La présence ou l'absence d'éclatements sur une scène d'incendie, ne devrait pas, à elle seule, être interprétée comme un indicateur de la présence ou de l'absence d'un accélérant à base d'hydrocarbures liquides. La présence de liquide inflammable ne causera normalement pas d'éclatement sous la surface du liquide. Le développement de chaleur rapide et intense généré par un feu de liquide inflammable peut entraîner des éclatements sur les surfaces adjacentes, ou bien un feu secondaire peut provoquer de l'éclatement en surface après que le liquide inflammable ait complètement brûlé.

6.2.5.3 Éclatement non causé par le feu. Différents éléments peuvent être à l'origine de l'éclatement du béton ou d'une pièce de maçonnerie, comme la chaleur, le gel, les produits chimiques, l'abrasion, les déplacements mécaniques, les chocs, les contraintes brutales ou de fatigue. L'éclatement se produira plus facilement sur des fabrications bon marché ou sur des surfaces mal finies. L'éclatement étant susceptible d'avoir d'autres causes que le feu, l'investigateur devrait déterminer si l'éclatement existait avant l'incendie.

6.2.6* Oxydation. L'oxydation est la réaction chimique de base de la combustion. L'oxydation de matériaux non-combustibles peut créer des lignes de démarcation et des traces exploitables par l'investigateur incendie. A cet effet, on peut définir l'oxydation comme une combinaison avec l'oxygène, se produisant à haute température avec des matériaux tels que les métaux, la roche ou la terre. Le dépôt d'aérosols issus des fumées et contenant des composés acides peut conduire à l'oxydation de la surface des matériaux et à des traces interprétables. Les surfaces peuvent aussi se trouver oxydées par le contact avec les agents extincteurs chimiques qu'ils soient sous forme sèche ou humide. *(voir 6.2.10.)*

6.2.6.1 L'oxydation peut conduire à des modifications de la couleur ou de la texture. Plus la température est élevée et plus l'exposition est longue, plus les effets de l'oxydation seront prononcés. L'ampleur de l'oxydation qui se produit après l'incendie dépend de l'humidité ambiante et de la durée d'exposition.

6.2.6.2 Soumis à un chauffage modéré, la surface de l'acier galvanisé nu peut devenir blanc terne du fait de l'oxydation du traitement au zinc. Cette oxydation est également de nature à éliminer la protection anticorrosion amenée par le zinc. Si l'objet non protégé est laissé à l'humidité pendant quelques temps, il va rouiller, ce qui constitue une autre forme d'oxydation. On peut donc observer des traces de rouille à comparer avec de l'acier galvanisé non rouillé.

6.2.6.3 Lorsque du fer ou de l'acier non protégé sont oxydés au cours d'un feu, leur surface prend une couleur bleu-gris terne. A température élevée, le fer peut aussi se combiner à l'oxygène en donnant des oxydes noirs. D'épaisses couches d'oxydes, susceptibles de s'écailler, peuvent se former. Après l'incendie, si le métal a été mouillé, l'oxyde habituel de couleur rouille peut apparaître.

6.2.6.4* L'acier très oxydé peut présenter un aspect visuel proche de la fusion. Généralement, il n'est pas possible de déterminer uniquement par observation visuelle si l'acier a fondu. Pour déterminer si l'acier a fondu, il est nécessaire de réaliser un examen métallographique d'un échantillon de section d'acier décapé et poli.

6.2.6.5 Sur l'acier inoxydable, une oxydation modérée peut donner des franges colorées, et une oxydation sévère produira une couleur gris terne.

6.2.6.6 Lorsqu'il est exposé à la chaleur, le cuivre forme un oxyde rouge foncé ou noir. La couleur n'est pas significative. Ce qui est significatif est que l'oxydation peut former une ligne de démarcation. L'épaisseur de la couche d'oxyde dépend de la durée et de l'intensité de l'exposition à la chaleur. Plus le métal est chauffé, plus l'oxydation est grande.

6.2.6.7 Les roches et les terres, lorsqu'elles sont soumises à de très hautes températures, vont souvent changer de couleur, allant du jaunâtre au rouge.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

6.2.7* Changements de couleur. Les changements de couleur constituent une source d'information se rattachant à l'exposition des matériaux à différentes températures. Les sections précédentes ont déjà décrit les changements de couleur pour certains matériaux spécifiques. Cette section concerne les changements de couleur génériques qui s'appliquent à beaucoup d'autres matériaux. Les matières doivent leur couleur à l'absorption, la réflexion ou la transmission de la lumière.

6.2.7.1 La couleur est une propriété subjective à moins qu'elle ne soit mesurée quantitativement. Les personnes perçoivent et décrivent les couleurs différemment. L'intensité, la couleur et l'angle de la source de lumière ont un effet sur la manière dont un observateur interprète la couleur d'un objet. Les propriétés de surface de la matière affectent la perception de la couleur par un observateur. Par exemple, une voiture bleu foncé peut apparaître noire sous certains éclairages.

6.2.7.2 D'une manière générale, les changements de couleur peuvent être provoqués par de nombreuses causes sans lien avec le feu. Lorsque l'investigateur examine de prime abord, un indice de changement de couleur perçue, il devrait prendre en compte les paramètres d'influence avant et après le feu tels que l'exposition au soleil ou aux produits chimiques. Ces expositions peuvent entraîner des modifications chimiques au niveau des pigments ou de leurs additifs et altérer les couleurs initiales.

6.2.7.3 Un dépôt sur une surface transparente, telle que du verre, peut présenter une couleur différente de celle du même dépôt sur une surface opaque. Cet effet peut être observé en tenant une pellicule photo contre un mur. Elle peut sembler foncée voire noire, alors que la même pellicule tenue au dessus d'une source lumineuse, apparaîtra plus claire et l'image sera visible.

6.2.7.4 Les colorants des tissus peuvent subir des modifications de couleur après exposition à un incendie. Les tissus peuvent présenter des variations de couleur en allant d'une zone brûlée à une zone totalement intacte. Bien qu'un changement de couleur puisse généralement être relié à une exposition à la chaleur, il est difficile de réaliser une observation quantifiable sans connaître en détail le mode de dégradation du colorant.

6.2.8 Fusion des matériaux.

6.2.8.1 Généralités. La fusion d'une matière correspond à une modification physique causée par l'exposition à la chaleur. La frontière entre une zone fondue et une zone non fondue sur une matière fusible peut générer des courbes de niveau de chaleur et de température, constituant des démarcations que l'investigateur peut utiliser pour définir les traces du feu.

6.2.8.2 Beaucoup de matières solides ramollissent ou fondent par une augmentation de la température, allant de juste un peu au-dessus de la température ambiante jusqu'à des milliers de degrés. Chaque matériau possède une température ou une fourchette spécifique de fusion. *(voir Tableau 6.2.8.2.)*

Tableau 6.2.8.2 Températures approximatives de fusion de matériaux courants.

Matériau	Température de fusion °C	Température de fusion °F
Aluminium (alliage)[a]	566–650	1050–1200
Aluminium[b]	660	1220
Laiton (rouge)[a]	996	1825
Laiton (jaune)[a]	932	1710
Bronze (aluminium)[a]	982	1800
Fonte (grise)[b]	1350–1400	2460–2550
Fonte (blanche)[b]	1050–1100	1920–2010
Chrome[b]	1845	3350
Cuivre[b]	1082	1981
Briques à feu (isolantes)[b]	1638–1650	2980–3000
Verre[b]	593–1427	1100–2600
Or[b]	1063	1945
Fer[b]	1540	2802
Plomb[b]	327	621
Magnésium (alliage AZ31B)[a]	627	1160
Nickel[b]	1455	2651
Paraffine[b]	54	129
Plastiques (thermodurcissables)		
ABS[d]	88–125	190–257
Acryliques[d]	90–105	194–221
Nylon[d]	176–265	349–509
Polyéthylène[d]	122–135	251–275
Polystyrène[d]	120–160	248–320
Polychlorure de vinyle[d]	75–105	167–221
Platine[b]	1773	3224
Porcelaine[b]	1550	2820
Métal forgé[e]	300–400	562–752
Quartz (SiO_2)[b]	1682–1700	3060–3090
Argent[b]	960	1760
Brasure (étain)[b]	135–177	275–350
Acier (carbone)[a]	1516	2760
Acier (inox)[a]	1427	2600
Étain[b]	232	449
Cire (paraffine)[c]	49–75	120–167
Fer blanc	300–400	562–752
Zinc[b]	375	707

[a]Extrait de Lide, ed., Handbook of Chemistry and Physics.

[b]Extrait de Baumeister, Avallone, et Baumeister III, Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers.

[c]Extrait de NFPA Fire Protection Guide to Hazardous Materials.

[d]Extrait de McGraw-Hill, Plastics Handbook.

[e]Extrait de Gieck et Gieck, Engineering Formulas.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

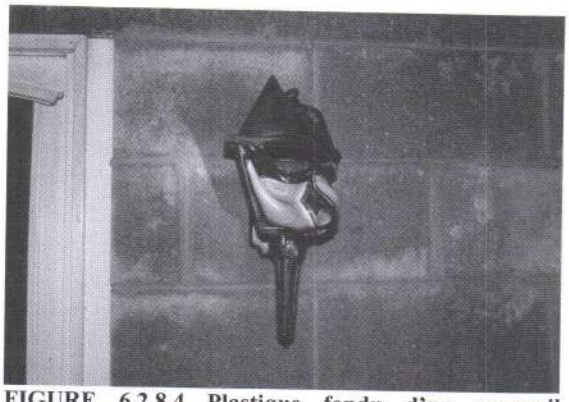


FIGURE 6.2.8.4 Plastique fondu d'un appareil électrique, indiquant un échauffement de la droite vers la gauche.

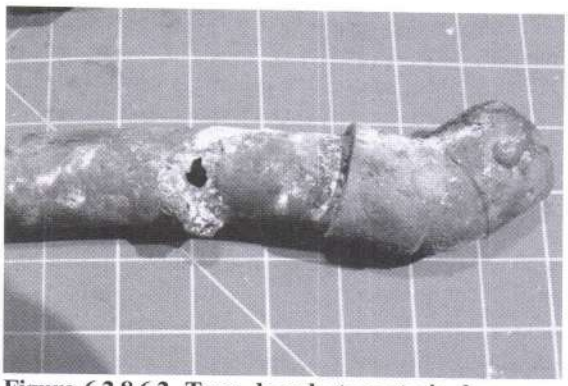


Figure 6.2.8.6.2. Trou dans la tuyauterie de gaz en cuivre provoquée par alliage. Quand l'aluminium fondu [température de fusion ~649°C (~1200°F)] a goutté sur le tuyau de cuivre [température de fonte ~1083°C (~1980°F)]



FIGURE 6.2.9.1 Poutrelles acier de type I, en charge, déformées sous l'action de la chaleur.



FIGURE 6.2.9.2 Dommages à un mur extérieur en briques causés par la dilatation thermique d'une poutre en I dans une cave.

6.2.8.3 Les températures de fusion des métaux courants s'échelonnent entre des températures aussi basses que 170°C (338°F) pour de la brasure jusqu'à des températures aussi élevées que 1460°C (2660°F) pour de l'acier. Lorsque l'on trouve des métaux ou des résidus de métaux dans les débris d'incendie, il est possible d'en déduire les températures atteintes au cours d'un incendie.

6.2.8.4 Les thermoplastiques ramollissent et fondent dans une gamme de température relativement basse d'environ 75°C (167°F) à près de 400°C (750°F). Aussi, la fusion des plastiques peut donner des indications sur la température, mais seulement s'il y a eu des gaz chauds et peu ou pas de flamme dans la zone. *(voir figure 6.2.8.4.)*

6.2.8.5 Le verre se ramollit souvent sur une plage de températures. Cependant, le verre peut fournir des informations utiles sur la température au cours d'un feu.

6.2.8.6* Alliages de métaux. La constitution d'alliages devrait être prise en compte au cours de l'analyse des échantillons de métaux après un incendie. La fusion de certains métaux peut parfois, ne pas résulter d'une température d'incendie supérieure à la température de fusion répertoriée pour ces métaux ; la formation d'un alliage peut être à l'origine de la fusion. Il s'agit du mélange d'au moins deux métaux, dans lequel au moins un des métaux est à l'état liquide, générant alors un alliage. Les métaux tels que le cuivre ou le fer (acier) peuvent être sujets à la formation d'alliages avec des métaux à plus bas point de fusion tels que l'aluminium, le zinc, ou le plomb. *(voir Tableau 6.2.8.2.)*

6.2.8.6.1* Pendant le feu, un métal ayant un point de fusion relativement bas peut ramollir ou fondre et entrer en contact avec d'autres métaux dont le point de fusion est supérieur à la température atteinte. Lorsqu'un métal à bas point de fusion, tel que le zinc, entre en contact avec la surface d'un métal ayant un point de fusion plus élevé tel que le cuivre, les deux métaux sont susceptibles de se combiner pour former un alliage zinc-cuivre (laiton) dont la température de fusion est inférieure à celle du cuivre. Dans de tels cas, il est souvent possible de distinguer le laiton de couleur jaune.

6.2.8.6.2* L'alliage ainsi formé aura un point de fusion inférieur, au point de fusion le plus élevé, des composants du mélange. Dans certains cas, le point de fusion de l'alliage sera inférieur à celui de tous ses composants.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

6.2.8.6.3* Lorsque des métaux ayant un point de fusion élevé sont retrouvés fondus du fait de la formation d'un alliage, ceci n'indique ni la présence d'accélérant, ni que des températures anormalement élevées aient été atteintes.

6.2.9* Dilatation thermique et déformation des matériaux. Beaucoup de matériaux voient leur forme changer de façon temporaire ou permanente au cours d'un incendie. Pratiquement tous les matériaux se dilatent lorsqu'ils sont chauffés. Cette dilatation est de nature à affecter l'intégrité des structures lorsqu'elles sont constituées de différents matériaux. Si l'un des matériaux se dilate plus qu'un autre au sein de la structure, la dilatation différentielle est susceptible d'entraîner la ruine de la structure. La déformation correspond à la modification de la forme d'un objet, indépendamment de la modification d'autres caractéristiques définie ailleurs dans ce chapitre. La déformation peut être la résultante de causes variées allant des effets thermiques aux effets mécaniques en passant par les effets chimiques. Avant de tirer des conclusions sur les flux thermiques à partir des déformations, l'investigateur devrait s'assurer, que la déformation est bien une conséquence de l'incendie, et n'a pas d'autre origine

6.2.9.1 La flexion et le flambage (déformations) des poutres et poteaux métalliques se produisent lorsque la température de l'acier dépasse des températures de l'ordre de 538°C (1000°F). A température élevée, l'acier perd progressivement ses propriétés mécaniques. Lors d'une exposition à un incendie important, la charge nécessaire à la déformation, se trouve réduite. La déformation ne résulte pas de la fusion. Un élément qui s'est déformé n'est pas un élément qui a fondu au cours de l'incendie, aussi l'observation de telles déformations n'indique pas que le matériau ait été chauffé au-dessus de sa température de fusion. Au contraire, l'observation d'un élément déformé, par opposition à un élément fondu, renseigne sur le fait que la température du matériau n'a pas dépassé sa température de fusion. La dilatation thermique peut aussi être responsable de la flexion des poutres si les extrémités des poutres sont des appuis fixes. *(voir figure 6.2.9.1.)*

6.2.9.2 Éléments de construction métalliques. Les montants, poutres, poteaux, et éléments de construction qui sont en métal à haut point de fusion, tel que l'acier, sont susceptibles de se déformer sous l'action de la chaleur. Plus le coefficient de dilatation thermique du métal est élevé, plus ce métal est enclin à se déformer à la chaleur. L'ampleur et la localisation des distorsions dans une construction métallique peuvent indiquer quelles zones ont été chauffées à des températures plus élevées ou plus longtemps. Dans certains cas, l'allongement des poutres peut occasionner des dommages aux murs, comme montré à la figure 6.2.9.2. Cette photo démontre que la poutre à l'intérieur de la cave a été chauffée pendant l'incendie au-dessus des températures ambiantes normales, ce qui a conduit à la dilation de la poutre. L'augmentation de la longueur de la poutre a poussé les briques en dehors de leur logement, causant des dommages au mur. Après l'incendie, une fois la poutre refroidie, celle-ci a pu retrouver approximativement sa longueur d'avant le feu, mais les dommages au mur sont restés et peuvent être observés comme preuve de la dilatation de la poutre.

6.2.9.3 Les tuyauteries et particulièrement les systèmes de fixation de ces tuyauteries sont susceptibles de se déformer au cours d'un incendie. On peut souvent considérer ces déformations comme des évènements à sens unique lorsqu'une fixation, même après refroidissement complet, ne reprend pas sa forme et ses dimensions initiales. Par exemple, après un feu, un coude vissé peut devenir lâche par rapport au tuyau auquel il était initialement raccordé. Du fait des contraintes de compression et de traction au niveau du raccord et de l'exposition à la chaleur, suivie du refroidissement subis par le raccord, le coude, qui était un raccord étanche avant le feu peut devenir lâche après le feu. Ce défaut d'étanchéité résulte de l'impossibilité pour le coude à retrouver les dimensions qu'il avait avant le feu, même après refroidissement complet. Il conviendrait de porter une certaine attention aux matériaux divers utilisés pour les joints au niveau des raccords de tuyauterie.

6.2.9.4 Les surfaces plâtrées sont également sujettes à la dilatation thermique. Chauffées localement, des portions de mur ou de plafond plâtrées peuvent se dilater et se séparer du support en lattes. En plus de la désagrégation du plâtre sur les lattes, les produits des joints, les bandes de joints et les joints sur les plaques de plâtre sont susceptibles de tomber.

6.2.10* Dépôt de suie sur les surfaces. La fumée contient des particules, des aérosols liquides et des gaz. Ces particules et aérosols liquides sont en mouvement et peuvent, après collision, adhérer à une surface. Au cours du temps, elles peuvent aussi sédimenter et se déposer. Les combustibles carbonés génèrent des particules principalement composées de carbone (suie). Les produits pétroliers et la plupart des plastiques sont généralement de gros producteurs de suies. Lorsque les flammes touchent les murs et les plafonds, les particules et les aérosols vont en général se déposer. Les dépôts de fumée peuvent s'accumuler sur les surfaces par sédimentation et déposition.

6.2.10.1 Les dépôts de fumée peuvent se former sur les surfaces plus froides d'un bâtiment ou de son contenu, souvent sur les parties supérieures des murs dans les pièces adjacentes à celle du feu. Les condensats des fumées peuvent être humides et collants, fins ou épais, ou secs et résineux. Les fumées, en particulier celles produites par les feux couvants, ont tendance à condenser sur les murs, sur les fenêtres ou sur toute autre surface froide.

6.2.10.2 Il conviendrait de prendre note que la couleur et la texture des dépôts de fumée ne fournissent aucune information sur la nature du combustible ou la puissance du feu. L'analyse chimique des dépôts

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

de fumée peut révéler la nature du combustible. Par exemple, la fumée émise par les bougies peut contenir de la cire de paraffines, et la fumée de cigarette de la nicotine.

6.2.10.3* Augmentation des dépôts de suie (agglomération acoustique) sur les sirènes des détecteurs de fumée. Dans de nombreux cas, la nature des dépôts de suie sur certaines surfaces des sirènes des détecteurs de fumée mono ou multipoints, peut indiquer si la sirène a retenti ou non au cours d'un incendie. L'augmentation des dépôts de suie (agglomération acoustique de la suie) est un phénomène suivant lequel les particules de suie contenues dans la fumée forment des traces identifiables sur certaines surfaces des sirènes des détecteurs de fumée comme les surfaces internes et externes du boîtier de la sirène près des bords de la sortie de l'avertisseur, les bords et la sortie du boîtier intérieur de l'avertisseur s'il en existe un, et les surfaces des disques mêmes de l'avertisseur. [Voir les figures 6.2.10.3(a) à 6.2.10.3(d).]

6.2.10.3.1 Les investigateurs sur site devrait avoir connaissance de l'importance des sirènes des détecteurs de fumée qui sont susceptibles de présenter les indices matériels du déclenchement de l'alarme et réaliser des constats, et des enregistrements plus détaillés ainsi que les prélèvements de tels indices.

6.2.10.3.2 Les indices de l'augmentation des dépôts de suie par agglomération acoustique peuvent être fragiles et facilement endommagés ou balayés par une manipulation ou un emballage peu soigneux de la ou des alarmes en question. Il faudrait faire attention de ne pas abîmer tout dépôt de suie suspect.

6.2.10.3.3 Les indices de l'augmentation des dépôts de suie par agglomération acoustique sur les sirènes des détecteurs de fumée peuvent être subtils et parfois difficiles à identifier. Leur analyse peut nécessiter un examen au microscope.

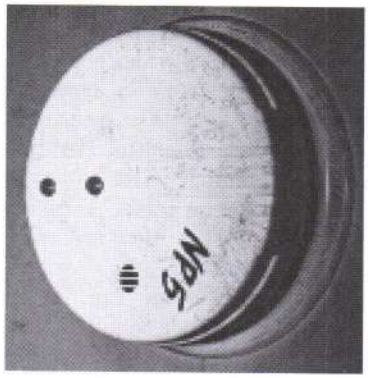


FIGURE 6.2.10.3(a) Détecteur de fumée non-alimenté (pas en fonctionnement) après exposition à une atmosphère riche en suies.

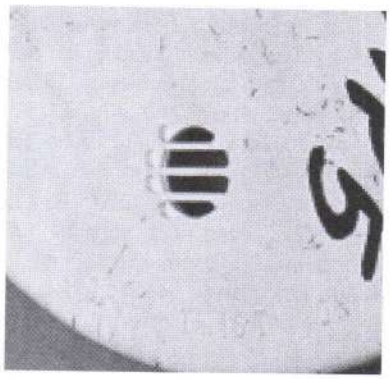


FIGURE 6.2.10.3(b) Gros plan de la partie externe de la sirène (son) du détecteur de fumée non-alimenté présenté sur la figure 6.2.10.3(a) après exposition à une atmosphère riche en suies ; aucune augmentation des dépôts de suie n'est visible.

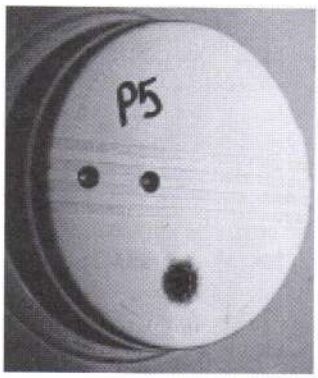


FIGURE 6.2.10.3(c) Détecteur de fumée identique mais alimenté (en fonctionnement) après exposition à la même atmosphère riche en suies que les détecteurs de fumée des figures 6.2.10.3(a) et 6.2.10.3(b), présentant une augmentation typique du dépôt de suie.

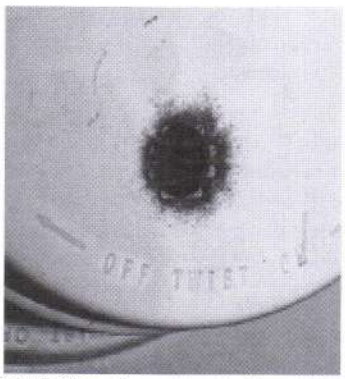


FIGURE 6.2.10.3(d) Gros plan de la partie externe de la sirène (son) du détecteur de fumée alimenté montré sur la figure 6.2.10.3(c) après exposition à une atmosphère riche en suies, présentant une augmentation typique du dépôt de suie.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

6.2.10.3.4 Les détecteurs d'incendie ne devraient être prélevés en tant qu'indices qu'après qu'ils aient été photographiés à leur emplacement d'origine. Il ne faudrait pas modifier leur état en les mettant sous tension, en retirant ou en mettant des batteries, ou en appuyant sur le bouton de test. Pour les détecteurs qui se trouvent encore sur un mur ou un plafond, il faudrait les préserver en l'état avec leur support, leur boîtier électrique, et leurs connexions avec les câbles. Il peut être nécessaire de prélever une portion des matériaux constituant le mur avec le détecteur pour conserver celui-ci en l'état ainsi que toutes les connexions électriques..

6.2.10.3.5 Les investigateurs devraient garder à l'esprit que les dépôts de fumée par agglomération acoustique sont persistants. La présence de ces dépôts n'indique pas nécessairement quand ils se sont produits, en l'absence de toute autre information.

6.2.11 Nettoyage par combustion. Le nettoyage par combustion est un phénomène qui se produit sur les surfaces incombustibles lorsque les suies et les condensats des fumées, qui devraient normalement se trouver déposés sur les surfaces, disparaissent par combustion. Ceci conduit à une zone propre jouxtant les zones noircies par les produits de combustion, comme montré sur la figure 6.2.11. Le nettoyage par combustion est produit le plus souvent par contact direct de flamme ou par rayonnement thermique intense. Les traces de fumée déposées sur les surfaces sont susceptibles de s'oxyder. Le revêtement en papier carbonisé des plaques de plâtre, les dépôts de suies, les peintures peuvent être oxydées par l'exposition à une flamme constante. Le carbone en s'oxydant, va se transformer en gaz et disparaître de la surface.

6.2.11.1 Bien qu'elles soient le témoin d'une zone d'échauffement intense, les zones nettoyées par combustion ne sont pas nécessairement, en elles-mêmes, indicatrices du lieu d'origine. L'investigateur peut utiliser les lignes de démarcation entre les zones nettoyées par combustion et les zones noircies afin de déterminer la direction de la propagation du feu ou les différences d'intensité du feu ou la durée de combustion.

6.2.11.2 L'investigateur devrait faire attention à ne pas confondre les zones nettoyées par combustion avec le phénomène d'éclatement. Le nettoyage par combustion ne présente pas de perte de matériau en surface, qui est une caractéristique de l'éclatement des matériaux.

6.2.12* Calcination.

6.2.12.1 Généralités. Les investigateurs incendie emploient le terme de calcination pour décrire les nombreuses modifications physico-chimiques qui se produisent à la surface des plaques de plâtre au cours d'un incendie. La calcination d'une plaque de plâtre implique la libération de l'eau libre et de l'eau chimiquement liée contenue dans le gypse ainsi que d'autres modifications physico-chimiques subies par le gypse lui-même. La calcination induit la conversion chimique du gypse en anhydrite, autre composé minéral. Une plaque de plâtre calcinée est moins dense qu'une plaque de plâtre non calcinée. Plus la calcination est profonde dans la plaque de plâtre, plus l'exposition totale à la chaleur a été importante (flux thermique et durée).



FIGURE 6.2.11 Nettoyage par combustion à la surface d'un mur.

6.2.12.1.1 Le comportement à la chaleur des plaques de plâtre est prévisible. Tout d'abord la surface en papier va carboniser et pourra aussi brûler. Du côté exposé au feu, le plâtre change de couleur du fait de la pyrolyse du liant organique et du fluidifiant ajoutés au gypse. En chauffant d'avantage, le changement de couleur va se produire sur l'épaisseur de la plaque et la surface en papier au dos de la plaque va carboniser. La face exposée au feu va blanchir lorsque le carbone en surface aura brûlé (nettoyage par combustion). Quand toute l'épaisseur de la plaque de plâtre a blanchi, il n'y a plus de papier sur aucune des faces, et le gypse est chimiquement déshydraté et transformé en un solide plus friable et moins dense. Une telle plaque est susceptible de demeurer sur un mur vertical mais plus souvent va se séparer de la surface surchauffée, en particulier si la plaque a absorbé de grandes quantités d'eau d'extinction ou d'eau de pluie. Les plaques de plâtre ayant un comportement au feu amélioré contiennent des fibres minérales ou des particules de vermiculite mélangées au gypse afin de conserver leurs propriétés mécaniques, même soumises au feu. Les fibres confèrent de la résistance mécanique à la plaque de plâtre, même en cas de calcination totale.

6.2.12.1.2 On peut observer des modifications de couleur autres que des nuances de gris, après exposition au feu des plaques de plâtre murales. La couleur en

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

elle-même ne présente pas d'intérêt pour l'investigateur incendie. Toutefois, des différences de couleur peuvent permettre d'observer des lignes de démarcation.

6.2.12.1.3* La différence entre les zones calcinées et les zones non calcinées peut aussi permettre de visualiser des lignes de démarcation à la surface des plaques de plâtre. Au cours du processus de calcination, la perte de masse significative ainsi que la diminution de la densité qui en résulte se produisent au sein de la portion de plâtre calciné. On peut réaliser des mesures de profondeur de calcination afin de relever des traces non visibles à la surface. Voir 17.4.4.

6.2.12.2 Informations générales fournies par la calcination. La calcination des plaques de plâtre constitue un indicateur de l'exposition à la chaleur subie par ce matériau. Les zones d'exposition à la chaleur la plus intense peuvent être mises en évidence à la fois par l'aspect visuel et par la profondeur de calcination. Les différences relatives de couleur et de profondeur de calcination d'un point à un autre peuvent servir d'indicateur afin de déterminer les zones de plus ou moins grande exposition à la chaleur du fait des différents paramètres du feu tels que le lieu d'origine, la ventilation, et la charge calorifique.

6.2.13* Vitres des fenêtres. De nombreuses publications lient le scénario de développement du feu ou les combustibles en jeu avec le type de bris ou de dépôt présents sur les vitres des fenêtres. Plusieurs paramètres ont une influence sur l'état d'une vitre après un incendie, comme la nature et l'épaisseur du verre, la vitesse d'échauffement, le degré d'isolation au niveau des bords du vitrage du fait du mode de pose, le niveau de contrainte amené par le cadre de la fenêtre, le scénario de contact de la flamme sur la vitre, et le scénario de refroidissement.

6.2.13.1 Bris de verre. Si une vitre en verre est montée dans un cadre qui protège les bords de la vitre du rayonnement thermique du feu, une différence de température s'établit entre la partie de la vitre non protégée et les bords protégés. Des travaux de recherche expérimentale ont permis d'estimer qu'une différence de température d'environ 70°C (126°F) entre le centre de la vitre et les bords protégés peut générer des fissures prenant naissance à partir du bord de la vitre. Les brisures se présentent comme des lignes lisses et courbes susceptibles de se propager et de se rejoindre. Selon le degré de fissuration, la vitre peut ou ne peut pas tomber du cadre.

6.2.13.1.1 Si aucun des bords d'une vitre en verre n'est protégé du rayonnement thermique émis par le feu, le verre se brisera à une différence de température plus élevée. Là aussi, les travaux de recherche laissent penser que moins de fissures sont formées, et que la vitre a plus de chances de rester en place.

6.2.13.1.2 Une vitre qui reçoit un impact mécanique présente un schéma caractéristique de bris en toile d'araignée. Les fissures seront nombreuses et auront la forme de segments de droites. La vitre peut avoir été brisée avant, pendant ou après l'incendie.

6.2.13.1.3 Si une flamme entre en contact avec l'un des côtés de la vitre alors que l'autre côté reste relativement froid, une contrainte peut s'établir entre les deux faces, et le verre peut se briser entre ces deux faces.

6.2.13.1.4 On dit qu'une vitre se craquèle lorsqu'il se forme un réseau compliqué de petites fissures dans le verre. Ces craquelures peuvent être droites ou incurvées, et peuvent ou non traverser l'épaisseur du verre. On a souvent dit que les craquelures résultaient d'un échauffement très rapide d'un seul côté du verre pendant que l'autre restait froid. Bien que cette croyance ait fait l'objet de nombreuses publications, elle n'a aucun fondement scientifique. En fait, les recherches qui ont été publiées, ont montré que les craquelures ne peuvent pas être causées par un échauffement rapide mais peuvent seulement être causées par un refroidissement rapide. Quelle que soit sa rapidité d'échauffement, le verre chaud craquèle de manière reproductible lorsqu'il est arrosé avec de l'eau. *(voir figure 6.2.13.1.4.)*

6.2.13.1.5 Parfois, avec les vitres de petites dimensions, la dilatation différentielle entre les faces exposées et non exposées peut faire sauter la vitre de son cadre.

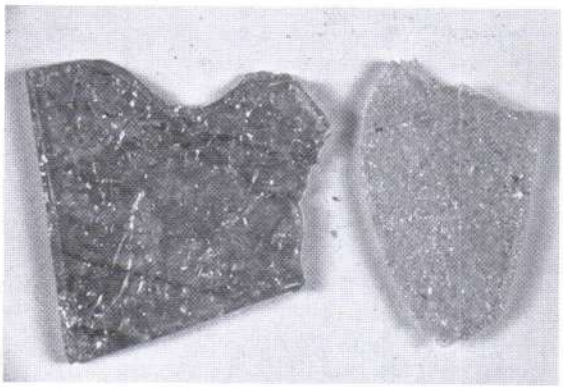


FIGURE 6.2.13.1.4 Vitre d'une fenêtre craquelée.

6.2.13.1.6 La surpression due au feu à l'intérieur d'un bâtiment n'est pas suffisante pour briser la vitre d'une fenêtre ou pour la faire sauter de son cadre. Les surpressions nécessaires à briser du verre à vitre ordinaire sont de l'ordre de 2,07 kPa à 6,90 kPa (0,3 psi à 1,0 psi), alors que les surpressions causées par le feu sont de l'ordre de 0,014 kPa à 0,028 kPa (0,002 psi à 0,004 psi). Lorsqu'un phénomène générateur de surpression s'est produit - tel qu'une déflagration, un backdraft, ou une détonation - on trouve les bris de verre de la vitre cassée en raison de la surpression à une certaine distance de la fenêtre. Par exemple, une surpression de 10,3 kPa (1,5 psi) peut projeter des fragments à une distance de 30,3 m (100 ft).

6.2.13.1.7 Il est conseillé à l'investigateur de faire attention à ne pas tirer de conclusion uniquement sur la morphologie des bris de verre. On a déjà relevé sur les vitres adjacentes à la fois des craquelures et des fissures longues, lisses et curvilignes.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

6.2.13.2 Verre trempé.

6.2.13.2.1 Le verre trempé, lorsqu'il se casse suite à l'échauffement par le feu ou lorsqu'il explose, se brise en de nombreux débris de forme cubique. Il ne faudrait pas confondre de tels fragments avec des bris de verre craquelé. Les fragments de verre trempé ont une configuration plus uniforme que les fragments, issus des réseaux compliqués des craquelures.

6.2.13.2.2 On trouve généralement du verre trempé pour des applications où le risque de bris est un facteur important, telles que les cabines de douches, les portes-fenêtres, les écrans de téléviseurs, les véhicules à moteur et dans différents bâtiments publics ou commerciaux.

6.2.13.3 Salissure du verre.

6.2.13.3.1 Les débris de verre, qui ne comportent pas de dépôt de suies ou de condensats peuvent avoir été chauffés rapidement, brisés tôt dans le déroulement de l'incendie, brisés avant le feu, ou soumis à un contact direct de flamme. La proximité de la vitre d'une source de chaleur et d'une ventilation constitue un paramètre pouvant affecter le niveau de salissure.

6.2.13.3.2 La présence d'un dépôt de suies épais et huileux sur le verre contenant des résidus d'hydrocarbures a souvent été interprétée comme la preuve de la présence ou de l'utilisation d'un accélérant liquide. De telles salissures peuvent aussi provenir de la combustion incomplète d'autres combustibles tels que le bois et le plastique et ne devraient pas être interprétées comme provenant d'un accélérant.

6.2.14* Affaissement des ressorts du mobilier. L'affaissement des ressorts du mobilier peut être source d'énigmes sur la direction, la durée, ou l'intensité du feu pour l'investigateur. Cependant, la perte d'élasticité des ressorts du mobilier ne peut pas fournir d'information sur l'exposition à un certain type de chaleur ou de source d'ignition, tels qu'une inflammation couvante ou la présence d'un liquide inflammable. Des résultats d'essais de laboratoire montrent que le recuit subi par le ressort et la perte des propriétés mécaniques (résistance à la traction) consécutive au recuit dépend du mode d'échauffement. Ces essais montrent qu'un échauffement court à haute température et qu'un échauffement long à température modérée au-dessus de 400°C (750°F) sont susceptibles d'occasionner une perte de résistance à la traction et l'affaissement des ressorts. Les essais ont aussi montré que si les ressorts sont soumis à une charge ou supportent une masse, alors que s'ils sont chauffés, la perte de résistance à la traction est augmentée.

6.2.14.1 L'utilité de l'analyse des ressorts du mobilier réside dans la comparaison avec les ressorts des matelas, des coussins ou des sommiers d'autres zones. L'analyse comparative des ressorts peut aider l'investigateur à formuler des hypothèses sur l'exposition relative à une source de chaleur particulière. Par exemple, si d'un côté les ressorts d'un coussin ou d'un matelas ont perdu leur tension, et que de l'autre côté ils ne l'ont pas perdu, alors il est possible d'émettre des hypothèses quant à la localisation du foyer. Ces hypothèses devraient prendre en compte d'autres conditions, d'autres effets (tels que la ventilation), et d'autre indices sur site concernant la durée ou l'intensité du feu, le lieu d'origine, la direction de la propagation de la chaleur, ou la proximité relative de la source de chaleur. L'investigateur devrait aussi considérer que la literie, les oreillers et les coussins peuvent protéger les ressorts, ou fournir une charge calorifique supplémentaire. La zone avec perte de tension sur les ressorts peut indiquer une exposition à la chaleur plus importante par rapport aux zones sans perte de tension. L'investigateur devrait également prendre en compte l'état des ressorts avant le sinistre.

6.2.15 Ampoules électriques déformées. Les ampoules à incandescence sont parfois susceptibles de montrer la direction du flux de chaleur. Lorsque le côté d'une ampoule face à une source de chaleur s'échauffe et ramollit, les gaz contenus dans une ampoule de puissance supérieure à 25 W sont susceptibles de se dilater et de diffuser à travers le verre ramolli. On dit souvent, bien que ce ne soit pas justifié, que l'ampoule est aspirée par le feu, alors que ce phénomène est en réalité une conséquence de la pression interne. La portion de l'ampoule qui est aspirée ou gonflée se dirige vers la source de chaleur, comme présenté à la figure 6.2.15.

6.2.15.1 Les ampoules de 25 W ou moins, parce qu'elles contiennent un espace vide, sont aspirées vers l'intérieur du côté où se situe la source de chaleur.

6.2.15.2 Il arrive souvent que ces ampoules électriques résistent aux opérations d'extinction ; elles peuvent alors être utilisées par l'investigateur pour déterminer la direction de propagation du feu. Lorsqu'il analyse une ampoule électrique déformée, l'investigateur devrait vérifier que l'ampoule n'a pas été tournée dans le culot ou que le culot lui-même n'a pas tourné, les liaisons pouvant être devenues lâches au cours du feu ou après le feu.

6.2.16 Effet arc-en-ciel. Les substances huileuses, qui ne sont pas miscibles avec l'eau, flottent et créent des images provenant de la diffraction de la lumière, à la surface de l'eau. Ceci génère un arc-en-ciel ou donne un aspect luisant. Ces effets arc-en-ciel sont courants sur les scènes d'incendie. Même si les liquides inflammables génèrent des effets arc-en-ciel, on ne devrait pas interpréter un tel effet comme un indice de la présence d'un liquide inflammable, sauf si cela a été confirmé par un laboratoire d'analyses. Les matériaux de construction, tels que le bitume, les plastiques et le bois, génèrent des substances huileuses lors de leur pyrolyse, créant ainsi des effets arc-en-ciel.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

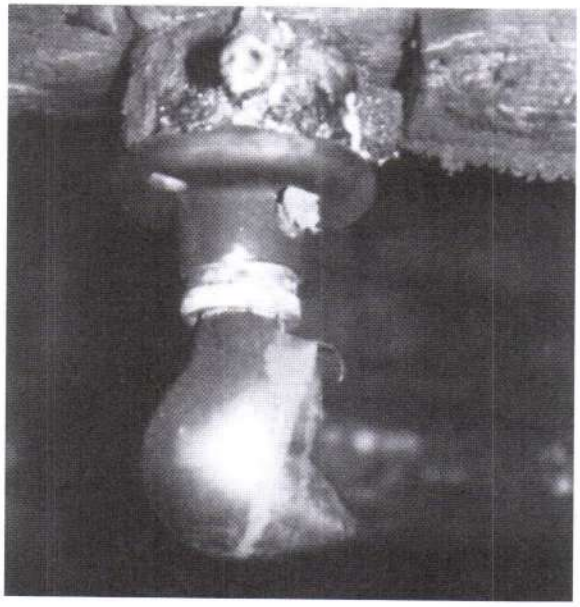


FIGURE 6.2.15 Une ampoule typiquement « aspirée » indiquant que la source de chaleur se trouvait du côté droit.

6.2.17* Atteintes aux personnes. Le corps humain réagit suite à une exposition à la chaleur ou au feu. La peau, la graisse, les muscles et les os développent une réponse séquentielle lors d'une telle exposition à la chaleur. Même les corps ayant été victimes de blessures lourdes peuvent être examinés afin de déterminer la position du corps, l'orientation par rapport à la source de chaleur, et les différences en matière d'exposition ou de protection qui pourraient être corrélées avec les traces laissées par le feu sur le corps ou sur la scène d'incendie.

6.2.17.1 La peau peut changer de couleur ou d'apparence physique, et elle peut brûler. Les modifications de couleur peuvent varier du rougissement jusqu'au noircissement lié à la carbonisation. La peau peut se tendre, rétrécir et se déchirer. Les crevasses sur la peau, résultant d'une exposition au feu, sont superficielles et se distinguent des blessures traumatiques pénétrantes qui créent des déformations et des gonflements le long du sillon blessé. La peau peut former des cloques que l'exposition soit prémortem ou postmortem.

6.2.17.2 Les graisses corporelles peuvent fondre et brûler comme un combustible liquide. La combustion de la graisse corporelle nécessite en principe la présence d'une matière poreuse servant de mèche telle que les produits cellulosiques, le bois, les tapis ou toute autre matière absorbante et/ou carbonisée.

6.2.17.3 Les muscles peuvent changer de forme, carboniser ou brûler. La chaleur cause la déshydratation et le raccourcissement des tendons et des muscles. Les muscles fléchisseurs importants tels que les biceps dans le bras ou les quadriceps dans la jambe, raccourcissent et se contractent, causant une position corporelle connue sous le nom de position du fœtus. Les muscles plus courts du thorax engendrent la courbure du cou et du dos. La position du fœtus constitue une réponse commune postmortem des muscles à la sollicitation thermique, et n'est pas représentative d'une éventuelle réponse comportementale à des évènements s'étant produit avant ou pendant l'incendie. Un écart par rapport à la position du fœtus devrait être mis en relation avec la scène d'incendie afin de définir si des circonstances telles que la chute de débris, l'incarcération ou la position du corps (par exemple, dans les accidents de véhicules à moteur, le corps peut être coincé par le tableau de bord ou le volant) sont susceptibles d'avoir empêché le corps de prendre la position du fœtus. Une autre explication pourrait concerner une tentative criminelle avec entrave du corps (mains derrière le dos, liens, blessures traumatiques préexistantes, démembrement, etc.), conditions qui empêchent ou modifient la position du fœtus attendue. Les tissus humains constituent un combustible supplémentaire capable de continuer à brûler après que les matériaux environnants se soient spontanément éteints.

6.2.17.4 Au cours d'un incendie, les os peuvent changer de couleur et de composition, carboniser et se fragmenter. Le changement de couleur des os est lié à la pyrolyse et ne constitue pas un indicateur de la température au cours de l'incendie. Après combustion des composés organiques, les os peuvent subir une calcination. On peut retrouver les petits os des extrémités tels que ceux des pieds, des mains, des doigts ou des orteils, consumés. Toutefois, ces petits os ont pu tomber ou se fragmenter lorsque les tissus environnants ont brûlé. En conséquence, il faudrait tamiser les débris autour et sous le corps afin d'essayer de retrouver les petits os et les fragments.

6.2.17.5 Le crâne peut présenter un aspect fragmenté ou fracturé, qu'il y ait ou non préexistence d'une blessure traumatique. Cet aspect fragmenté a pu être causé par différents évènements ; la combustion de la matière organique qui rend l'os cassant, un traumatisme, l'impact du jet de la lance d'incendie d'un pompier sur le corps, la projection de débris, la chute verticale du corps à travers un meuble, un plancher ou un étage, ou le déplacement du corps après l'incendie. Avant de la bouger, la tête devrait être stabilisée, et/ou un sac de protection ou un emballage devrait être placé autour de la tête afin de minimiser le risque de perte d'autres fragments d'os. Les fragments supplémentaires d'os crâniens trouvés autour de la tête ou du corps devraient être prélevés, car ils sont susceptibles de contenir des indices de blessures traumatiques causées par un tir d'arme à feu, un objet contondant, ou un objet tranchant. L'analyse de ces restes par les spécialistes des sciences légales est nécessaire pour déterminer la cause de la mort. Tous les fragments de crâne et les dents devraient être prélevés.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

6.2.17.6 Le corps fait partie des indices et devrait être examiné dans le contexte de la scène originelle, lorsque c'est réalisable. Un corps se différencie des autres matières dans un incendie, par le fait que la victime exposée au feu a pu volontairement bouger ou changer de position avant de mourir. L'investigateur devrait soigneusement enregistrer les données relatives à la localisation, l'orientation et l'état du corps. Le lien entre la victime et les autres objets ou victimes devrait être enregistré. Il conviendrait de relever les informations sur la zone autour de la victime, telles que les combustibles significatifs ou les éléments effondrés qui auraient pu prolonger la combustion, constituer un écran de protection contre le feu ou endommager le corps par impact.

6.2.17.7 Les rapports d'autopsie et les photographies fournissent des informations utiles concernant les blessures par brûlures. Si possible, l'investigateur incendie devrait assister à l'autopsie, car certains effets du feu qui pourraient être significatifs pour l'investigateur incendie, pourraient ne pas l'être pour le légiste qui examine le corps afin de déterminer la cause et les conditions du décès. L'autopsie peut fournir l'opportunité de réaliser de meilleurs examens et enregistrements sur les effets du feu sur le corps. L'investigateur peut corréler les constats lors de l'autopsie avec les traces de combustion sur la scène d'incendie.

6.2.17.8 Les variables individuelles, dépendant des victimes telles que l'âge, le poids, et l'état de santé peuvent avoir une influence sur la façon dont le corps brûle et sur ce qui reste après. Chez les nourrissons et les enfants, les os se développent, et il existe des os supplémentaires, qui plus tard se soudent pour former un os d'adulte. Les os des jeunes, en cours de croissance, sont moins denses et peuvent être plus fragiles et plus vulnérables que les os adultes. Les os adultes sont plus denses et résistent mieux à la fragmentation au cours d'un incendie. La densité des os des individus plus âgés diminue avec l'âge (ostéoporose), et leurs os se trouvent plus facilement fragmentés du fait de la chaleur. Les personnes obèses ont de plus grandes quantités de graisse que les personnes minces ou maigres, ce qui apporte davantage de combustible pour brûler leur corps.

6.2.17.9 Il faudrait également enregistrer aussi vite que possible les informations relatives aux victimes qui survivent après un incendie mais qui sont blessées. Ce qu'elles ont fait par rapport au feu, leurs vêtements, leurs blessures, toutes ces informations devraient être enregistrées. Les interrogatoires et les photographies des blessures et des vêtements peuvent constituer des informations immédiatement disponibles. Le rapport du médecin pourra être plus difficile à obtenir plus tard.

6.3 Traces laissées par le feu.

Les traces laissées par le feu sont des changements physiques visibles ou mesurables, ou des configurations identifiables qui se sont formés à la suite d'un ou plusieurs des effets du feu.

6.3.1 Introduction. Les effets produits par le feu, sont les connaissances, sur lesquelles l'investigateur se base pour identifier les traces que le feu a laissées. Les circonstances des feux sont différentes les unes des autres, en raison des différences au niveau des dispositions constructives, de la charge calorifique, des sources d'ignition, des écoulements d'air, de la ventilation et de nombreux autres paramètres. En conséquence, la présentation qui suit ne peut pas couvrir toute la palette envisageable de traces laissées par le feu et de leurs modes de production. Les principes de base sont exposés, et il appartient à l'investigateur de les appliquer au sinistre incendie sur lequel il doit mener des investigations.

6.3.1.1 Dynamique de production des traces. La reconnaissance, l'identification, et l'analyse appropriée des traces laissées par le feu, dépendent de la compréhension qu'a l'investigateur de la dynamique de développement du feu et de la propagation de la flamme et de la chaleur. Il est également nécessaire de comprendre comment la conduction, la convection et le rayonnement produisent ce qu'on appelle les effets du feu, ainsi que le type de flamme et les mouvements de chaleur et de fumée à l'intérieur d'un bâtiment. *(voir Chapitre 5.)*

6.3.1.2 Lignes ou zones de démarcation. Les lignes ou zones de démarcation sont les frontières qui matérialisent les différences au niveau des effets de la chaleur et de la fumée sur différents éléments. Elles séparent la zone affectée et les zones adjacentes, moins affectées.

6.3.1.2.1 La génération de lignes et zones de démarcation dépend d'une combinaison de paramètres ; le matériau lui-même, la puissance du feu, les opérations d'extinction, la température de la source de chaleur, la ventilation et la durée d'exposition du matériau à la chaleur. Par exemple, un mur en bois peut présenter les mêmes traces d'exposition à la chaleur que la température de la source de chaleur ait été modérée et associée à une durée d'exposition longue, ou bien que la température de la source de chaleur ait été élevée et associée à une durée d'exposition courte. L'investigateur devrait garder ce principe à l'esprit en analysant la typologie des traces laissées par le feu.

6.3.1.2.2 Les traces observées par l'investigateur peuvent correspondre à une grande partie du déroulement du feu. A chaque fois qu'un lot de combustibles s'enflamme ou que la ventilation change, la puissance du feu et la distribution de la chaleur vont aussi changer. Chaque objet en feu peut produire un panache et donc laisser des traces. Déterminer quelles traces ont été laissées au point

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

d'origine par les matériaux enflammés les premiers est généralement de plus en plus difficile à mesure que la taille et la durée du feu augmentent.

6.3.2 Causes des traces laissées par le feu. Il y a trois principales causes des traces laissées par le feu ; la chaleur, les dépôts et la consommation. Ces causes sont largement explicitées par la dynamique du feu présentée à la section 5.5. On peut réaliser une analyse systématique des traces laissées par le feu afin de retourner à la source de chaleur qui les a produites. On peut interpréter certaines traces pour déterminer l'intensité du feu (chaleur/combustible) ou la propagation (mouvement). Voir Section 6.4.

6.3.2.1* Traces laissées par le panache. La plupart des traces sont générées par les panaches des feux, qui sont tridimensionnels. Les traces laissées par le feu constituent des lignes de démarcation relatives aux effets du feu sur les matériaux et générées du fait de la forme tridimensionnelle (conique) du panache de flammes et de fumées ; ce dernier se trouvant coupé (tronqué) par la rencontre avec une surface bidimensionnelle telle qu'un plafond ou un mur. A l'intersection avec les surfaces rencontrées, le panache génère des traces (de section conique) qu'il est possible d'interpréter. La puissance du feu a un impact très important sur la forme des traces laissées par celui-ci. Parmi les traces, on peut trouver les formes suivantes :

(1) Traces en V

(2) Traces en cône inversé

(3) Traces en sablier

(4) Traces en U

(5) Traces en forme de flèche

(6) Traces de forme circulaire

6.3.2.1.1 A mesure que la colonne portée par l'air ; de flammes, de gaz chauds, et de fumées, s'élève au-dessus du foyer constituant un panache refroidi par l'air entraîné, la température du panache se rapproche de celle de l'air ambiant (la température décroît inversement avec l'altitude dans le panache). Aussi, les traces laissées par le feu sont plus marquées lorsque la surface présentant ces traces, a été exposée à des températures de panache proches ou au-dessus de la température de pyrolyse des matériaux constituant cette surface. La présence d'une barrière physique, telle qu'un plafond va participer à l'extension latérale du panache pour former un écoulement sous plafond.

6.3.2.1.2 Lorsqu'il n'existe aucun plafond au-dessus du foyer, et que le feu est loin des murs, les gaz chauds et la fumée au sein d'un panache non confiné poursuivent leur ascension verticale jusqu'à ce que leur température atteigne finalement celle de l'air ambiant. A cette altitude, les fumées et les gaz chauds vont se stratifier et diffuser dans l'air. De telles conditions se produisent pour les incendies à l'extérieur qui ne sont pas confinés. Ces mêmes conditions peuvent exister pour un feu de bâtiment, dans les toutes premières phases du feu, lorsque sa puissance est faible, que le panache est petit, ou lorsque le feu se produit dans un très grand volume ayant une hauteur sous plafond élevée, tel qu'un atrium.

6.3.2.1.3 La largeur du panache varie avec les dimensions du foyer et augmente au cours du temps à mesure que le feu se propage. Des traces ayant une base étroite vont se développer à partir d'un foyer de petites dimensions, et des traces ayant une base large, à partir d'un foyer de grandes dimensions. *(voir figure 6.3.2.1.3.)*

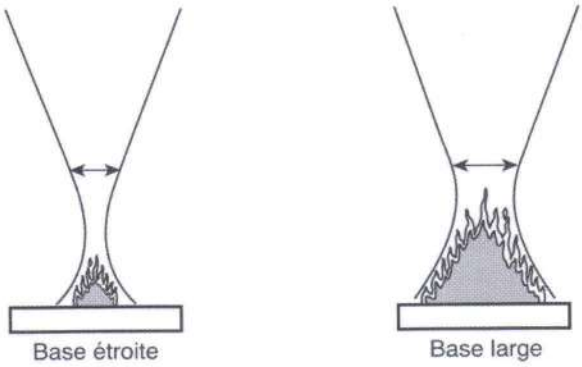


FIGURE 6.3.2.1.3 Influence du foyer sur la largeur des traces laissées par le feu.

6.3.2.1.4 Un incendie dans sa phase de naissance peut produire des traces en forme de cône inversé. Lorsque la puissance du feu et la hauteur de flamme augmentent, les traces en cône inversé sont susceptibles d'évoluer à l'étape suivante vers une forme plus cylindrique. De même, le feu qui se développe peut faire évoluer les traces cylindriques vers des traces coniques en forme de V, de U ou de sablier. On ne pourra observer les premières traces que si le feu s'arrête, que ce soit parce qu'on l'a éteint, ou par manque d'oxygène ou de combustible. C'est pour cette raison que l'observation des traces donne à l'investigateur un aperçu sur le développement du feu. Il faut bien comprendre que si l'on n'observe pas de traces de cône inversé, de sablier ou de cylindre après un feu, cela ne signifie pas que ces traces n'étaient pas présentes dans les phases précédentes de développement du feu. Lorsque le feu atteint le flash-over et qu'il se développe dans tout le local, les traces précédemment laissées par la croissance du feu sont souvent transformées du fait des transferts thermiques par convection et rayonnement, intenses.

6.3.2.2 Traces laissées par la ventilation. La ventilation du feu et des gaz chauds par les fenêtres, les portes ou par toute autre ouverture dans un bâtiment augmente grandement la vitesse des écoulements au-dessus des matières combustibles. En outre, les feux bien ventilés brûlent en développant une puissance plus importante susceptible d'augmenter la vitesse de carbonisation et l'éclatement du béton, ou

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

de déformer les équipements métalliques. Les zones très détruites indiquent une puissance de feu forte, des effets de ventilation, ou une exposition longue. De telles zones, ne correspondent toutefois pas toujours au point de départ du feu. Ainsi, le feu peut se développer à partir de combustibles brûlant doucement vers des combustibles brûlant plus vite, ces derniers conduisant aux destructions les plus importantes.

6.3.2.2.1 Un flux d'air sur du charbon ou des braises peut augmenter leur température ; les transferts thermiques augmentent avec la vitesse des gaz chauds. Ces phénomènes sont susceptibles de générer suffisamment de chaleur pour faire éclater du béton, fondre du métal ou créer des trous par combustion à travers les sols. Lorsqu'un bâtiment brûle de manière importante et s'écroule, les braises se trouvant dans les débris sont susceptibles de créer des trous dans le sol. Dès qu'un trou est fait, de l'air peut s'écouler par le trou, et la vitesse de combustion peut augmenter. L'interprétation de ces traces doit être réalisée soigneusement, car elles pourraient être prises pour des traces dues à l'usage de liquides inflammables.

6.3.2.2.2 Lorsqu'une porte est fermée dans un local en feu, les gaz chauds (devenus plus légers) peuvent s'échapper par le jour en partie haute de la porte fermée, occasionnant de la carbonisation. L'air frais peut entrer dans le local par le bas de la porte, comme sur la figure 6.3.2.2.2(a). Pour un feu pleinement développé dans un local, lorsque les gaz chauds descendent jusqu'au sol, ils sont alors susceptibles de s'échapper sous la porte et peuvent entraîner des carbonisations sous cette porte et probablement au niveau du seuil, comme sur la figure 6.3.2.2.2(b). De la carbonisation peut aussi se produire si des débris incandescents tombent contre la porte soit à l'intérieur, soit à l'extérieur, comme sur la figure 6.3.2.2.2(c). Des liquides inflammables qui brûlent sous les portes en bois peuvent faire carboniser ces portes.

6.3.2.2.3* Effets de la ventilation du local sur l'ampleur et sur la localisation des traces laissées par le feu.

6.3.2.2.3.1 La ventilation d'un local a un effet significatif sur la croissance et la puissance d'un feu ; elle affecte donc grandement la formation des traces.

6.3.2.2.3.2 En plus d'affecter l'intensité du feu, la ventilation peut aussi affecter la localisation, la forme et l'ampleur des traces laissées par le feu. Lorsque de l'air frais est disponible par les fenêtres et les portes ouvertes, il est courant de constater localement de gros dommages sur les objets combustibles à proximité des ouvertures ayant servi à la ventilation. Ces traces n'indiquent pas forcément un départ de feu.

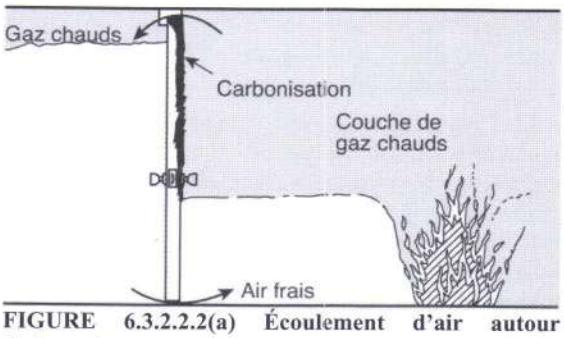


FIGURE 6.3.2.2.2(a) Écoulement d'air autour de la porte.

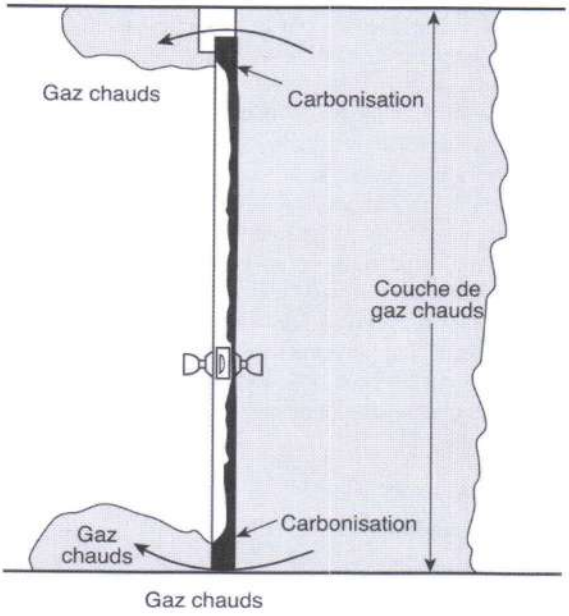


FIGURE 6.3.2.2.2(b) Gaz chauds sous la porte.

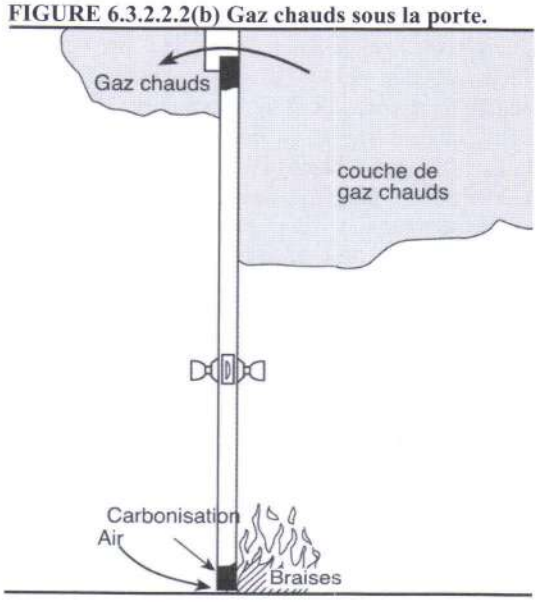


FIGURE 6.3.2.2.2(c) Braises incandescentes à la base de la porte.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

6.3.2.3 Couche de gaz chauds – traces générées. Le flux rayonné par la couche de gaz chauds peut causer des dommages au niveau de la partie supérieure des objets contenus dans le local et sur les matériaux recouvrant le sol. Ce processus commence généralement lorsque l'environnement au sein du local approche des conditions du flash-over. Des dommages similaires au niveau du sol, dus au rayonnement thermique, se produisent fréquemment au niveau des zones à l'extérieur, juste à proximité du local en feu. Les dégâts sur le sol des halls d'entrée ou des porches en sont des exemples. Les surfaces protégées ne devraient pas présenter de dommages. A ce moment du développement du feu, une ligne de démarcation au niveau de la partie basse de la couche de gaz chauds peut se former sur les surfaces verticales. Le niveau de dégradation sera généralement uniforme, sauf lorsqu'il y a des chutes de matières en feu, lorsque des objets isolés, facilement inflammables, brûlent, ou lorsqu'il y a des zones protégées.

6.3.2.4 Feu généralisé à un local – traces générées. Lorsqu'un feu se développe jusqu'à concerner tout un local *(voir 5.10.2.1 à 5.10.28)*, les dégâts constatés dans les parties basses du local jusqu'au niveau du sol inclus peuvent être plus importants en raison des effets du flux thermique rayonné, de la chaleur convectée par la couche de gaz chauds descendante et de la contribution d'un nombre croissant d'objets combustibles en feu. C'est le flux thermique rayonné qui est prépondérant, du fait d'un angle de vue direct de la couche de gaz chauds vers les surfaces en partie basse. Quand la couche de gaz chauds descend au niveau du sol, les dommages augmentent de façon significative. Les dégâts peuvent concerner la carbonisation des dessous de mobilier, la combustion des tapis et des revêtements de sols sous les meubles et dans les coins, la combustion des plinthes, et la combustion des dessous de portes. Un feu généralisé à un local peut créer par combustion des trous dans les tapis et les revêtements de sols. Il conviendrait de prendre en compte les effets dus aux zones protégées et au désordre au niveau du sol sur les traces laissées par le feu en partie basse du local *(voir 6.3.3.2.8)*. Bien que le niveau de dommages augmente avec le temps, les conditions extrêmes d'un feu généralisé à un local sont susceptibles de générer des dégâts majeurs en quelques minutes, en fonction de la ventilation et des combustibles présents.

6.3.2.5 Extinction - traces générées. L'eau ou d'autres agents extincteurs utilisés pour l'extinction d'un feu sont susceptibles de générer leurs propres traces ou d'altérer les traces laissées par le feu. Les jets des lances sont capables de modifier la propagation du feu en créant des traces de foyers à des endroits où le feu ne se serait pas propagé en l'absence du jet des lances. En outre, les opérations de ventilation menées par les services de secours peuvent avoir une influence sur les traces laissées par le feu. Certains services incendie mettent en œuvre des ventilateurs à pression positive (VPP) qui peuvent créer des traces difficiles à interpréter, en particulier si l'investigateur n'a pas connaissance du recours aux VPP. La réalisation de traces propres aux opérations d'extinction ne peut être comprise que grâce à une communication avec les pompiers.

6.3.3 Emplacement des traces. Les traces laissées par le feu peuvent être observées sur n'importe quelle surface qui a été exposée aux effets du feu ou à ses effluents. Ces surfaces peuvent être des surfaces intérieures, des surfaces extérieures et des éléments de structure, ainsi que des surfaces exposées à l'extérieur autour de la scène d'incendie. Les surfaces intérieures types comprennent les murs, les planchers, les plafonds, les portes, les fenêtres, le mobilier, les appareils, les machines, les équipements, et tout autre contenu, ainsi que les biens personnels, les espaces confinés, les greniers, les cabinets et l'intérieur des murs. Les surfaces extérieures types comprennent les murs, les avant-toits, les toits, les portes, les fenêtres, les gouttières et les tuyaux de descente des eaux, le matériel de raccordement aux énergies (ex ; compteur, alimentation), les porches et les vérandas. Les éléments types exposés à l'extérieur du bâtiment comprennent les extérieurs autour du bâtiment, les bâtiments contigus, les arbres et la végétation, les raccordements aux énergies (ex ; les poteaux, les lignes, les compteurs, les réservoirs de stockage du fuel et les transformateurs), les véhicules ainsi que tout autre objet situé dehors. On peut aussi exploiter les traces afin de déterminer la hauteur à laquelle la combustion a démarré à l'intérieur du bâtiment.

6.3.3.1 Murs et plafonds. Le feu laisse souvent des traces sur les murs et les plafonds. Du fait que la zone de gaz chauds et la zone de la flamme appartenant au panache généré par le feu rencontrent ces obstacles, des traces utilisables par les investigateurs pour rechercher le lieu d'éclosion du feu sont produites. *(voir Sections 5.5 et 5.6.)*

6.3.3.1.1 Murs. Les traces sur les murs peuvent être matérialisées comme des lignes de démarcation à la surface des murs, ou comme des traces de combustion plus profondes. Dès que le revêtement d'un mur a été détruit par combustion, la construction en-dessous peut présenter des traces diverses. Ces traces sont le plus souvent des traces en V, en U, en sablier

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

et de l'éclatement. Les surfaces derrière le revêtement des murs, même si le revêtement est encore en place, peuvent parfois aussi présenter des traces.

6.3.3.1.2 Plafonds. L'investigateur devrait examiner les traces laissées sur les plafonds ou sous les surfaces horizontales telles que les tables ou les étagères. La flottabilité des gaz émis par le feu conduit à concentrer l'énergie calorifique au niveau des surfaces horizontales situées au-dessus de la source de chaleur. Aussi, les traces observées sous de telles surfaces horizontales peuvent indiquer la localisation des sources de chaleur. Bien que les zones directement au-dessus de la source de chaleur et de la flamme s'échauffent généralement avant les zones où le feu se propage, il peut arriver que le combustible dans la zone d'éclosion brûle en totalité, rapidement, mais que ce feu se propage à une zone où une plus grande quantité de combustible peut s'enflammer et brûler plus longtemps. Ce phénomène est susceptible d'engendrer plus de dégâts au plafond dans une telle zone que dans la zone directement au-dessus du lieu de départ du feu.

6.3.3.1.2.1 Ces traces horizontales sont à peu près circulaires. Des portions de traces circulaires sont souvent observées aux endroits où les murs rejoignent le plafond, ou à l'intersection avec des étagères, ou au bord des dessus de tables et des étagères. L'investigateur devrait déterminer approximativement le centre des traces circulaires, et rechercher sous ce point la source de chaleur.

6.3.3.1.2.2 On peut aussi trouver des dégradations dues au feu à l'intérieur des murs et des plafonds résultant du transfert thermique à travers les surfaces. Il peut y avoir conduction de la chaleur du feu à travers un mur ou un plafond et inflammation d'éléments de structure en bois se trouvant à l'intérieur du mur ou du plafond

6.3.3.1.2.3 La capacité d'une surface à résister au transfert de chaleur au cours du temps correspond au classement au feu du matériau de finition. Ce classement ne représente que les performances du matériau dans des conditions d'essais spécifiées (comme par exemple dans la norme UL ANSI/263, *Standard for Safety Fire Tests of Building Construction and Materials*), et pas nécessairement les performances du matériau au cours d'un feu réel. Pour l'analyse d'ensemble de la propagation de l'incendie, il est important que l'investigateur soit conscient de ce concept.

6.3.3.1.2.4 Ce processus de transfert thermique peut être observé sur la carbonisation des éléments de structure en bois protégés par des revêtements, comme présenté sur la figure 6.3.3.1.2.4.

6.3.3.2 Planchers. Les investigateurs devraient examiner les traces laissées par le feu sur les revêtements de sols et les planchers. La transition vers un feu généralisé au local en passant par un flash-over entraîne des flux thermiques rayonnés supérieurs à 20 kW/m^2 (2 W/cm^2) au niveau du sol. A cette valeur de flux la plupart des combustibles courants sont susceptibles de s'enflammer par rayonnement. Les conditions de postflash-over ou de feu généralisé à tout le local peuvent typiquement générer des flux supérieurs à 170 kW/m^2 susceptibles de créer, modifier ou détruire les traces laissées par le feu.

6.3.3.2.1 Depuis 1970, les moquettes et les tapis fabriqués ou importés pour être vendus aux États-Unis ont un comportement amélioré par rapport au risque d'inflammation et pour la propagation du feu. Typiquement, les cigarettes ou les allumettes tombant sur les tapis ne pourront pas y mettre le feu. La norme ASTM D 2859, *Standard Test Method for Flammability of Finished Textile Floor Covering Materials* (Essai à la pilule de Méthènamine) décrit l'essai mis en œuvre afin de mesurer les caractéristiques d'inflammabilité des moquettes à partir d'une petite source de chaleur. Les moquettes et les tapis qui ont réussi l'essai à la pilule auront très peu de chances de propager la flamme ou de carboniser en position horizontale s'ils sont soumis à une petite source d'inflammation telle qu'une cigarette ou une allumette.

6.3.3.2.2* Le feu ne se propagera pas à travers une pièce à la surface de ces moquettes ou de ces tapis sans le concours d'une source d'énergie additionnelle, telle qu'un feu extérieur au tapis ou du combustible brûlant sur le tapis ; dans ce cas, la propagation du feu sur le tapis s'arrêtera à l'endroit où le rayonnement thermique émis par la source sera inférieur au flux minimum nécessaire à entretenir la propagation de la flamme sur le tapis (flux rayonné critique). Ces tapis pourront toutefois s'enflammer et brûler dans les conditions du flash-over car le flux rayonné est supérieur au flux rayonné critique des tapis.

6.3.3.2.3 Des traces de combustion entre les lattes ou les fissures d'un plancher ou autour des seuils ou des pas de portes et au niveau des plinthes peuvent indiquer ou non la présence d'un liquide inflammable. Les essais normatifs concernant les matériaux de sols tels que ceux de la norme ASTM E 648, *Standard Test Method for Critical Radiant Flux of Floor-Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source*, conduisent souvent à des combustions entre les lattes ou les fissures des maquettes de planchers soumises uniquement à un chauffage par rayonnement. Connaître les caractéristiques avant le feu des planchers, des seuils et des plinthes peut aider pour cette évaluation.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

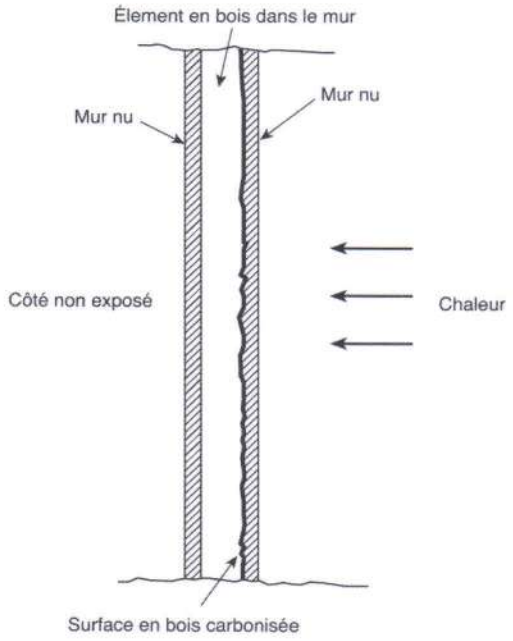


FIGURE 6.3.3.1.2.4 Carbonisation d'éléments de structure en bois par conduction de la chaleur à travers les matériaux de surface du mur.

6.3.3.2.4 La généralisation du feu au local peut aussi générer des traces de combustion sur les sols, autour des seuils ou des pas de portes et sur les plinthes du fait du rayonnement, de la présence de gaz chauds combustibles produits par le feu ou d'apports en air (ventilation) amenés par les interstices au niveau du bâtiment. Ces interstices peuvent amener suffisamment d'air pour assurer la combustion sur ou près des sols, ou des sols proprement dits. *(voir 6.3.2.2).*

6.3.3.2.5 Les trous dans les planchers peuvent être causés par une combustion braisante, le rayonnement ou un liquide inflammable. La surface en-dessous d'un liquide demeure froide (ou au moins en-dessous du point d'ébullition du liquide) jusqu'à ce que le liquide soit consommé. Les trous dans les planchers causés par la combustion de liquides inflammables peuvent se produire lorsque le liquide inflammable a imbibé le plancher ou s'est accumulé sous le niveau du plancher. Une preuve autre que le trou ou sa forme est nécessaire pour confirmer la cause de ces traces.

6.3.3.2.6 Les carreaux des sols vinyles endommagés par le feu présentent souvent des bords incurvés, laissant apparaître le sol en-dessous. La courbure des bords des carreaux peut être couramment rencontrée dans des situations autres que celle de l'incendie. Cette courbure est due à un rétrécissement naturel et à une perte de plastifiant. Au cours d'un feu, le rayonnement émis par la couche de gaz chauds produira les mêmes effets. Ces effets peuvent aussi résulter de la présence d'un liquide inflammable, bien que la confirmation de la présence d'un liquide inflammable nécessite des analyses en laboratoire.

6.3.3.2.7 La prise de prélèvements et la vérification par un laboratoire de la présence ou non de traces de liquide inflammable peuvent aider l'investigateur à développer des hypothèses et à tirer des conclusions concernant les traces laissées sur le sol.

6.3.3.2.8 Les zones, qui ne sont pas brûlées après un incendie, peuvent révéler la présence d'objets qui ont protégé le sol ou le revêtement de sol, des dommages par rayonnement ou de la coloration par les fumées.

6.3.3.2.9 Surfaces extérieures. Les surfaces à l'extérieur des bâtiments peuvent présenter des traces. En plus des traces ordinaires, les surfaces verticales et horizontales à l'extérieur peuvent présenter des traces de combustion traversante. Toutes choses égales par ailleurs, ces traces de combustion traversante peuvent correspondre à des zones de feu intense ou de longue durée.

6.3.3.2.10 Propagation du feu par chute de matières en feu. Des débris en feu peuvent tomber et démarrer un autre feu ascendant, générant ainsi de nouvelles traces à partir de la nouvelle source. Ce phénomène est nommé en anglais *drop down* ou *fall down*. Il peut permettre d'enflammer d'autres matériaux combustibles, laissant des traces en partie basse.

6.3.4 Localisation d'objets. Certains types de traces peuvent servir à déterminer la position des objets au moment du feu.

6.3.4.1 Traces par projection de la chaleur. Ces traces sont produites sur les matériaux d'une cible, à partir d'un objet interceptant le rayonnement thermique entre la source de chaleur et la cible. La chose bloquant le rayonnement thermique peut être un solide, un liquide ou un gaz, et peut être combustible ou incombustible. N'importe quel objet qui absorbe ou réfléchit l'énergie thermique peut générer des traces sur les matériaux protégés. *(voir figure 6.3.4.1.)*

6.3.4.1.1 Les traces laissées par projection de chaleur peuvent modifier, masquer ou empêcher la création de lignes de démarcation identifiables sur les matériaux concernés par le phénomène. Les traces générées par projection de chaleur peuvent toutefois aider l'investigateur incendie dans la phase de remise en situation au cours de la recherche du lieu d'origine.

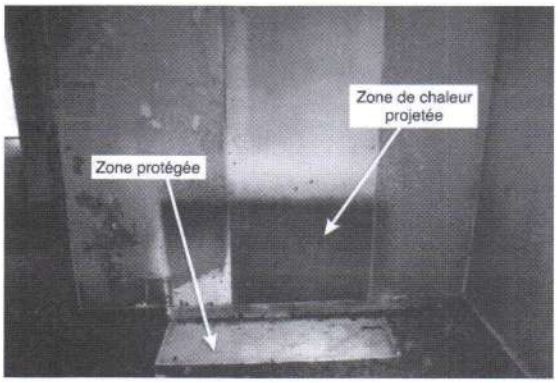


FIGURE 6.3.4.1 Zone protégée et zone de chaleur projetée (USFA Fire Pattern Project).

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

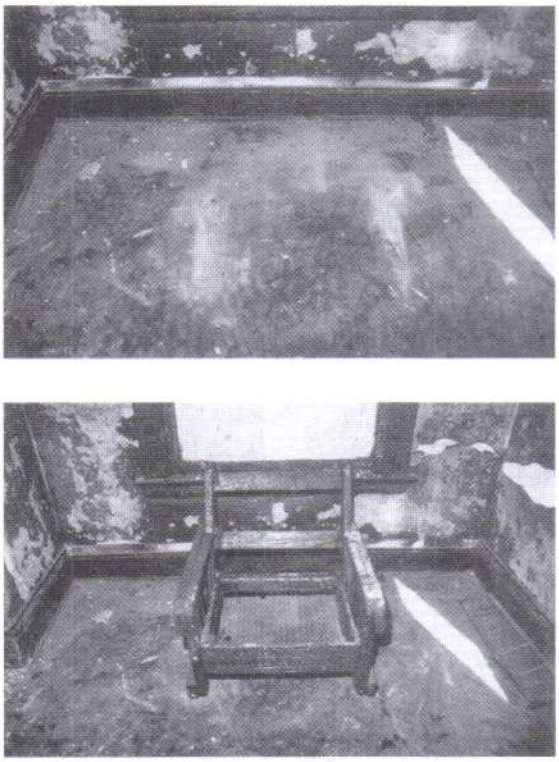


FIGURE 6.3.4.2 Photographie au-dessus : zone protégée. Photographie au-dessous : position du fauteuil pendant l'incendie.

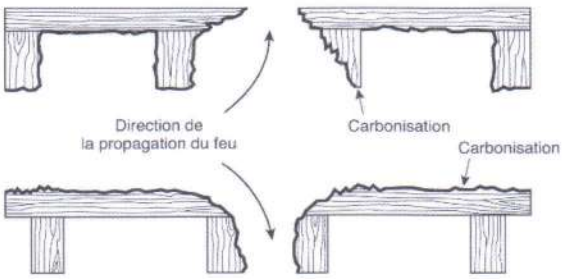


FIGURE 6.3.5.2 Traces de combustion pour un feu au-dessous et au-dessus.

6.3.4.2 Zones protégées. La zone protégée est étroitement liée aux traces générées par la projection de produit de combustion. Une zone protégée se crée à partir d'un objet empêchant les produits de combustion de se déposer sur les matériaux protégés par cet objet, ou empêchant les matériaux protégés de brûler. L'objet peut être un solide ou un liquide ; il peut être combustible ou incombustible. N'importe quel objet qui empêche les dépôts de produits issus de la combustion ou qui empêche la combustion du matériau protégé, peut générer une zone protégée. La figure 6.3.4.2 présente un exemple.

6.3.5 Pénétration des surfaces horizontales. La pénétration peut avoir lieu par au-dessus ou par en-dessous, et peut être causée par le rayonnement thermique, le contact direct de flamme, un foyer couvant localisé avec ou sans effet de ventilation.

6.3.5.1 Les pénétrations du haut vers le bas sont souvent considérées comme inhabituelles car le sens naturel de la propagation de la chaleur est du bas vers le haut en raison de la flottabilité des gaz chauds. Toutefois, dans un incendie généralisé à tout le local, les gaz chauds peuvent être contraints à s'écouler au travers de petites ouvertures préexistantes dans le plancher, causant une pénétration. Les pénétrations à l'intérieur de la matière peuvent aussi être causées par des feux intenses sous les meubles tels que les matelas en polyuréthane, les canapés ou les fauteuils. Les combustions braisantes ou avec flammes sous des planchers ou des toitures écroulés peuvent aussi occasionner des pénétrations au niveau des sols.

6.3.5.2 L'examen des pentes d'un trou créé par combustion d'un matériau sur une surface horizontale peut permettre de déterminer si le trou s'est creusé à partir du dessus ou du dessous. Les pentes dont l'inclinaison se fait du haut vers le bas en direction du trou sont caractéristiques d'un feu situé au-dessus. Les pentes dont les côtés sont plus larges en bas et dont l'inclinaison tend vers le centre du trou sont caractéristiques d'un feu situé en-dessous. Au cours d'un incendie, il est possible d'avoir une combustion ascendante et descendante par le même trou. L'investigateur devrait garder à l'esprit que seul le dernier sens de propagation de la combustion à travers le trou pourrait être observable de façon évidente. *(voir la figure 6.3.5.2.)*

6.3.5.3 Les éléments de structure, tels que les poteaux ou les poutres, peuvent avoir une influence sur les traces laissées par un feu pénétrant par le haut, par le bas ou latéralement à travers un bâtiment. Par exemple, un feu qui se propage vers le haut à travers un plancher peut laisser des traces largement conditionnées par les poutres par rapport à un feu qui se propage vers le bas à travers le même plancher. L'investigateur devrait garder à l'esprit que seul le dernier sens de propagation de la combustion à travers le trou pourrait être observable de façon évidente.

6.3.6 Profondeur des traces de carbonisation avec les combustibles gazeux. Les *flash-fires* qui concernent les combustibles gazeux, peuvent occasionner des traces largement réparties, même celles de carbonisation. Cependant, s'il y a des poches de gaz, des traces de carbonisation plus profondes peuvent se former. Tout près du point de rejet en continu d'une fuite de gaz, des marques de carbonisation plus profondes peuvent être observées, car la combustion peut se poursuivre à cet endroit après que le volume de gaz initialement rejeté aura été consommé. Cette trace de carbonisation peut se présenter sous l'aspect d'un point d'impact très localisé, en raison de l'existence possible d'un jet de gaz pressurisé à l'endroit de la

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

fuite ; ceci peut aider l'investigateur à localiser la fuite.

6.3.7 Géométrie des traces. Différentes traces ayant des géométries ou des formes distinctives sont générées par les effets de l'incendie et par l'exposition aux fumées des matériaux du bâtiment et de son contenu. Afin de les identifier pour en discuter et les analyser, ces traces sont décrites dans le vocabulaire du métier en utilisant des termes se rapportant à leur forme. Bien que ces appellations courantes n'aient généralement pas de lien avec la façon dont ces traces se sont formées, la nature descriptive de la terminologie employée les rend faciles à reconnaître. La présentation qui suit fait référence aux traces laissées par le feu en utilisant leur désignation courante, et fournit des informations sur la manière dont elles se sont formées et comment les interpréter. Des informations supplémentaires se retrouvent à la section 6.3.2. L'interprétation de toutes les traces possibles ne peut pas être reliée directement à des travaux scientifiques, aussi le lecteur est averti que des interprétations alternatives d'un ensemble de traces donné sont possibles. En outre, des traces autres que celles qui sont décrites sont susceptibles d'être observées.

6.3.7.1 Traces en V sur des surfaces verticales. Les traces en forme de V sont générées par les flammes, la chaleur convectée ou rayonnée par les gaz chauds, ou la fumée contenue dans le panache. *(voir 6.3.2.1.)* Les traces en V se présentent souvent comme des lignes de démarcation, définissant les limites des effets du feu comme montré sur les figures 6.3.7.1(a) et 6.3.7.1(b).

6.3.7.1.1 L'angle d'ouverture des traces en forme de V dépend de plusieurs paramètres *(voir 6.3.2.1)*, parmi lesquels on peut citer ;

(1) La puissance du feu

(2) La géométrie du combustible

(3) Les effets de la ventilation

(4) La combustibilité de la surface sur laquelle les traces apparaissent

La présence de surfaces horizontales telles que les plafonds, les étagères, les tables, ou les constructions en surplomb à l'extérieur d'un bâtiment *(voir 6.3.2.1.)*

6.3.7.1.2 L'angle d'ouverture des traces en V ne fournit pas d'information sur la vitesse de développement du feu ou sur la puissance du foyer de combustible ; aussi, un V large n'indique pas un feu à croissance lente et un V étroit n'indique pas un feu à croissance rapide.

6.3.7.2 Traces en cône inversé (triangle). Les cônes inversés sont généralement générés par un panache de flammes vertical qui n'atteint pas le plafond. La forme caractéristique en deux dimensions est un triangle dont la base est en bas. *[Voir la figure 6.3.7.2(a) et la figure 6.3.7.2(b).]*

6.3.7.2.1 Interprétation des traces en cône inversé. Les traces en cône inversé sont représentatives de feux ayant une durée de vie relativement courte ou de feux de faible puissance qui n'évoluent pas pleinement vers un panache de flammes allant du sol au plafond ou qui présentent un panache de flammes qui n'est pas limité verticalement.

6.3.7.2.2 Les traces en cône inversé ont été interprétées comme la preuve d'un feu de liquide inflammable, mais n'importe quelle source de combustible (fuite de combustible gazeux, combustibles de classe A, etc..) qui produit une zone de flammes ne devenant pas limitée dans son développement vertical par une surface horizontale, telle qu'un plafond ou un meuble, peut générer des traces en cône inversé.

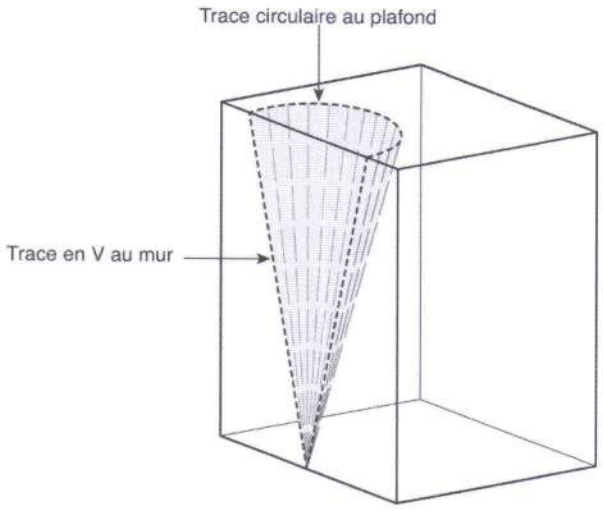


FIGURE 6.3.7.1(a) Principes de formation des traces en V et des traces circulaires.

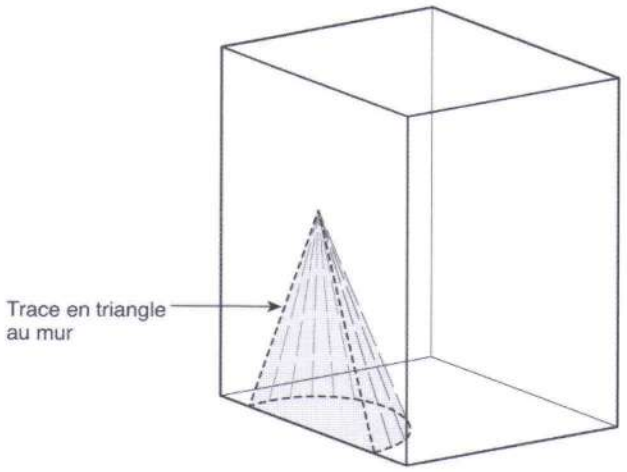


FIGURE 6.3.7.2(a) Principe de formation des traces en cône inversé.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

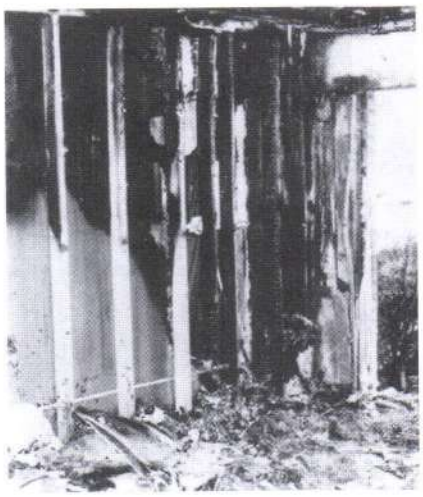


FIGURE 6.3.7.1(b) Traces en V présentant des dommages sur le mur et sur les montants en bois.

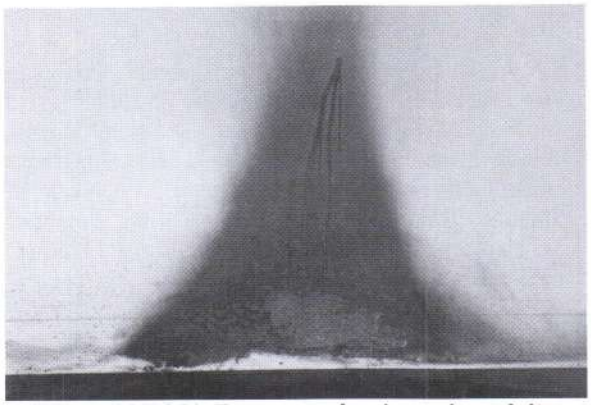


FIGURE 6.3.7.2(b) Traces en cône inversé produites par la combustion d'un petit empilement de journaux.

6.3.7.2.3 Traces en cône inversé avec du gaz naturel. La combustion d'une fuite de gaz naturel tend à produire des traces en cône inversé, en particulier si la fuite se produit en-dessous du niveau du plancher et s'échappe au-dessus à l'intersection du plancher et du mur, comme sur la figure 6.3.7.2.3. La flamme qui en résulte n'atteint pas en général le plafond et se caractérise par des traces triangulaires en forme de cône inversé.

6.3.7.3 Traces en sablier. Le panache est une zone de gaz chauds en forme de V avec une zone de flammes à sa base. La zone de flammes a une forme de V inversé. Lorsque la zone de gaz chauds rencontre une surface verticale, les traces typiques en forme de V se forment. Si le feu lui-même est très près ou en contact avec la surface verticale, les traces qui en résultent présenteront à la fois les effets de la zone de gaz chauds et de la zone de flammes avec un large V au-dessus d'un V inversé. Le V inversé est généralement plus petit et peut présenter des traces de combustion plus fortes ou des traces de nettoyage par combustion. L'ensemble de ces traces est qualifié de sablier.

6.3.7.4 Traces en U. Les traces en U sont similaires aux traces en V qui ont un angle d'ouverture plus étroit. Elles présentent des lignes de démarcation doucement incurvées et une base curviligne plutôt qu'un point bas angulaire. *(voir figure 6.3.7.4.)* Les lignes de démarcation les plus basses des traces en U sont généralement plus hautes que les lignes de démarcation les plus basses des traces en V, ces dernières se situant plus près de la source de chaleur.

6.3.7.5 Traces en forme de cône tronqué. Les traces en forme de cône tronqué, ou de panache tronqué, constituent un ensemble de traces tridimensionnelles présentes à la fois sur les surfaces horizontales et verticales. *(voir les figures 6.3.7.5(a) et 6.3.7.5(b).)* Ces traces résultent de l'intersection ou de la troncature du panache naturellement en forme de cône ou de sablier par les surfaces verticales et horizontales. Beaucoup de traces générées par le feu, telles que les traces en V, en U, circulaires, et en forme de flèche sont directement liées au cône de chaleur tridimensionnel produit parle feu.

6.3.7.5.1 Du fait de l'air entraîné, la largeur du cône formé par le panache augmente avec la hauteur. Lorsque le panache rencontre un obstacle contrariant son ascension, tel que le plafond d'un local, les gaz chauds se mettent alors à se déplacer horizontalement. Les destructions au niveau du plafond du fait de la chaleur vont généralement s'étendre au-delà de la zone circulaire correspondant au « cône tronqué » en raison du mouvement horizontal du panache. Les traces en forme de cône tronqué résultent de la combinaison de plusieurs traces bidimensionnelles telles que les traces en forme de V sur les surfaces verticales, et les traces circulaires sur les surfaces horizontales. La combinaison de plus d'une trace bidimensionnelle sur des surfaces perpendiculaires, verticales et horizontales révèle la forme tridimensionnelle du panache.

6.3.7.6 Traces en forme de flèche. Ces traces générées par le feu peuvent être observées sur une série d'éléments combustibles tels que des poteaux en bois, de murs dont la surface enveloppante a été détruite par le feu. On peut souvent déterminer le sens de la propagation du feu le long du mur et remonter jusqu'à la source en examinant les hauteurs relatives et la forme des matières consumées sur les poteaux encore debout après l'incendie. En général, les poteaux les plus courts et les plus sévèrement carbonisés devaient être plus près de la source de chaleur que les poteaux les plus grands. La hauteur des poteaux restants augmente avec la distance à la source de chaleur. Les différences de hauteur et de carbonisation peuvent être observées et enregistrées, comme présenté sur la figure 6.3.7.6

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

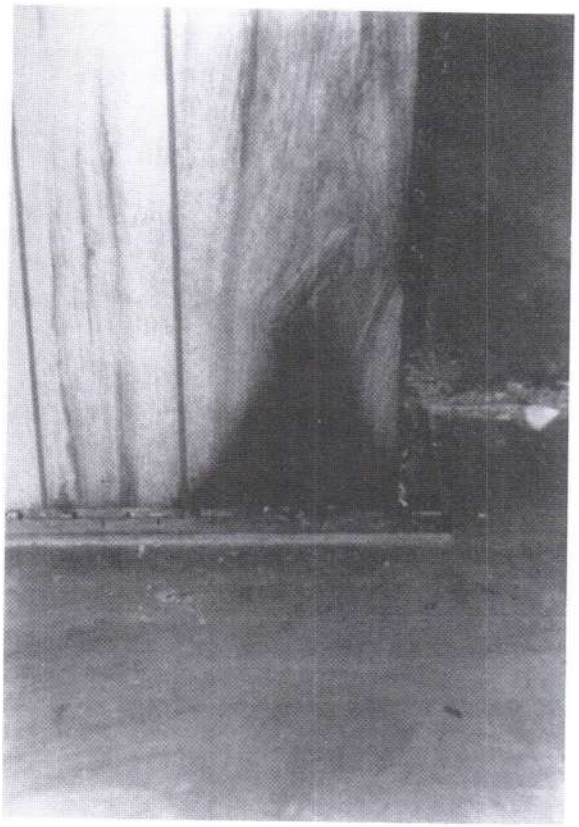


FIGURE 6.3.7.2.3 Traces d'un feu en cône inversé, alimenté par une fuite de gaz naturel sous le niveau du plancher.

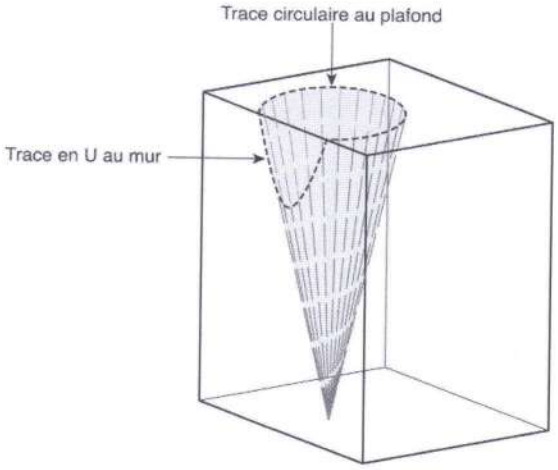


FIGURE 6.3.7.4 Principe de formation des traces en forme de U.

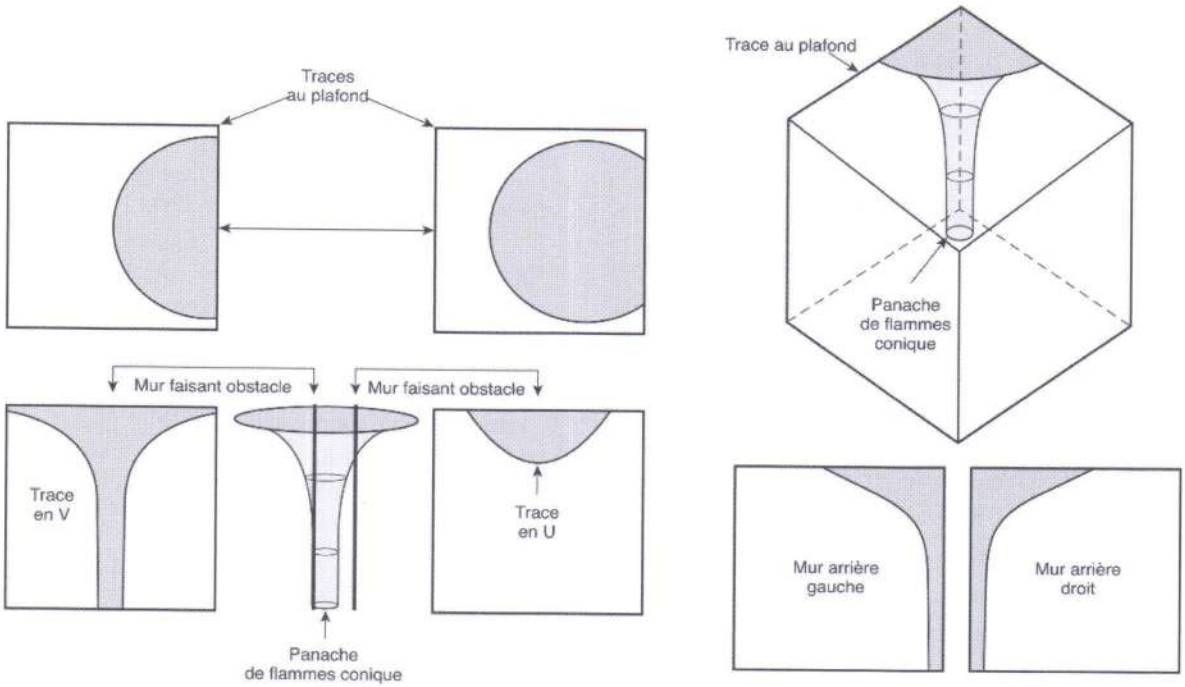


FIGURE 6.3.7.5(a) Principe de formation des traces en forme de cône tronqué.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite



FIGURE 6.3.7.5(b) Traces en forme de cône tronqué sur des parois perpendiculaires.

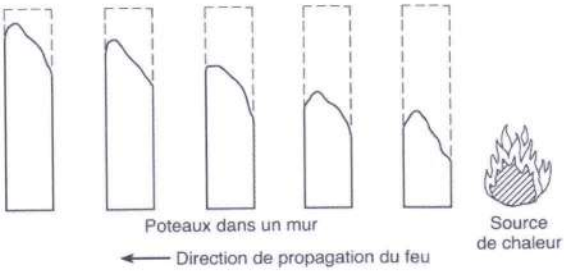


FIGURE 6.3.7.6 Poteaux en bois d'un mur, présentant des dégradations décroissantes à mesure que la distance par rapport au feu augmente.

6.3.7.6.1 La section transversale des poteaux tend à prendre une forme de flèche qui pointe dans la direction de la zone générale de la source de chaleur. Cet effet résulte de la combustion totale des angles aigus de la surface enveloppe des poteaux du côté de la source de chaleur comme présenté sur la figure 6.3.7.6.1.

6.3.7.6.2 Des carbonisations plus sévères peuvent être observées du côté du poteau le plus près de la source de chaleur.

6.3.7.7 Traces de forme circulaire. Des traces de forme à peu près circulaires peuvent apparaître sous les surfaces horizontales telles que les plafonds, les plateaux de tables et les étagères. Plus la source de chaleur est loin du mur, plus les traces prennent une forme circulaire. Des portions de traces circulaires peuvent se former en-dessous de surfaces bloquant partiellement les gaz chauds ou le panache de flammes. Ceci peut se produire lorsque les bords de la surface recevant les traces ne vont pas assez loin pour recevoir

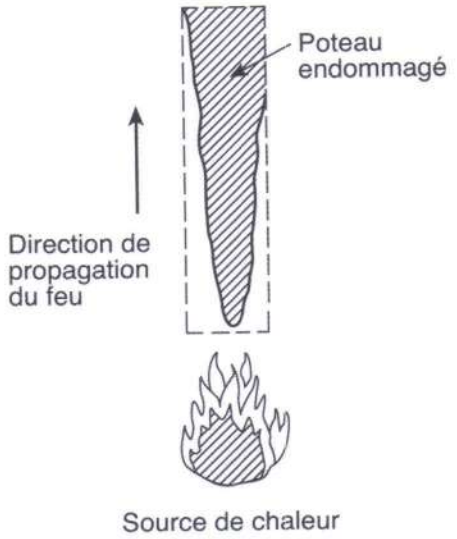


FIGURE 6.3.7.6.1 Section transversale d'un poteau en bois, d'un mur, qui pointe vers la source de chaleur.

l'ensemble des traces circulaires ou lorsque le bord de la surface est contre un mur. A l'intérieur des traces circulaires, le centre peut présenter des dégradations par la chaleur plus intenses, telle que des marques de carbonisation plus profondes. En localisant le centre des traces circulaires, l'investigateur peut disposer d'un indice valable lui permettant d'identifier, juste en-dessous, la source d'échauffement la plus forte.

6.3.7.8 Traces irrégulières. On ne devrait pas conclure à la présence d'un liquide inflammable uniquement sur l'observation visuelle de traces irrégulières, curvilignes, ou en forme de nappe sur les sols et les revêtements de sols. Dans le cas d'un incendie généralisé au local, des traces d'apparence similaire à celles laissées par un liquide inflammable, peuvent être générées alors qu'aucun liquide inflammable n'était présent.

6.3.7.8.1 Pour les traces de forme irrégulière, les lignes de démarcation entre les zones endommagées et les zones intactes se présentent aussi bien comme des frontières nettes que comme des limites avec une gradation douce, selon les caractéristiques du matériau et l'intensité de l'exposition à la chaleur. Les matériaux plus denses comme les parquets en chêne vont généralement présenter des lignes de démarcation plus franches que les moquettes synthétiques (à base de nylon par exemple). L'absence de revêtement molletonné conduit souvent à des frontières plus nettes.

6.3.7.8.2 Les traces irrégulières sont courantes dans les situations de postflash-over pour les durées d'extinction longues, ou après l'effondrement des bâtiments. Ces traces peuvent résulter des effets produits par les gaz chauds, des débris en flammes ou braisants, des plastiques fondus ou des liquides inflammables.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Si on suspecte la présence de liquide inflammable, des analyses en laboratoire devraient être réalisées pour en apporter la preuve. Il faudrait garder en mémoire que de nombreuses matières plastiques émettent des vapeurs d'hydrocarbures lorsqu'elles pyrolysent ou brûlent. Ces vapeurs peuvent dégager une odeur proche de celles des produits pétroliers et peuvent être détectées par les détecteurs de gaz inflammables alors qu'aucun liquide inflammable n'a été utilisé. Un signal « positif » devrait inciter à des investigations plus poussées et à la réalisation de prélèvements en vue d'analyses chimiques plus précises. Il faudrait garder en mémoire que les produits de pyrolyse, y compris les hydrocarbures, peuvent être détectés lors de l'analyse des débris d'incendie en laboratoire, en l'absence de la mise en œuvre d'accélérant. Il peut être utile pour le laboratoire, lorsqu'il doit analyser des débris de moquette, de brûler une partie de l'échantillon de référence à des fins de comparaison et d'analyser les deux échantillons par chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur par spectrométrie de masse. En comparant les résultats des échantillons de référence brûlé et non-brûlé avec ceux du prélèvement de débris d'incendie, il peut être possible de déterminer si les résidus d'hydrocarbures présents dans le prélèvement de débris sont des produits de pyrolyse ou des traces d'accélérant. Dans toute situation où la présence de liquides inflammables est envisagée, les effets du flash-over, de la ventilation, des gaz chauds, des plastiques fondus et des effondrements au niveau du bâtiment devraient être pris en compte.

6.3.7.8.3 Lorsque l'ensemble des dommages causés par le feu est limité, ou que des traces irrégulières isolées sont mises en évidence, des investigations supplémentaires devraient être réalisées afin d'apporter la preuve de la présence d'un liquide inflammable. *[Voir la figure 6.3.7.8.3(a) et la figure 6.3.7.8.3(b).]* En effet, l'échauffement par rayonnement peut produire des traces sur certaines surfaces qui pourraient être prises pour des traces de liquide inflammable brûlé. *[Voir la figure 6.3.7.8.3(c).]*

6.3.7.8.4 Les liquides inflammables épandus qui ont imbibé le sol ou les matériaux recouvrant le sol ainsi que les plastiques fondus sont susceptibles de générer des traces irrégulières. Ces traces peuvent aussi être produites par un échauffement localisé ou par la chute de débris enflammés. *[Voir les figures 6.3.7.8.4(a) et 6.3.7.8.4(b).]*



FIGURE 6.3.7.8.3(a) Traces de combustion irrégulière sur le sol d'un local brûlé au cours d'un essai dans lequel aucun liquide inflammable n'a été utilisé.



FIGURE 6.3.7.8.3(b) Traces de forme irrégulière sur une moquette résultant de l'épandage d'un liquide inflammable ; une allumette brûlée peut être aperçue en bas à gauche.



FIGURE 6.3.7.8.3(c) Traces de combustion « en forme de nappe » produites par un carton qui a brûlé sur un parquet en chêne.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite



FIGURE 6.3.7.8.4(a) Essai feu sans accélérant montrant la fusion, l'écoulement, et la combustion d'un matelas en mousse de polyuréthane.



FIGURE 6.3.7.8.4(b) Essai feu sans accélérant montrant la fusion, l'écoulement, et la combustion des coussins d'un fauteuil rembourré.



FIGURE 6.3.7.8.5(a) Traces de combustion sur le sol issues d'un feu pleinement développé (Post-Flash-over) au cours d'un essai à taille réelle dans un bâtiment de type résidentiel. Le sol est pourvu d'une moquette et la pièce est équipée d'un mobilier résidentiel type ; aucun liquide inflammable n'était présent.

6.3.7.8.5 Le terme *trace d'épandage* signifie qu'un liquide a été renversé ou encore répandu, et implique un acte intentionnel. La combustion de liquides inflammables ne forme pas de traces visuellement univoques, aussi l'utilisation du terme *traces d'épandage* et la référence à la cause des traces devraient être évitées. Le terme correct pour ce type de traces est *traces de forme irrégulière*. La présence d'un liquide inflammable devrait être confirmée par des analyses de laboratoire. La détermination de la cause de traces irrégulières ne devrait pas se fonder uniquement sur l'interprétation visuelle des traces. Voir les figures 6.3.7.8.5(a) et 6.3.7.8.5(b) à titre d'exemples de traces de combustion sur les sols.

6.3.7.8.6 Les liquides par rapport aux solides fondus. Beaucoup de matières plastiques brûlent. Les thermoplastiques chauffés réagissent d'abord en se liquéfiant, et puis, lorsqu'ils brûlent comme des liquides, ils produisent des traces de forme irrégulière ou circulaire. Lorsque de telles traces sont observées à un endroit inattendu, elles peuvent être prises, de manière erronée, pour des traces de liquide inflammable et associées à un incendie d'origine volontaire. L'investigateur devrait identifier avec soin les sources de combustibles à l'origine des traces de forme irrégulière ou circulaire.



FIGURE 6.3.7.8.5(b) Traces de combustion sur un sol en Linoléum issues d'un feu pleinement développé (Post-Flash-over) au cours d'un essai à taille réelle dans un bâtiment de type résidentiel ; aucun liquide inflammable n'était présent.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite



FIGURE 6.3.7.9(a) Traces en forme de couronne sur un sol recouvert de moquette.

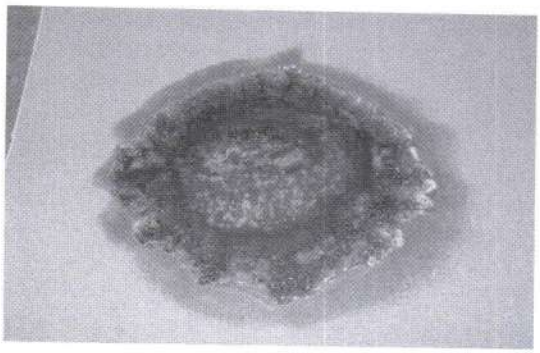


FIGURE 6.3.7.9(b) Traces en forme de couronne lors d'un essai feu sur un sol recouvert de moquette.

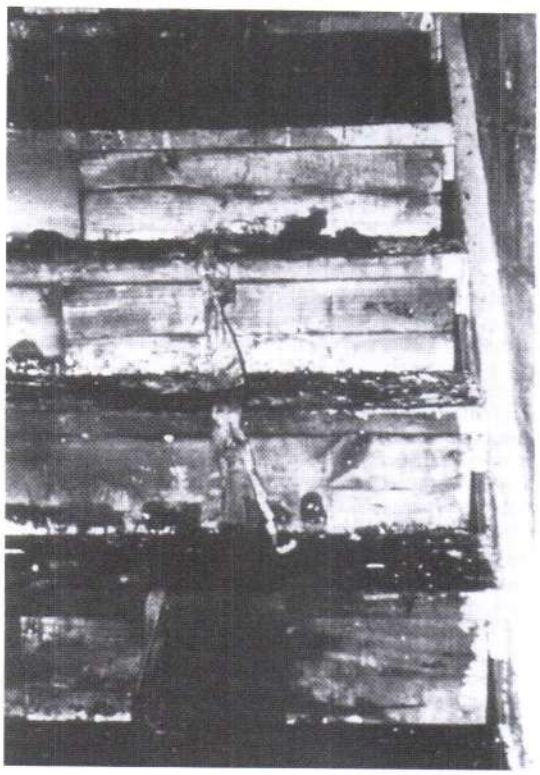


FIGURE 6.3.7.10.1 Trainée montant un escalier.

6.3.7.9 Traces en forme de couronne. Les traces en forme de couronne sont constituées d'une zone brûlée irrégulière qui entoure une zone moins brûlée ; elles peuvent provenir d'un liquide inflammable. Ces traces causées par un liquide, comme montrées à la figure 6.3.7.9(a), sont dues au refroidissement du centre de la nappe par le liquide alors qu'il brûle, pendant que les flammes autour, provoquent la carbonisation du sol ou du revêtement de sol. Lorsque de telles traces sont observées, des analyses complémentaires devraient être réalisées, en particulier dans la zone centrale, afin d'apporter la preuve de la présence d'un liquide inflammable. Voir la figure 6.3.7.9(b).

6.3.7.10 Traces linéaires. Les traces, qui ont globalement une forme linéaire ou allongée, peuvent être qualifiées de *traces linéaires*. Les traces linéaires se produisent généralement sur les surfaces horizontales.

6.3.7.10.1 Trainées. Dans un certain nombre d'incendies volontaires, lorsque le combustible est intentionnellement déversé ou épandu sous forme de « trainée » d'une zone à l'autre, les traces allongées qui en résultent peuvent être visibles. De telles traces, désignées par le terme « trainées », peuvent être observées sur les sols pour relier deux foyers séparés, ou pour monter un escalier comme montré sur la figure 6.3.7.10.1. Les combustibles utilisés pour faire ces trainées peuvent être des liquides inflammables, des solides ou une combinaison des deux.

6.3.7.10.2 Zones protégées au sol. Souvent, lorsque le sol est débarrassé de ses débris afin d'examiner les destructions, on peut observer des traces longues, larges et droites, présentant des zones de dommages par le feu intenses reliées de chaque côté à des zones intactes ou moins abîmées. Ces traces sont souvent prises pour des « trainées » ; alors qu'il est possible que ces traces linéaires proviennent de la présence de meubles, de provisions, de comptoirs ou de stockages. Ces traces peuvent aussi être dues à l'usure des sols et des revêtements de sols du fait de passages fréquents. Des objets de forme irrégulière reposant sur le sol tels que des vêtements ou de la literie, peuvent aussi protéger le sol et causer ces traces qui pourraient être mal interprétées.

6.3.7.10.3 Jets de combustible gazeux. Les jets enflammés de combustibles gazeux, tels que le GPL ou le gaz naturel, sont susceptibles de créer des traces linéaires ou des lignes de démarcation, en particulier sur les surfaces incombustibles.

6.3.7.11 Traces sur toute une zone. Certaines traces peuvent sembler couvrir des pièces entières ou de larges zones sans qu'on puisse réellement distinguer une quelconque source. Ces traces se forment souvent lorsque les combustibles qui en sont à l'origine se trouvent à une concentration supérieure à la limite inférieure d'inflammabilité et diffusent largement avant d'être enflammés, ou lorsque le déplacement du feu à travers la zone est très rapide comme pour un « flash-fire ».

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

6.3.7.11.1 Flash-over et feu généralisé au local. Au cours de la transition que constitue le flash-over, le feu se propage rapidement à tous les matériaux combustibles exposés, à mesure que le feu se généralise à tout le local. *(voir 5.10.2.6.)* Ce phénomène peut produire des profondeurs de carbonisation ou de calcination relativement uniformes. Lorsque le feu stoppe avant sa généralisation à tout le local, on trouve des traces de combustion relativement uniformes sur les surfaces verticales situées au-dessus du bas de la couche chaude. Lorsque le feu s'est généralisé à tout le local, les traces concernant toute la zone, peuvent être inégalement réparties et descendre jusqu'au niveau du sol. Le caractère uniforme des traces, décrites dans cette section, peut ne pas être parfait sur tout le local ou sur tout l'espace. Certaines surfaces exposées peuvent présenter des dommages faibles ou pas de dommage du tout, en raison d'un effet de la ventilation ou de l'emplacement des meubles ou d'installations susceptibles d'empêcher la carbonisation, la coloration, ou la décoloration des surfaces murales et des plafonds.

6.3.7.11.2 « Flash-fires ». L'inflammation de gaz ou de vapeurs émises par les liquides ne provoque pas nécessairement une explosion à chaque fois. L'occurrence d'une explosion dépend de la localisation et de la concentration du combustible émis ainsi que de la géométrie, de la ventilation, et de la solidité de la structure confinée.

6.3.7.11.2.1 Lorsque la concentration en combustible émis se trouve près de la limite inférieure d'inflammabilité ou d'explosivité et qu'il ne se produit pas d'explosion, le combustible peut brûler en formant un « flash fire », la combustion s'arrêtera immédiatement ou peu de temps après. Dans le cas où le premier combustible enflammé est un mélange gaz inflammable-air diffusé dans un local, la zone correspondant aux destructions les plus importantes peut ne pas coïncider avec la zone, et généralement ne coïncide pas, où une source d'ignition a enflammé le mélange. Les dommages les plus forts se produiront à l'endroit où les flammes générées par le mélange qui brûle rencontre une charge calorifique secondaire susceptible d'être enflammée par le front de flamme qui se trouve fugitivement à une température très élevée. De même, dès que l'inflammation s'est produite, la dynamique de propagation du feu devient contrôlée par le local et la géométrie du combustible ainsi que par les puissances relatives des feux des combustibles secondaires. La durée de combustion relativement courte du mélange gazeux peut n'avoir qu'un faible impact sur le flash-over dans le local comparé au feu des combustibles secondaires. Aussi, la détermination du lieu d'origine d'un tel « flash-fire » peut se baser sur les observations de témoins fiables et sur l'analyse des sources d'ignition potentielles dans les zones où les vapeurs ou gaz ont pu être générés. Lorsque l'analyse des traces est le seul moyen pour déterminer le lieu d'éclosion du feu, l'investigateur devrait être conscient que l'inflammation des combustibles secondaires qui a suivi et le flash-over dans le local pourraient avoir altéré ou effacé les traces légères laissées par le « flash fire ».

6.3.7.11.2.2 La difficulté à détecter les traces laissées par les « flash fires » est liée à la consommation totale du gaz inflammable disponible sans élévation significative de la température des autres combustibles. Dans de tels cas, les traces de combustion peuvent être superficielles et difficiles à suivre jusqu'à un point d'ignition spécifique comme sur la 6.3.7.11.2.2. En outre, il peut y avoir eu combustion de poches de gaz distinctes, ce qui complique encore davantage le relevé des traces de la propagation du feu.



FIGURE 6.3.7.11.2.2 Formation de cloques sur le vernis de la porte et roussissement léger des rideaux, les seules traces d'un « flash fire » de gaz naturel.

6.3.7.12 Traces de combustion en forme de selle de cheval. Ce sont des traces en U, qui ont une forme particulière de selle de cheval, qu'on observe parfois sur le bord supérieur des solives de plancher. Elles résultent d'une combustion descendant dans le plancher sous les solives concernées et présentent des carbonisations profondes. Les traces de combustion sont très localisées et un peu incurvées. Elles peuvent aussi résulter du rayonnement thermique émis par des matières en feu tout près du sol, y compris par des matières susceptibles de fondre ou de brûler au sol (par exemple de la mousse de polyuréthane). La ventilation créée par les espaces au niveau du sol peut favoriser le développement de telles traces, comme présentées sur la figure 6.3.7.12.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite



FIGURE 6.3.7.12 Traces de combustion en forme de selle de cheval sur une solive de plancher.

6.4 Analyse des traces laissées par le feu.

L'analyse des traces laissées par le feu consiste à identifier et à interpréter ces traces afin de déterminer comment elles ont été générées et ce qu'elles signifient.

6.4.1 Types de traces. Il existe deux principaux types de traces ; celles liées au mouvement et celles liées à l'intensité du feu. Ces traces résultent de la dynamique du feu, présentée à la section 5.10. Sur une scène d'incendie, l'exploitation systématique de plus d'un type de traces combinées peut souvent permettre de revenir à la source de chaleur qui les a produites. Certaines traces peuvent présenter des effets qui définissent à la fois le déplacement et l'intensité (chaleur/combustible).

6.4.1.1 Traces liées à la propagation du feu (mouvement). Les flammes, la chaleur, et les fumées produisent des traces résultant de la croissance du feu et de la propagation du feu. Les traces liées au déplacement du feu sont produites par sa croissance, sa propagation et par l'écoulement des produits de combustion à partir de la source de chaleur initiale. Si elles sont précisément identifiées et analysées ces traces peuvent être suivies jusqu'au lieu d'origine de la source de chaleur qui les a créées.

6.4.1.2 Traces liées à la chaleur (intensité). Les flammes et les gaz chauds laissent des traces sur les matériaux en réaction à l'exposition de ces matériaux à la chaleur. Les effets variés de la chaleur sur les matériaux peuvent produire des lignes de démarcation. Ces lignes de démarcation peuvent être exploitées par l'investigateur afin de déterminer les caractéristiques et les quantités de matières combustibles, ainsi que la direction de la propagation du feu.

6.4.1.3 Combinaison de différents types de traces. Les traces laissées par le feu peuvent résulter d'une combinaison d'effets. L'investigateur devrait prendre conscience de l'influence que chaque type de traces peut avoir sur l'autre et de la chronologie de leur création. Ne pas considérer ces paramètres pourrait mener l'investigateur à des conclusions erronées sur la dynamique de l'incendie.

Chapitre 7 Dispositions constructives

7.1* Introduction.

Il est particulièrement important, pour un investigateur, de maîtriser le comportement au feu des bâtiments et des constructions. Le développement, la propagation, et le contrôle d'un incendie à l'intérieur d'un bâtiment dépendent souvent du type de construction, de la capacité des éléments de la structure à résister, et de l'interface entre les systèmes de protection incendie et les autres installations du bâtiment. L'agencement intérieur du bâtiment, les corridors de circulation des occupants, les matériaux de finition intérieure, et la l'emplacement des diverses installations et équipements techniques du bâtiment peuvent constituer des facteurs importants lors du démarrage, du développement et de la propagation du feu. Ce chapitre se propose d'aider l'investigateur à examiner et à rassembler les informations relatives aux dispositions constructives d'un bâtiment ayant un rapport avec l'incendie.

7.1.1 Il faut noter que ce chapitre s'applique simplement à souligner les points principaux relatifs aux dispositions constructives. Dans la section « Références », un certain nombre de textes concernant les bâtiments y sont énumérés ; ils pourront apporter à l'investigateur des connaissances supplémentaires sur les dispositions constructives et les systèmes dans les bâtiments. On peut trouver des informations plus détaillées dans la 18^{e} édition du NFPA *Fire Protection Handbook*.

7.1.2 En plus des dispositions relatives à la conception du bâtiment et aux éléments de construction, les questions concernant les combustibles sont importantes pour l'investigateur. Par exemple, au cours du préflash-over, où le feu est en phase de croissance, la puissance développée par les lots combustibles a une influence significative sur la vitesse de développement du feu. *(voir section 5.5.)*

7.2 Rôle de la conception, de la construction, et des éléments de structure pour l'évaluation du développement du feu.

7.2.1 Généralités. La conception architecturale d'un bâtiment a une influence significative sur la sécurité incendie. L'agencement intérieur du bâtiment, les allées et corridors de circulation des occupants, les matériaux de finition intérieure, et l'emplacement des diverses installations et des équipements techniques bâtiment constituent des paramètres importants en matière de sécurité incendie. La façon dont la conception du bâtiment affecte les opérations d'extinction manuelle est un autre élément important.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

7.2.1.1 La façon dont le bâtiment est conçu et monté et le choix des matériaux qui est retenu influencent le mode de développement et de propagation du feu. La nature des occupants ou des activités exercées peut aussi avoir une influence sur la manière dont le bâtiment va brûler. L'investigateur doit évaluer le développement et la propagation de l'incendie à la lumière des connaissances qu'il a de l'influence des dispositions constructives du bâtiment sur cet incendie.

7.2.1.2 Le changement d'activité peut générer des risques pour les services de secours et peut avoir un effet sur le développement du feu. On peut citer comme exemple un commerce de détails banal reconverti en magasin spécialisé dans la vente de peintures, activité présentant des risques spéciaux. L'augmentation de la charge calorifique va très certainement modifier l'intensité et le développement du feu, et la conception initiale pourrait se révéler insuffisante pour résister au feu.

7.2.2 Conception des bâtiments.

7.2.2.1 Généralités. La propagation et le développement du feu dans un bâtiment résultent largement des effets des échauffements radiatifs et convectifs. Dans les feux de locaux, l'essentiel de la propagation du feu est aussi fonction du niveau de confinement de la couche de gaz chauds située en partie haute. Pour un lot combustible donné, la taille du local, les matériaux de revêtement, la forme, la hauteur sous plafond, et l'emplacement ainsi que la surface des portes et fenêtres peuvent profondément affecter les écoulements sous plafonds, le rayonnement émis vers les zones basses, la formation et le confinement des couches de gaz en partie haute, la ventilation, les inflammations sous plafonds (flame-over), et le délai jusqu'à l'embrasement généralisé dans le local (flash-over). Tous ces paramètres influencent le développement du feu.

7.2.2.1.1 Le compartimentage est le premier des concepts en sécurité incendie. Garder le feu confiné au local d'où il est parti et limiter les mouvements de fumée vers d'autres parties du bâtiment sont depuis longtemps les objectifs de ceux qui rédigent la réglementation incendie et de ceux qui conçoivent les systèmes de protection incendie. La conception de constructions résistantes au feu, de clapets et de calfeutrements coupe-feu, et de dispositions constructives qui limitent la propagation des fumées et des flammes contribue à un compartimentage effectif. Les conceptions moins sécuritaires au niveau de l'incendie ont l'effet inverse.

7.2.2.1.2 Les ouvrages comportant une conception architecturale complexe tels que les atriums, les grands volumes clos tels que les stades ou les tunnels, ainsi que le verre ou tout autre matériau de structure ou de finition innovante pour les murs, les plafonds et les toitures, soulèvent aussi des questions intéressantes pour l'investigateur, en particulier sur la façon dont ces systèmes ont pu avoir une influence sur la croissance et la propagation du feu.

7.2.2.1.3 A l'origine, la plupart de ces sujets sont de la responsabilité de l'architecte du bâtiment et des concepteurs des systèmes. De petites modifications sur les spécifications d'un élément peuvent avoir des conséquences importantes sur toute la sécurité incendie du bâtiment. Lorsque c'est nécessaire et si c'est possible, l'investigateur incendie devrait réexaminer les plans du bâtiment et les exigences réglementaires applicables en matière de sécurité incendie. Les modifications portant ou non sur la structure du bâtiment peuvent changer la capacité de résistance au feu de celui-ci. Par exemple, lorsque l'on a rajouté un faux-plafond à un plafond existant, on crée un vide qui peut avoir une influence significative sur le feu et le mouvement des fumées.

7.2.2.2 Charges bâtimentaires. L'ajout de charges non prises en compte pour la conception du bâtiment, tels que des charges permanentes et d'exploitation, le vent, l'eau, ou des charges dynamiques, est de nature à modifier l'intégrité de la structure du bâtiment. Les charges permanentes résultent de la masse des matériaux qui constituent le bâtiment, tels que les éléments de la construction, la toiture et les équipements mécaniques lourds. Les charges d'exploitation résultent de la masse de charges temporaires qu'il est nécessaire de prendre en compte dans le dimensionnement de la capacité portante de la structure du bâtiment, telles que le mobilier, l'ameublement, les équipements, les machines, la neige et la pluie. Le poids de la neige sur un toit est un exemple de charge d'exploitation ; une couche supplémentaire dans un système pour toiture est un exemple de charge permanente. La fonction de la structure du bâtiment est de porter toutes ces charges. Lorsque l'équilibre des forces est réalisé, le bâtiment tient debout, mais à partir du moment où il y a déséquilibre, le bâtiment pourrait s'effondrer. L'équilibre des charges peut être compromis lorsque le bâtiment est la proie d'un incendie et que les éléments structuraux sont endommagés.

7.2.2.3 Volume du local.

7.2.2.3.1 Pour un lot combustible donné, caractérisé par une vitesse de combustion, le volume du local, la hauteur sous plafond, la taille des ouvertures pour la ventilation et la localisation du foyer vont affecter le développement du feu dans le local. La vitesse de formation d'une couche de gaz chauds en partie haute, et la progression d'un écoulement sous plafond à partir du panache généré par le feu constituent des facteurs d'influence parmi les plus importants conditionnant le déclenchement d'un flash-over et son délai d'occurrence. Le flash-over, à son tour, a un effet notable sur la propagation du feu à l'extérieur du local d'origine.

7.2.2.3.2 L'inflammation et la combustion d'une charge combustible dans un local produisent de la chaleur, des flammes et des gaz chauds à une certaine vitesse. La surface et le volume du local ont de l'influence sur le délai du flash-over ; plus la surface et

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

le volume de la pièce sont petits plus le flash-over arrivera vite, plus tôt le flash-over peut se produire plus tôt le feu peut se propager à l'extérieur du local, toutes variables par ailleurs étant égales. A l'intérieur de très grands volumes les transferts thermiques peuvent ne jamais être suffisants pour donner lieu à un flash-over.

7.2.2.4 Compartimentage.

7.2.2.4.1 Dans un bâtiment compartimenté, la propagation du feu s'effectue généralement par les portes ouvertes, les cages et les escaliers non encloisonnés, les barrières au feu non protégées, et les combustibles non ignifugés dans des espaces cachés. Même dans les bâtiments construits avec des matériaux combustibles, les plaques de plâtre ou du plâtre sur lattes protégeant les poteaux en bois des murs ou les solives en bois des planchers, apportent un niveau de résistance significatif contre un feu pleinement développé. Lorsque de telles barrières sont correctement installées et maintenues et que les traversées sont protégées, elles suffisent généralement à contenir les feux prévisibles les plus sévères dans les locaux à risque faible (*light-hazard*). Même une barrière correctement conçue, installée et maintenue ne protégera pas efficacement de la propagation du feu indéfiniment. Le feu peut aussi se propager horizontalement et verticalement au-delà du local ou de la zone d'origine à travers des locaux ou des volumes qui ne contiennent pas de combustibles. Les surfaces combustibles des plafonds et des murs des locaux, les escaliers, et les couloirs qui par eux-mêmes ne pourraient pas propager le feu, vont s'échauffer et générer des produits de pyrolyse. Ces substances ajoutées à celles générées par le feu principal vont augmenter l'intensité du foyer et la longueur des flammes. Le feu se propage rarement par transfert thermique à travers les planchers ou les plafonds. Cela peut toutefois se produire dans les phases ultérieures du développement de l'incendie ou par des brèches existantes dans le montage de ces structures.

7.2.2.4.2 L'investigateur cherchera à analyser pourquoi le compartimentage a échoué ou bien pourquoi il n'y a pas eu compartimentage et quels aspects dans la conception du bâtiment pourraient être responsables de cet échec.

7.2.2.5 Volumes cachés et interstices. On peut trouver des volumes cachés et autres interstices dans la plupart des bâtiments. Ces espaces peuvent augmenter la vitesse de propagation du feu et la durée de l'incendie. Ces deux facteurs peuvent aggraver les dommages auxquels il faudra faire face.

7.2.2.5.1 Dans les bâtiments de grande hauteur, les interstices sont généralement associés à l'espace entre la structure du bâtiment, les murs intérieurs et la façade extérieure, ainsi qu'à l'espace entre le plafond et le bas du plancher du dessus. Ces espaces peuvent ne pas avoir de barrière contre le feu, dont l'absence favorise la propagation verticale du feu. De tels espaces équipés de barrière contre le feu devraient être examinés afin de déterminer le type et l'efficacité des installations.

7.2.2.5.2 Les investigateurs incendie devraient prendre en compte l'impact des volumes cachés lorsqu'ils mènent leurs investigations. Ne pas considérer les effets du cheminement du feu à travers les volumes cachés peut conduire à une mauvaise interprétation des traces laissées par le feu. Il faut examiner avec soin les zones telles que les greniers, les toitures, les faux-plafonds des locaux, ces espaces pouvant dissimuler le feu et la fumée jusqu'à ce que le feu soit devenu incontrôlable.

7.2.2.6 Conception prévue comparée au « réalisé ». L'investigateur devrait être conscient que les spécifications du bâtiment, les plans et les esquisses préparées avant la construction ne correspondent pas toujours à ce qui a été réalisé. Après l'autorisation d'ouverture ou les inspections sur site, le bâtiment construit peut encore ne pas satisfaire les dispositions approuvées à la conception. Si c'est nécessaire et si c'est réalisable, l'investigateur devrait vérifier les plans initialement validés, les dispositions du bâtiment réellement construit, et les dispositions d'usage. Cette vérification peut s'opérer en demandant les plans de réalisation initiaux à l'entrepreneur ou à l'architecte, par l'examen du site sinistré, ou si ce n'est pas possible en raison des dommages ou de l'inaccessibilité au site, par l'examen de bâtiments similaires construits par le même entrepreneur à la même période, ou par questionnement de témoins.

7.2.2.6.1 Lorsque l'investigateur compare les plans initiaux, les plans du bâtiment réalisé, et le bâtiment réel, il devrait porter une attention particulière à la position réelle des murs et des câbles électriques ; ceux-ci étant souvent déplacés sans demande de permis.

7.2.3 Matériaux. La nature des matériaux sélectionnés et utilisés pour la conception d'un bâtiment peut avoir un effet substantiel sur le développement et la propagation du feu. La nature des matériaux est importante tant pour les propriétés physiques que pour les caractéristiques chimiques. Le degré de facilité avec lequel un matériau s'enflamme et brûle, résiste à la chaleur, résiste aux modifications physico-chimiques liées à la chaleur, conduit la chaleur, produit des effluents toxiques ; toutes ces caractéristiques sont importantes lors d'une évaluation de l'ensemble de la conception d'un bâtiment.

7.2.3.1 Inflammabilité. Le degré de facilité avec lequel un matériau particulier peut être enflammé, sa température minimum d'inflammation, son énergie minimum d'inflammation, et le couple délai-température d'inflammation sont des caractéristiques fondamentales lors de l'évaluation de l'utilisation de ce matériau dans la conception d'un bâtiment.

7.2.3.2 Propagabilité. Après ignition avec flammes ou braisante, les façons dont ce matériau brûle et transmet l'énergie thermique constituent également des éléments intéressant l'investigateur incendie. Des caractéristiques telles que la chaleur de combustion, la puissance moyenne et la puissance maximale, et peut-être même la vitesse de perte de masse, peuvent être des éléments importants pour la sécurité incendie et pour l'adaptation

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

du matériau par rapport à l'utilisation. L'entraînement d'air joue un rôle fort dans la façon dont un feu se développe sur une matière.

7.2.3.3 Inertie thermique. L'inertie thermique d'un matériau (chaleur spécifique × masse volumique × conductivité thermique) est un paramètre clé pour évaluer le comportement du matériau à la chaleur et sa facilité d'inflammation. Si l'investigateur cherche à étudier l'aptitude à l'emploi du matériau et son rôle dans la transition vers le flash-over dans un local où ce matériau a été utilisé comme revêtement de sol, il lui faudra évaluer ces facteurs.

7.2.3.4 Conductivité thermique. La conduction de la chaleur de la surface du combustible vers l'intérieur conserve à la surface à une température plus basse que si le matériau avait été mauvais conducteur thermique. La conduction a un effet sur les changements de température du combustible. La conduction peut permettre de transmettre la chaleur du côté non exposé d'un matériau, comme pour une cloison en acier.

7.2.3.5 Toxicité. Bien qu'elle ne soit pas directement liée au développement et à la propagation du feu, la toxicité des produits de combustion émis par les matériaux constitue un élément important pour l'ensemble de la sécurité incendie d'un projet. Les matériaux qui émettent de grandes quantités de gaz ou de produits de combustion toxiques ou irritants peuvent causer l'infirmité ou le décès des victimes bien avant que la chaleur ou les flammes ne les atteignent. La toxicité est un sujet primordial pour l'investigateur incendie concerné par l'évaluation de la façon dont la conception et les dispositions d'un bâtiment, les matériaux de construction, et le contenu, ont pu avoir un effet sur les occupants. Dans la plupart des configurations d'incendie, le monoxyde de carbone est l'espèce toxique majoritaire, ce qui est particulièrement vrai pour les effluents du feu générés dans un espace victime d'un flash-over.

7.2.3.6 État de la matière et comportement à la chaleur. La température à laquelle le matériau examiné change d'état du solide au liquide ou du liquide au gaz peut constituer un élément dans l'évaluation de ses performances au feu. En général, les liquides ont besoin de moins d'énergie que les solides pour s'enflammer et les gaz encore moins d'énergie que les liquides.

7.2.3.6.1 Le choix d'une matière plastique pour constituer un matériau structurant ou de surface peut dépendre des caractéristiques de ce plastique ; il peut notamment être thermoplastique (qui passe du solide au liquide puis génère des gaz inflammables) ou thermodurcissable (qui pyrolyse directement en émettant des gaz inflammables).

7.2.3.6.2 Les matériaux qui ont tendance à fondre ou à se liquéfier au cours d'un incendie seront davantage susceptibles de causer des dommages par coulure ou par propagation de type feu de liquide inflammable. Le choix de tels matériaux dans la conception d'un bâtiment peut prendre une importance considérable aux yeux de l'investigateur incendie.

7.2.3.7 Orientation, position, et niveau.

7.2.3.7.1 De nombreux matériaux brûlent différemment, selon leur orientation, leur position et leur niveau à l'intérieur d'un bâtiment. Généralement, les matériaux brûlent plus rapidement s'ils sont en position verticale plutôt qu'en position horizontale. Par exemple, une moquette conçue et testée en position horizontale, en contact étroit avec un sol plat, peut brûler à une vitesse bien en-dessous du seuil maximum requis par la réglementation. Lorsque la même moquette est montée verticalement comme un revêtement de mur ou un rideau, elle peut présenter une performance au feu bien inférieure au résultat attendu en position horizontale. La colle peut avoir une influence sur la vitesse de combustion de la moquette.

7.2.3.7.2 Les indices de propagation de flamme, couramment utilisés dans la réglementation et les normes pour quantifier l'inflammabilité d'un matériau, sont souvent basés sur l'essai de l'ASTM E 84, *Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials*, souvent appelé le *« Steiner Tunnel Test »*. Dans cet essai, on brûle un échantillon de matériau, orienté horizontalement, et suspendu au plafond du *tunnel Steiner* de 24 pieds de long. La plupart des matériaux testés dans le *tunnel Steiner* ne sont pas conçus ou destinés à être employés dans les bâtiments comme revêtement de murs ou de plafonds. La propagation de flamme réelle des matériaux comme ils sont mis en œuvre dans le domaine de la construction est souvent différente et peut n'avoir aucun rapport avec l'indice de propagation de flamme mesuré selon l'ASTM E 84. La norme ASTM E 84 va généralement permettre de classer des matériaux similaires en fonction de leur indice de propagation de flamme. Ce classement n'a pas de sens si le matériau testé chute rapidement du plafond, comme cela se produit avec les matériaux alvéolaires thermoplastiques comme le polystyrène ou avec les matériaux sous forme de film fin. En conséquence, et en pratique, les indices de propagation de flamme mesurés selon l'essai de l'ASTM E 84 ne sont pas valides si l'échantillon de matériau ne peut demeurer en place durant l'essai.

7.2.4 Activité. Lorsque l'investigateur étudie la façon dont la construction a influencé le développement et la propagation du feu, il devrait aussi examiner si l'activité exercée était compatible avec la conception et les dispositions du bâtiment. Un changement d'activité dans un bâtiment peut entraîner une augmentation substantielle des charges calorifiques, des effets de ventilation, des chaleurs de combustion, et des vitesses de combustion par rapport à ce qui avait été initialement prévu. Par exemple, un entrepôt qui a été conçu initialement pour stocker des pièces de moteurs pour automobiles aura un comportement totalement différent lors d'un feu si l'activité est convertie en stockage de grande

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

hauteur de grandes quantités de liquides inflammables. La conception originelle pouvait être adaptée au premier type de stockage, mais inadaptée au stockage suivant qui présente des risques plus importants.

7.2.5 Étude de la variation des composants d'un bâtiment par l'utilisation de modèles de calculs incendie. Pour analyser les effets de la conception d'un bâtiment sur le développement, la propagation et les dommages principaux causés par le feu, le recours à des modèles informatiques peut être d'une aide précieuse. Par l'utilisation de ces modèles, l'investigateur peut visualiser les différents effets d'un grand nombre de paramètres de conception. L'investigateur peut modéliser différentes configurations du bâtiment et étudier l'influence du changement d'un paramètre sur le développement et la croissance du feu modélisé.

7.2.6 Dommages causés par une explosion.

7.2.6.1 L'ampleur et la nature des dommages causés par une explosion dans un bâtiment sont aussi fonction de la conception du bâtiment. Plus la construction des murs extérieurs et intérieurs est solide, plus le bâtiment va résister à une explosion générant une surpression faible ou une vitesse de montée en pression lente. A l'inverse, les dommages les plus brisants et les plus destructeurs seront causés par une explosion générant une surpression forte ou une vitesse de montée en pression rapide. La géométrie de l'espace confiné où se produit l'explosion peut aussi avoir une influence sur les dommages résultants. *(voir 21.8.2.4, 21.8.2.6, et 21.13.3.1 sur les explosions pour plus d'informations.)*

7.2.6.2 Pour une explosion de faible intensité, plus il y a de fenêtres, de portes ou d'autres surfaces d'évents disponibles dans le bâtiment, moins il y a de dommages structuraux.

7.3 Types de constructions.

7.3.1 Généralités.

7.3.1.1 La présentation qui suit, concernant les types de constructions, se base sur les méthodes de construction et les matériaux plutôt que sur les descriptions utilisées dans les systèmes de classification du code de la construction. Lorsque c'est nécessaire, l'investigateur incendie devra se procurer les classifications et descriptions des bâtiments qui font partie du code de la construction et de l'habitation, applicable dans la juridiction où s'est produit l'incendie ; il devra alors les utiliser comme les autres documents de la scène d'incendie. Pour plus d'information, l'investigateur peut se reporter au NFPA *Fire Protection Handbook*.

7.3.1.2 L'investigateur devrait déterminer et enregistrer le type de construction en examinant les principaux éléments structuraux. Ces enregistrements peuvent comprendre les principaux composants structuraux, les ouvertures, les changements structuraux qui ont eu lieu et tout autre facteur susceptible d'avoir une influence sur l'intégrité de la structure ou sur la propagation du feu.

7.3.2 Structures en bois. Les constructions à structure en bois sont souvent associées aux constructions résidentielles et aux bâtiments commerciaux légers et contemporains. Les bâtiments ayant leurs éléments structuraux en bois avec un placage extérieur en maçonnerie font partie des bâtiments à structure en bois. Les structures légères en bois sont généralement utilisées dans les constructions de taille limitée. Dans de telles constructions, les solives de planchers sont normalement espacées de 406 mm (16 in.) au centre, et les supports verticaux sont souvent au nombre de deux par quatre ou deux par six poteaux portant les murs, de nouveau espacés de 406 mm (16 in.) au centre. Les constructions à structure en bois présentent une faible résistance au feu car les flammes et les gaz chauds dans les espaces entre les solives et les poteaux permettent au feu de se propager en dehors du local d'origine *(voir 6.16.1.3)*. Les constructions à structure en bois sont classifiées en Type V par la NFPA 220, *Standard on Types of Building Construction*. Les structures en bois peuvent être isolées avec un revêtement résistant au feu (par exemple des plaques de plâtre, des lattes et du plâtre, des plaques minérales) pour augmenter la résistance au feu jusqu'à 2 heures selon l'essai de la norme ASTM E 119, *Standard Methods of Tests of Fire Endurance of Building Construction and Materials*. De telles résistances au feu sont rares dans les bâtiments à charpente en bois mais peuvent être rencontrées pour des applications particulières telles que les établissements de soins à un ou deux étages.

7.3.2.1 Charpentes plate-forme.

7.3.2.1.1 La construction de structures par niveaux constitue le mode de construction le plus courant dans le domaine résidentiel et pour les constructions légères à vocation commerciale. Dans ce mode de construction, on bâtit des niveaux ou des planchers distincts à mesure qu'on monte la structure. On construit le mur de fondation, on positionne les poutres sur le mur de fondation, puis on monte le plancher du sous-sol. On construit alors les murs du premier niveau, les poutres du plafond reposant sur les murs. Les modes de construction avec chevron, faîtage, ou ferme sont utilisés pour le montage de la charpente. Au-delà de la mise en œuvre de matériaux combustibles, ces modes de constructions offrent souvent des espaces cachés en sous-face, ou à d'autres endroits qui permettent au feu de se développer sans être détecté.

7.3.2.1.2 Les charpentes plates-formes constituent, par construction, une barrière à la propagation verticale du feu résultant de la configuration des éléments en bois. Cependant, ces barrières en bois sont combustibles et peuvent ouvrir des brèches au cours de l'incendie, permettant à celui-ci de se propager aux autres zones. Dans ces constructions par niveaux, la propagation verticale du feu peut aussi

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

se produire grâce aux gaines techniques pour l'électricité, la plomberie, le chauffage ou l'air conditionné. Les ouvertures au niveau des espaces entre le mur et les poteaux pour les passages techniques peuvent favoriser le passage du feu d'un étage à l'autre.

7.3.2.2 Charpentes à claires-voies.

7.3.2.2.1 Dans ce type de construction, les poteaux vont des murs de fondation jusqu'à la ligne de toiture. Les solives de planchers sont attachées aux murs par des corbeaux, ce qui génère un espace entre étages, y compris à la cave et au grenier. Ce type de construction est caractéristique de beaucoup de maisons construites avant 1940.

7.3.2.2.2 Pratiquement tous les codes de la construction demandent depuis de nombreuses années le calfeutrement anti-feu des cheminements verticaux dans les charpentes à claire-voie. Lorsque le calfeutrement anti-feu est présent, les bâtiments à structure en un seul tenant présentent le même comportement au feu que les bâtiments à structure par niveaux. Le calfeutrement anti-feu peut être réalisé par des plaques en bois ou par le remplissage de l'espace vide à l'aide de matériaux incombustibles, historiquement avec de la brique ou de la terre et plus récemment avec des matériaux d'isolation. Lorsque les calfeutrements anti-feu n'ont pas été installés ou retirés plus tard (typiquement pour installer une gaine technique pour l'électricité, la climatisation ou autre), les constructions à structure en un seul tenant, présentent des cheminements verticaux non-obstrués, dans des espaces cachés derrière les finitions intérieures, qui peuvent conduire à une propagation verticale du feu rapide et non détectable. La propagation rapide du feu et son extension horizontale sont encore favorisées par les zones d'intersection ouvertes entre les solives du plancher et les cheminements verticaux. Le feu peut se propager vers le haut aux autres étages et au grenier et horizontalement à travers les étages. Les structures en un seul tenant permettent également la chute de matières susceptibles de mettre le feu aux niveaux inférieurs. Les feux prenant naissance aux niveaux inférieurs peuvent se propager par les cheminements verticaux et déboucher un ou plusieurs étages au-dessus. L'incendie peut être plus important au niveau supérieur qu'au niveau où le feu a démarré. Cet effet peut être observé lorsque le feu de grenier fait brûler le sommet de la structure alors que l'incendie a pris naissance à un niveau inférieur.

7.3.2.3 Charpentes pleines.

7.3.2.3.1 Dans une structure à charpente pleine, quelques éléments plus larges remplacent les nombreuses petites pièces de bois utilisées dans les structures en bois classiques, c'est à dire que des poutres de plus grande section et plus espacées remplacent la structure de plancher et/ou la charpente normalement faite avec des éléments plus petits. La structure non porteuse est réalisée avec des planches d'une nominale supérieure au simple revêtement contre-plaqué. Au lieu d'avoir des cloisons supportant le plancher, des poutrelles de toit ou des systèmes de chevrons, les poutres sont portées par des poteaux. Il existe une structure identifiable composée de pièces de gros-œuvre visibles. Généralement, il y a peu d'espaces cachés permettant au feu de se propager. Ce mode de construction est souvent perçu comme l'ancêtre des constructions modernes de grande hauteur, la majeure partie de la charge étant portée par la structure et le reste étant du remplissage. Le placage extérieur n'a aucune fonction de structure. La plupart des planches sont à rainure et languette, ce qui ralentit la progression du feu.

7.3.2.3.2 Ce type de construction génère de plus larges pans de matériaux de finition sans soutien que les constructions avec un canevas structural plus serré. Cette caractéristique peut entraîner la ruine de certaines parties de la structure alors que d'autres sont encore debout. Dans ces constructions les finitions intérieures offrent souvent de larges surfaces combustibles qui peuvent permettre la propagation des flammes.

7.3.2.4 Poteaux et cadres. La structure poteaux et cadres est proche de la structure planches et poutres parce qu'elle est composée d'éléments de plus grosse section, et que le cadre sert à fixer la finition extérieure. La construction des granges en est un exemple, avec l'essentiel de la charge portée par les poteaux, les cadres constituant des réseaux pour y monter la finition extérieure.

7.3.2.5 Structures en gros bois d'œuvre. Les structures résistantes correspondent à des types de constructions pour lesquelles les éléments composant la structure, c'est-à-dire les poteaux, les poutres, les portiques, les planchers et la toiture, sont constitués de bois non protégé, massif ou en lamellé-collé, ayant de fortes sections [200 mm ou 150 mm (8 in. ou 6 in.) pour la plus petite dimension, selon l'élément considéré]. Aucun espace caché n'est autorisé au niveau des planchers ou de la toiture ou d'autres parties de la structure, avec quelques exceptions mineures. Les systèmes de plancher sont souvent faits de larges solives et de pièces de plancher tout aussi larges [50 mm (2 in.) d'épaisseur, à rainure et languette, généralement pareillement finis].

7.3.2.5.1 Lorsque l'expression *structure en gros bois d'œuvre* est employée dans le code de la construction et dans la classification des assurances pour décrire un type de construction, cela inclut l'exigence que tous les murs porteurs, extérieurs ou intérieurs, soient en maçonnerie ou en tout autre matériau incombustible résistant au feu pour une durée de 2 heures. *(voir 7.3.4.)* Beaucoup de bâtiments ont des éléments de structure résistants en combinaison avec d'autres équipements tels que des éléments en bois de plus faible section ou en acier non protégé.

7.3.2.5.2 Les maisons contemporaines en rondins utilisent des rondins spécialement débités pour les murs extérieurs et pour la plupart des éléments structuraux. Le reste de la construction est

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

généralement une structure standard deux par quatre. Des travées et des espaces non recoupés ainsi que de grandes surfaces combustibles en finition intérieure sont couramment rencontrées dans ce type de construction. Du fait de la finition intérieure, des éléments de structure en bois et des espaces non recoupés, la propagation du feu peut être rapide. La propagation et la ruine rapides apparaissent fréquemment en contradiction avec les murs massifs et les éléments de structure qui restent souvent debout.

7.3.2.6 Autres constructions de type résidentiel. Bien que les structures en bois, montées sur site soient traditionnellement associées aux constructions résidentielles, d'autres configurations et d'autres matériaux sont mis en œuvre.

7.3.2.6.1 Maisons mobiles. La maison mobile correspond à une structure transportable en un ou plusieurs morceaux et qui mesure en configuration transport 2,4 m (8 ft) ou plus de large et 12,2 m (40 ft) ou plus de long, ou qui, lorsqu'elle est montée sur site, a une surface de 29,7 m^2 (320 ft^2) ou plus. Cette maison est construite sur un châssis permanent (structure) et est conçue pour servir d'habitation lorsqu'elle raccordée en eau et en énergie ; elle possède ou non des fondations. *(voir* la NFPA 501, *Standard on Manufactured Housing.)* Aux U.S.A. depuis le 15 juin 1976, une maison mobile doit être conçue et construite selon le document 24 CFR 3280, « *Manufactured Home Construction and Safety Standards* » (Norme HUD).

(A) Les maison mobiles comprennent quatre principaux composants ou éléments à assembler ; le châssis, l'ensemble préfabriqué de plancher, l'ensemble préfabriqué des murs et le système de toiture. Le châssis est la structure de base de la maison préfabriquée, qui reçoit toutes les charges descendantes des murs, de la toiture et du plancher et qui les transmet à un système de stabilisation qui peut être des piliers ou des pieds, ou à des fondations. Le châssis comprend généralement deux barres en acier longitudinales, renforcées par une pièce en acier en forme de croix. Des pièces en acier fixées à l'extérieur des barres principales portent la largeur du châssis à la largeur approximative de la superstructure. L'ensemble préfabriqué de plancher est composé d'une structure avec des plaques collées et clouées aux solives, d'une couverture d'isolation en laine de verre installée entre les solives et d'un pare-vapeur rendant la partie basse du sol étanche. Les conduites et canalisations sont souvent montées longitudinalement dans le système de plancher. Le revêtement de sol est généralement de la moquette, du linoléum, ou du carrelage.

(B) Dans les nouvelles maisons conformes à la norme HUD, les revêtements extérieurs sont en métal, en vinyle ou en bois sur des montants en bois, et les surfaces intérieures des murs extérieurs sont souvent faites de plaques de plâtre. Dans les maisons plus anciennes, antérieures à la norme HUD, les murs sont généralement en lattes de bois avec un revêtement extérieur en aluminium, et les surfaces des murs intérieurs combustibles sont, en général, des panneaux de bois.

(C) Le système de toiture dans les maisons conformes à la norme HUD est constitué soit d'une charpente en chevrons de bois et système de solives au plafond, soit d'un système avec fermes en bois. La toiture est généralement faite de plaques de fibrociment ou de panneaux de grandes particules orientées fixés au sommet des chevrons ou des fermes. Le revêtement de finition est souvent constitué de bardeaux. Dans les constructions plus récentes conformes à la norme HUD, les plaques de plâtre peuvent être fixées directement sur le bas des solives ou sur le bas des fermes. Des produits projetés ou en rouleaux, de laine de roche ou de matière cellulosique constituent l'isolation de la toiture. Dans les constructions plus anciennes, antérieures à la norme HUD, la couverture extérieure du toit est souvent en acier galvanisé ou en aluminium. Les surfaces intérieures du plafond peuvent être en matériau combustible ou en plaques de plâtre.

(D) Des cornières en acier renforcent les liaisons entre les murs et le plancher. Des barres diagonales en acier lient le plancher et le toit pour former une structure complète.

(E) Les maisons mobiles plus anciennes, constituées de métal à l'extérieur et de panneaux de bois à l'intérieur, peuvent être les proies d'incendies plus intenses et plus rapides que les habitations individuelles construites sur site. Le délai de percement des murs et du plafond par le feu résulte de l'embrasement rapide des lattes des murs et des chevrons et couverture de toit. Dans ce type d'habitation, les pièces sont souvent plus petites que dans d'autres types d'habitation, ce qui peut entraîner une charge combustible par unité de volume plus grande. La carcasse métallique extérieure, exposée à un feu intérieur qui l'échauffe, va émettre à son tour du rayonnement. La toiture métallique empêche, en principe, que se crée une ventilation verticale qui pourrait permettre d'évacuer les fumées chaudes, ce qui participe à l'extension du feu.

(F) Dans les maisons plus récentes, la mise en place de plaques de plâtre au mur et au plafond, réduisant la vitesse de propagation de la flamme sur les matériaux autour des équipements de chauffage et de cuisson, et l'obligation de détecteurs de fumée maintenus opérationnels, tendent à rendre les incendies dans ces maison mobiles similaires à ceux des habitations traditionnelles à structure en bois, et construites sur site. Dans les habitations plus anciennes, antérieures à la norme HUD, l'inflammation des matériaux de finition à proximité des équipements de chauffage et de cuisson et l'absence de détecteurs de fumée font partie des problèmes identifiés au regard du risque incendie.

7.3.2.6.2 Maisons préfabriquées. Une maison préfabriquée est construite en usine et placée sur des fondations construites sur site, respectant totalement ou en partie la réglementation applicable aux habitations conventionnelles bâties sur site.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

7.3.2.6.3 Constructions résidentielles à structure métallique. De nos jours, de nombreux constructeurs ont adopté les structures métalliques pour les bâtiments résidentiels. Comme les constructions en acier formé à froid deviennent prédominantes pour les bâtiments résidentiels, les autorités chargées de la réglementation se sont mises à la rédaction des exigences structurelles et de résistance au feu des constructions métalliques. Les structures métalliques ont beaucoup de similitudes avec les structures en bois conventionnelles. On peut choisir l'option structure métallique pour les constructions sur site (charpentes à claires-voies), et pour les systèmes de panneaux ou préfabriqués. L'acier, tout comme les constructions maçonnées, est incombustible ; cependant, l'acier peut perdre ses propriétés mécaniques lors d'une exposition importante à la chaleur. Des essais ont montré que des poutres et poutrelles en acier non protégé soumises à des conditions correspondant à celles d'un flash-over peuvent s'effondrer en un temps aussi court que 3 minutes.

7.3.2.7 Éléments de structure en bois reconstitué. Le gros-œuvre en bois lamellé-collé se comporte de manière similaire au bois massif jusqu'à ce que le feu commence à endommager de manière préjudiciable sa stabilité structurelle. S'il y a effondrement, l'investigateur devrait relever l'ensemble des dimensions caractéristiques de l'élément de structure ainsi que les dimensions des pièces collées. Les poutres en lamellé-collé se comportent comme le bois massif ; en effet, elles vont rester en place et supporter les charges plus longtemps que les poutres en acier non protégé. Les poutres en lamellé-collé sont généralement conçues exclusivement pour des usages à l'intérieur. Les intempéries sont susceptibles d'affecter leurs capacités portantes ; ce point devrait être pris en compte en cas d'exposition à l'eau ou à toute autre condition similaire.

7.3.2.7.1 Les poutres en bois « en I » sont construites avec du bois de charpente de petite dimension pour les semelles supérieures et inférieures, et avec du bois avec fibres orientées ou du contre-plaqué pour le cœur de la poutre. De nouvelles solives de plancher peuvent être fabriquées totalement avec des semelles hautes et basses en bois reconstitué tel que du contre-plaqué bon marché. Ces éléments sont généralement plus fins que les solives de plancher et les éléments de structure, qu'ils remplacent. Il en résulte que la perforation de l'âme de ces solives et leur perte d'intégrité sont susceptibles de se produire plus vite, par rapport à ce qui est généralement avancé pour le bois de charpente. L'utilisation de bois reconstitué tel que les plaques de bois à fibre orientées ou le contre-plaqué entraîne une augmentation des vitesses de pénétration par combustion ; la défaillance du collage qui s'en suit peut causer le délaminage et la désintégration des produits. Cette défaillance est susceptible d'engendrer l'effondrement prématuré des systèmes plancher/plafond. Les brèches créées dans la matière pour les gaines techniques peuvent aussi permettre au feu de passer à travers ces espaces et conduire à des défaillances précoces. A la différence des fermes en bois, les poutres en bois de type I vont confiner le feu dans l'espace de la solive pendant quelques instants.

7.3.2.7.2 Les fermes en bois sont similaires aux fermes fabriquées avec d'autres matériaux dans leur conception générale et dans leur construction. Les éléments de ferme sont souvent reliés avec des clous et des goussets. Les goussets peuvent causer des défaillances avant la combustion en profondeur des éléments de charpente. Cette défaillance se produit car la broche en métal conduit rapidement la chaleur, causant de la carbonisation, et parce que la pointe qui pénètre réellement dans la matière est courte. La carbonisation fait relâcher la broche par le bois, causant la ruine de la ferme. La défaillance d'une ferme induit des charges sur les fermes voisines, ce qui peut conduire à un effondrement rapide.

7.3.3 Constructions traditionnelles.

7.3.3.1 La différence entre les constructions traditionnelles et celles comportant une charpente légère en bois repose principalement sur la construction des murs extérieurs. Dans les constructions comportant une charpente, l'élément qui porte la charge des murs est le bois de la structure. Dans les constructions traditionnelles, les murs extérieurs sont en maçonnerie ou en autre matériau incombustible. Les cloisons intérieures, le plancher, et les supports de couverture sont en bois assemblé et, en général, avec mise en œuvre d'une méthode de construction par niveaux ou par éléments liés. Les constructions traditionnelles sont classées en constructions de type III selon la définition de la NFPA 220, *Standard on Types of Building Construction*.

7.3.3.2 Un grand nombre de facteurs ont une influence sur la propagation du feu dans ce type de construction, y compris les matériaux combustibles et les espaces verticaux libres. En plus de ces facteurs, il peut y avoir bien d'autres paramètres susceptibles d'influencer la propagation du feu, incluant les faux-plafonds, la circulation de gaines techniques, les défaillances structurales et l'effondrement prématuré.

7.3.4 Constructions en gros bois d'œuvre de type industriel. Les constructions de type industriel sont des constructions massives où il n'y a que des poutres et pas de poutrelles, si bien que le plancher n'a qu'une seule travée. Ceci génère de petites travées dans le bâtiment mais amène une bonne résistance à l'inflammation et une capacité plus élevée, pour continuer à supporter la charge et pour résister à une combustion traversante au cours d'un incendie. Les bâtiments hybrides sont similaires mais ils ont de plus larges travées grâce à la mise en œuvre à la fois de poutres et de poutrelles. Les bâtiments hybrides présentent une bonne résistance à la combustion traversante, et ils ont la capacité de continuer à supporter les charges au cours d'un incendie, bien que cette capacité soit souvent considérée comme un peu inférieure à celles des bâtiments en gros bois d'œuvre.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

7.3.5 Constructions incombustibles.

7.3.5.1 Généralités.

7.3.5.1.1 Les charpentes incombustibles sont principalement utilisées pour les bâtiments commerciaux, industriels, les entrepôts et les bâtiments de grande hauteur. Les principaux éléments structuraux sont incombustibles. Le principal intérêt des charpentes incombustibles est que la structure elle-même ne va pas apporter d'aliment supplémentaire au feu, et ne va pas contribuer directement à la propagation du feu. Les charpentes incombustibles peuvent être ou ne pas être résistantes au feu, bien que toutes ces charpentes aient de façon inhérente un certain degré de résistance au feu.

7.3.5.1.2 Les matériaux cassants tels que la brique, la pierre, la fonte ou le béton non armé sont résistants à la compression, mais peu résistants à la traction et au cisaillement. Les poteaux et les murs, mais pas les poutres, peuvent être construits avec ces matériaux. Les matériaux ductiles tels que l'acier vont se déformer avant de s'effondrer au cours d'un incendie. Dans la zone élastique, l'élément de structure va retrouver sa forme initiale sans perdre de sa solidité après que la charge ait été retirée. Dans la zone plastique, l'élément sera déformé de façon permanente, mais pourrait être capable de continuer à porter la charge. Dans n'importe quelle situation, l'élongation ou la déformation peuvent conduire à un effondrement ou à des dommages sur le bâtiment.

7.3.5.2 Charpentes métalliques non protégée. On trouve des poutres et des poutrelles nues dans les locaux ne nécessitant pas de finitions intérieures. Des essais ont montré que ces éléments sont susceptibles de perdre leurs propriétés mécaniques en un temps aussi court que 3 minutes dans des conditions d'exposition correspondant à celles d'un flash-over.

7.3.5.2.1 Les principaux matériaux utilisés pour la structure dans les charpentes incombustibles sont l'acier, les produits maçonnés et le béton. On peut trouver des éléments en fer forgé dans les bâtiments anciens, alors que le cuivre et les alliages tels que le laiton et le bronze sont principalement utilisés pour la décoration plutôt que pour des applications comportant des charges à porter. L'aluminium est rarement rencontré en tant qu'élément de structure, bien qu'il soit utilisé pour les bardages et en revêtement extérieur à la fois dans les charpentes combustibles et incombustibles. L'aluminium va fondre à une température bien inférieure à celle rencontrée dans un incendie. Un conducteur sous-tension pourrait venir en contact avec un matériau conducteur et causer un défaut. Cette capacité à conduire l'électricité pourrait générer ce qui pourrait passer pour un second foyer. Le béton et les éléments maçonnés vont généralement absorber plus de chaleur que l'acier, car pour une solidité équivalente à celle de l'acier, la masse à mettre en œuvre avec ces matériaux est plus élevée. Le béton et les éléments maçonnés sont de bons isolants thermiques, aussi ils ne s'échauffent pas vite et ne laissent pas la chaleur les traverser rapidement. L'acier est un bon conducteur de la chaleur, aussi il absorbera la chaleur et la transférera beaucoup plus vite que la maçonnerie ou le béton.

7.3.5.2.2 L'acier perd sa capacité portante à une température beaucoup plus basse que le béton ou les éléments maçonnés, et perd ses propriétés mécaniques à des températures bien en-dessous de celles escomptées au cours d'un incendie. Les éléments structuraux en acier peuvent se tordre, flamber ou s'effondrer lorsqu'ils sont soumis à un incendie. Le fer forgé résiste à des températures plus élevées que l'acier, mais même les poteaux en fer forgé sont susceptibles de se tordre lorsqu'ils sont exposés à un feu de bâtiment. Pour un élément de structure en acier, le risque d'être endommagé au cours d'un incendie dépend de l'intensité et de la durée du feu, des dimensions de l'élément en acier, et de la charge portée par cet élément.

7.3.5.2.3 Même si tous les systèmes de construction ont certaines propriétés inhérentes de résistance au feu, les systèmes classés au feu sont des systèmes qui ont été testés selon certaines procédures spécifiques en vue d'un classement en fonction du temps. Les classements en résistance au feu peuvent concerner la capacité d'un assemblage constructif à porter une charge au cours d'un feu ou à empêcher la propagation d'un incendie. Les classements en résistance au feu sont obtenus sur la base d'un essai spécifique et n'indiquent pas nécessairement combien de temps un système conservera ses propriétés au cours de n'importe quel incendie réel.

7.3.5.3 Charpentes en béton ou maçonnés. Le béton et la maçonnerie constituent d'autres matériaux de charpente majeurs. Ces matériaux possèdent des propriétés intrinsèques de résistance aux effets du feu du fait de leur masse, de leur masse volumique élevée, et de leur faible conductivité thermique.

7.3.5.3.1 On trouve le béton et la maçonnerie sous de nombreuses formes et pour beaucoup d'applications. Le béton et les assemblages maçonnés sont résistants en compression mais relativement peu résistants en traction. Aussi, les deux ont besoin d'être renforcés pour la résistance à la traction.

7.3.5.3.2 Les effondrements dus au feu avec ce type de matériau proviennent généralement de la défaillance des éléments de renfort ou de la liaison entre éléments. La défaillance des éléments de renfort peut résulter du transfert thermique

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

à travers le béton ou la maçonnerie, ou de l'écartement de la surface avec exposition des armatures de renfort aux températures de l'incendie. Les liaisons sont généralement en acier et leur défaillance se produit effectivement à l'intérieur de la fourchette de températures rencontrées dans un feu de bâtiment.

7.4 Assemblages complexes de construction.

7.4.1 Généralités. Ces assemblages, tel que le terme est employé dans ce chapitre, représentent un ensemble de composants, tels que des éléments de structure, qui vont constituer un mur, un plafond/plancher, ou autre. Les composants peuvent être des éléments tels que des portes qui forment une partie d'un plus vaste ensemble. Le comportement au feu de ces assemblages a souvent une influence sur le développement et la propagation du feu, ainsi que sur leur propre capacité à maintenir leur intégrité structurale au cours de l'incendie. Les assemblages sont souvent interdépendants, et la défaillance de l'un peut contribuer à la ruine de l'autre.

7.4.1.1 Les assemblages peuvent ou pas, être classés en résistance au feu ; toutefois de nombreux assemblages auront un certain degré de résistance au feu. Il est également nécessaire de noter que la plupart des assemblages ne sont pas classés pour l'étanchéité aux fumées à l'exception des clapets des systèmes de désenfumage. Les enregistrements relatifs à la scène d'incendie devraient inclure les équipements installés afin d'effectuer plus tard la comparaison avec les exigences de la réglementation applicable.

7.4.1.2 Un élément complexe de construction sans classement signifie que nous ignorons ce que les essais de feu normalisé donneraient comme résultat sur le délai de défaillance dans les conditions de l'essai normalisé.

7.4.1.3 Les éléments complexes de construction sont classés sur la base d'un critère spécifique et dans les conditions de l'essai feu. Les conditions réelles d'un incendie rencontrées dans les bâtiments peuvent être plus sévères et peuvent causer la défaillance d'un élément dans un délai notablement inférieur à celui correspondant au classement de cet élément par l'essai. La ruine d'un élément n'est pas en elle-même et par elle-même un indicateur de la cause d'un incendie ; cependant, il est opportun de déterminer les circonstances ayant concouru à la défaillance de cet élément.

7.4.1.4 Lorsque l'on évalue le comportement d'un système après un feu, la défaillance locale éventuelle d'un des composants du système doit être examinée, tels qu'un trou dans un mur, une plaque manquante sur un plafond ou même une porte bloquée ouverte.

7.4.2 Assemblages plancher/plafond/toiture.

Les systèmes plancher/plafond peuvent présenter différents types de défaillances, comprenant l'effondrement, la déviation, la torsion, la transmission de chaleur ou la pénétration du feu, permettant la propagation verticale de l'incendie. La défaillance dépend de plusieurs facteurs, dont le type d'éléments structuraux, la protection de ces éléments, ainsi que la portée, la charge et l'espacement entre poutres. Les systèmes de plancher classés sont testés avec un feu en-dessous et pas au-dessus. Il existe peu de données expérimentales sur les feux se propageant vers le bas, qui peuvent se produire par certains mécanismes tels que le rayonnement émis par la couche chaude ou la chute de matières enflammées. Les charges d'exploitation et le poids de l'eau peuvent contribuer à l'effondrement des planchers et des plafonds.

7.4.2.1 On trouve souvent des passages libres dans les assemblages plancher/plafond. Ces passages sont utilisés pour faire circuler les gaines techniques, les systèmes de chauffage et de climatisation, la plomberie, les câbles informatiques et de télécommunication, et d'autres équipements. Dans les assemblages plancher/plafond classés en résistance au feu, ces passages doivent être étanchés afin de maintenir le niveau de classement. Les passages non-étanchés permettent le passage du feu et de la fumée à travers le assemblage plancher/plafond.

7.4.2.2 Les systèmes de toiture ont plus d'influence sur la stabilité de la structure au cours de l'incendie que sur la résistance à la propagation du feu. Les toitures peuvent avoir un impact majeur sur la dynamique du feu si celles-ci présentent des défaillances au cours de l'incendie.

7.4.3 Murs. Les murs jouent plusieurs rôles au regard de la sécurité incendie, le plus évident d'entre eux étant le compartimentage qui tend à limiter la propagation du feu. Les murs séparatifs sont construits selon différentes normes, allant des murs non classés jusqu'aux murs autoporteurs résistants au feu.

7.4.3.1 Les murs peuvent ou être ou ne pas être classés au feu, et les murs classés peuvent être ou ne pas être porteurs. De la même manière, les murs porteurs peuvent être classés au feu même si leur fonction n'est pas d'arrêter la propagation du feu. Un mur coupe-feu ne sera pas efficace s'il n'est pas continu à travers le plafond et les combles.

7.4.3.2 Un mur coupe-feu est un mur séparant des bâtiments ou recoupant un bâtiment pour éviter la propagation du feu, et ayant un degré de résistance au feu et de stabilité structurale.

7.4.3.3 Un mur pare-flamme est un mur, différent d'un mur coupe-feu, ayant un degré de résistance au feu. Les murs coupe-feu et les murs pare-flamme ne satisfont pas les mêmes exigences sur l'étanchéité aux fumées.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

7.4.3.4 Les barrières aux fumées sont des partitions continues, verticales ou horizontales, telles qu'un mur, un plancher, ou un assemblage de plafond, conçues et construites pour limiter la circulation des fumées. Une barrière aux fumées peut ou avoir ou non un classement en résistance au feu. Les ouvertures dans de telles barrières doivent être protégées.

7.4.3.5 Des passages sont régulièrement observés dans les assemblages de murs. Ces passages sont utilisés pour les portes, les gaines techniques, les systèmes de chauffage et de climatisation, la plomberie, les câbles informatiques et de télécommunication et d'autres équipements. Les passages dans les assemblages de murs classés au feu doivent être étanchés pour maintenir le classement. Les passages non-étanchés facilitent la circulation du feu et de la fumée à travers l'assemblage de mur, permettant à l'incendie de se propager horizontalement.

7.4.3.6 Il n'est pas exigé qu'une barrière au feu soit faite avec des matériaux incombustibles. Les murs faisant office de barrière au feu et construits avec des matériaux combustibles peuvent être constitués de poteaux de bois avec des plaques de plâtre de type X en surface extérieure. Lorsque le bâtiment a un assemblage de mur supportant des charges, des matériaux combustibles peuvent également être utilisés. Dans ce cas deux murs distincts en bois sont construits ; la finition extérieure est en plaques de plâtre, entre les deux murs, on fixe du contre-plaqué, et il y un volume d'air entre les murs. La plupart des barrières au feu auront du type X des deux côtés du mur afin de le rendre résistant au feu.

7.4.3.7 On trouve de nombreux autres murs dans les bâtiments. Bien que ceux-ci n'aient pas subi d'essai en vue d'être classés, ils opposeront quand même une certaine résistance à la propagation du feu dans un bâtiment.

7.4.4 Portes. Les portes peuvent constituer un élément clé dans la propagation du feu. Les portes sont fabriquées à partir de divers matériaux et peuvent être classées au feu ou non. Il faudrait garder en mémoire que s'il existe une porte dans un mur coupe-feu, elle doit posséder le degré coupe-feu approprié, et doit être installée en tant qu'élément constituant et assemblé. Les systèmes de portes coupe-feu doivent comprendre des cadres, des gonds, des fermetures, des systèmes de clenche et si équipés de vitres (et autorisés à cela), ils doivent tous être classés au feu. Les portes coupe-feu peuvent être en bois, en acier, ou en acier avec une âme isolante faite de bois ou d'une matière minérale. Alors que certaines portes ont des niveaux d'isolation thermique négligeables, d'autres peuvent avoir un classement en isolation thermique de 121°C, 232°C, ou 343°C (250°F, 450°F, et 650°F). Cela signifie que l'élévation de la température sur la face non exposée de la porte ne dépassera pas les valeurs précédentes lorsque la porte est exposée à la température de la courbe normalisée température-temps pendant 30 minutes. Ces niveaux d'isolation facilitent l'évacuation, en particulier dans les cages d'escalier des immeubles à plusieurs étages, et amènent une certaine protection contre le risque d'auto-inflammation des combustibles situés à proximité de la face non exposée de la porte. En plus du classement de la porte, celle-ci doit être fermée, pour limiter efficacement la propagation du feu d'un compartiment vers un autre compartiment. La position des portes peut varier pendant et après un incendie pour diverses raisons telles que les systèmes de fermeture automatique, les mouvements de personnes et les opérations d'extinction.

7.4.5 Volumes cachés. Ils correspondent aux volumes dans un bâtiment qui sont généralement inaccessibles ou d'un accès limité tels que les espaces interstitiels au-dessus d'un plafond, sous un plancher, ou entre des murs. Les combles, accessibles ou non, peuvent aussi être considérés comme des volumes cachés. Ces espaces constituent un cheminement caché permettant au feu de croître et de se propager sans être identifié de façon précoce dans le déroulement des évènements. Avec le temps, le feu sort de l'espace caché, il s'est souvent déjà propagé de manière importante dans le bâtiment. Les feux dans les espaces cachés sont difficiles à éteindre. On peut trouver des volumes cachés dans presque tous les types de constructions. Ils peuvent être protégés par des sprinkleurs, des barrières ou de la détection incendie. La présence, l'efficacité ou l'absence de tels dispositifs de protection peuvent avoir des conséquences phénoménales sur la progression du feu. Pour des volumes cachés identifiés comme incombustibles, tous les composants, matériaux ou équipements mis en œuvre au sein de ce volume caché doivent être incombustibles ou être des systèmes résistants au feu, ou encore être pourvus d'un revêtement de protection au feu répertorié. Les volumes cachés usuellement classés comme incombustibles peuvent contenir encore quelques matériaux combustibles tels que des éléments de charpente en bois ignifugé, des câbles de télécommunication et de puissance et des canalisations en plastique. Un feu est encore susceptible de prendre naissance et de se propager dans un volume caché classé comme incombustible.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 8 Électricité et Incendie

8.1* Introduction.

Ce chapitre présente l'analyse des systèmes et des équipements électriques. L'accent est mis sur les systèmes électriques monophasés 120/240 volts rencontrés dans les bâtiments. Ces tensions sont typiques des bâtiments résidentiels et commerciaux. Ce chapitre présente également les principes de base de la physique relative à l'électricité et à l'incendie.

8.1.1 Il est entendu qu'avant de commencer l'analyse d'un équipement électrique spécifique, la personne en charge de la recherche de cause d'incendie aura déjà déterminé la zone ou le point d'origine du feu. Les équipements électriques devraient être considérés comme une source d'inflammation comme une autre et non comme une première option ou une dernière option. La présence de câbles ou d'un équipement électrique au point d'origine du feu ou à proximité ne signifie pas nécessairement que le feu a été causé par l'énergie électrique. Il arrive souvent que le feu détruise les isolants ou modifie l'apparence des conducteurs ou de l'équipement, ce qui peut parfois conduire à des affirmations erronées. Un examen minutieux est justifié.

8.1.2 Les conducteurs et équipements électriques qui sont utilisés correctement et protégés par des fusibles ou des disjoncteurs correctement dimensionnés ne présentent normalement pas de risque incendie. Toutefois, les conducteurs et l'équipement peuvent constituer des sources d'ignition si des matériaux facilement inflammables sont présents à l'endroit où ces matériels ont été installés, ou si ces matériels sont utilisés de façon inadaptée. La non-conformité de l'installation électrique à la norme NFPA 70, *National Electrical Code*, peut ou non avoir un lien avec la cause de l'incendie.

8.2 Concepts de base en électricité.

8.2.1 Généralités. L'objectif de cette section est de présenter brièvement et simplement le vocabulaire et les concepts de base en électricité afin de développer chez le lecteur une compréhension professionnelle de ces sujets.

Tableau 8.2.2.1(a) Matériels d'un système hydraulique et matériels équivalents d'un système électrique.

Système hydraulique Matériels	Système électrique Matériel
Pompe à pression constante	Source de courant continu comme une batterie
Tuyau	Câble
Turbine à eau	Moteur (courant continu)
Appareil de mesure de la pression différentielle	Voltmètre (courant continu)
Débitmètre	Ampèremètre (courant continu)
Vanne d'arrêt	Interrupteur

Tableau 8.2.2.1(b) Grandeurs et unités hydrauliques et grandeurs et unités électriques équivalentes.

Grandeurs hydrauliques	Unités hydrauliques	Grandeurs électriques	Unités électriques
Pression	Livres par pouce carré (psi)	Potentiel (tension)	Volts
Pression différentielle	Livres par pouce carré (psi)	Différence de potentiel (tension)	Volts
Chute de pression	Livres par pouce carré (psi)	Chute de tension (tension)	Volts
Débit	Gallons par minute (gpm)	Intensité = Débit de courant	Ampères = coulombs par seconde
Perte de charge	Livres par pouce carré (psi)	Résistance	Ohms
Diamètre canalisation (interne)	Pouces	Diamètre conducteur électrique	AWG
Eau	Gallons	Charge	Coulombs

Note : Pour la conversion en unités SI, 1 psi = 6.89 kPa.

8.2.2 Comparaison entre électricité et hydraulique. De l'eau qui coule dans un tuyau est un concept familier à tout le monde. Ce phénomène a quelques similitudes avec le courant électrique se déplaçant dans un circuit électrique. En raison de ces similitudes, on peut faire un rapprochement limité entre systèmes hydrauliques et systèmes électriques pour comprendre ces derniers.

8.2.2.1 Éléments constitutifs des systèmes hydraulique et électrique. Le tableau 8.2.2.1(a) propose une comparaison entre certains matériels des systèmes hydrauliques avec leur équivalent au niveau des systèmes électriques. Le tableau 8.2.2.1(b) compare certaines grandeurs et unités en hydraulique avec leur équivalent en électricité.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

NFPA 921 / 2

8.2.2.2 Comparaison entre pression hydraulique et tension.

8.2.2.2.1 Dans un système hydraulique, la pompe crée une différence de pression qui force l'écoulement du liquide dans une canalisation et au travers des équipements hydrauliques. Dans un système hydraulique, le manomètre est placé en un point. Cela pourrait laisser penser à tort que la pression n'est pas un phénomène différentiel. En réalité, toutes les pressions sont différentielles. Les manomètres courants mesurent la différence entre la pression au point de mesure et la pression atmosphérique. Il est important de comprendre que c'est la différence de pression entre une extrémité de la canalisation (ou équipement) et l'autre extrémité, et pas seulement la pression à une extrémité, qui force l'écoulement du liquide dans la canalisation (ou équipement). Cette différence peut être déterminée en calculant la différence entre deux mesures sur deux manomètres courants ou en utilisant un manomètre différentiel qui est équipé de deux capteurs de pression. La pression hydraulique est mesurée en kilo pascals (kPa) ou en livres par pouce carré (psi, *pounds per square inch*).

8.2.2.2.2 Dans un système électrique, une batterie ou un générateur de tension continue crée une différence de potentiel ou une tension qui force la charge à circuler dans un conducteur et au travers des équipements électriques. Les voltmètres usuels mesurent la différence de potentiel entre deux points. Toutes les tensions sont différentielles. L'unité de mesure de la différence de potentiel ou de la tension est le volt.

8.2.2.3 Comparaison entre débit d'eau et courant. Dans un système hydraulique, l'eau s'écoule à des fins utiles. Dans un système électrique, c'est la charge qui s'écoule à des fins utiles. La charge est un ensemble d'électrons tout comme l'eau est un ensemble de molécules d'eau. La charge se mesure en coulombs, et l'eau en gallons (ou en litres). La vitesse d'écoulement de la charge s'appelle le courant électrique, et le courant se mesure en ampères. Un débit électrique de un coulomb par seconde équivaut à un ampère. La quantité de courant en ampères (A) peut être mesurée à l'aide d'un ampèremètre. Le débit de l'eau qui coule peut s'exprimer en gallons per minute (gpm) ou en litres par minute (lpm), et peut être mesuré avec un débitmètre. Le courant électrique peut être soit continu (dc), tel qu'il est fourni par une batterie, soit alternatif (AC), tel qu'il est délivré par les compagnies d'électricité ou par les alternateurs qui convertissent le dc en ac.

8.2.2.4 Courant continu et courant alternatif. Le courant continu circule dans une seule direction, comme de l'eau qui s'écoule, alors que le courant alternatif circule dans un sens puis dans l'autre avec une fréquence spécifique. Pour la plupart des exemples présentés ici, il est plus facile de visualiser les circuits alternatifs comme s'ils étaient en continu. Aux États-Unis, les compagnies délivrent l'électricité à une fréquence de 60 hertz, soit 60 cycles par seconde. Les transformateurs, les moteurs, les condensateurs et d'autres équipements électriques qui sont essentiellement résistifs, ainsi que certains composants électroniques, ne peuvent pas être analysés de façon satisfaisante ou complètement explicités en utilisant le modèle du courant continu. En outre, les circuits triphasés ne peuvent pas être analysés ou décrits avec des circuits en courant continu.

8.2.2.5 Comparaison entre canalisations d'eau et conducteurs. La canalisation d'eau représente le chemin emprunté par l'eau pour s'écouler. Pour les systèmes électriques, les conducteurs, dans les câbles par exemple, constituent le chemin vis-à-vis du courant.

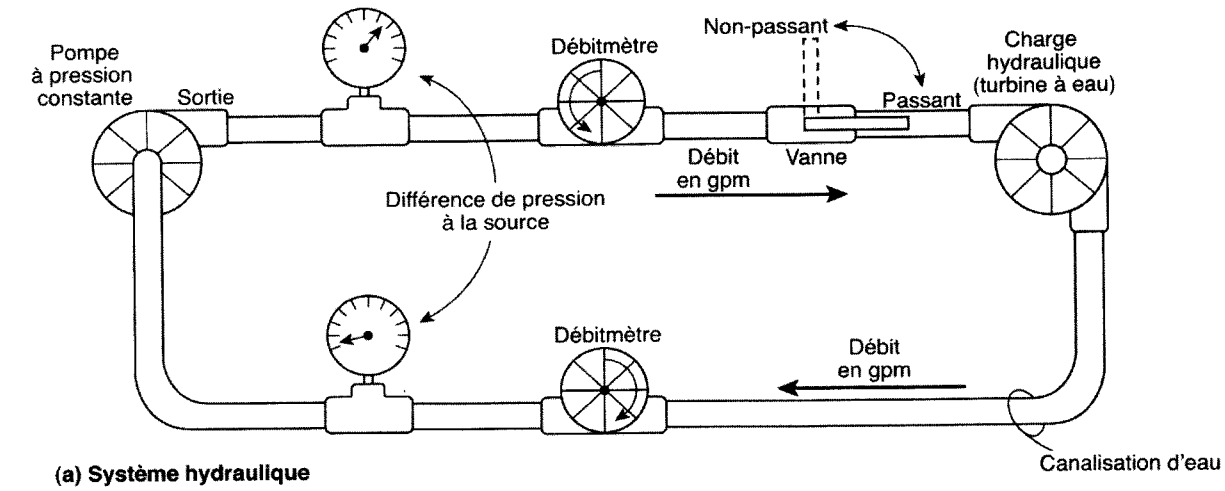
8.2.2.6 Comparaison entre les systèmes hydrauliques fermés et les circuits électriques. Dans un système hydraulique fermé (par rapport à une lance incendie où l'eau est projetée par l'extrémité de la lance), l'eau circule dans une boucle, retourne à la pompe, où elle est remise en circulation dans la boucle. Lorsque la vanne est fermée, l'écoulement s'arrête partout dans le système. Lorsque la vanne est ouverte, l'écoulement reprend. Un système électrique est un système fermé, dans le sens où le courant doit circuler dans une boucle ou dans un circuit complet. Lorsque l'interrupteur est fermé, le circuit est complet et le courant s'écoule. Lorsque l'interrupteur est ouvert, le circuit l'est aussi et le courant s'arrête de circuler en tous points de la boucle. Voir la figure 8.2.2.6.

8.2.2.7 Comparaison entre pertes de charge et résistance électrique.

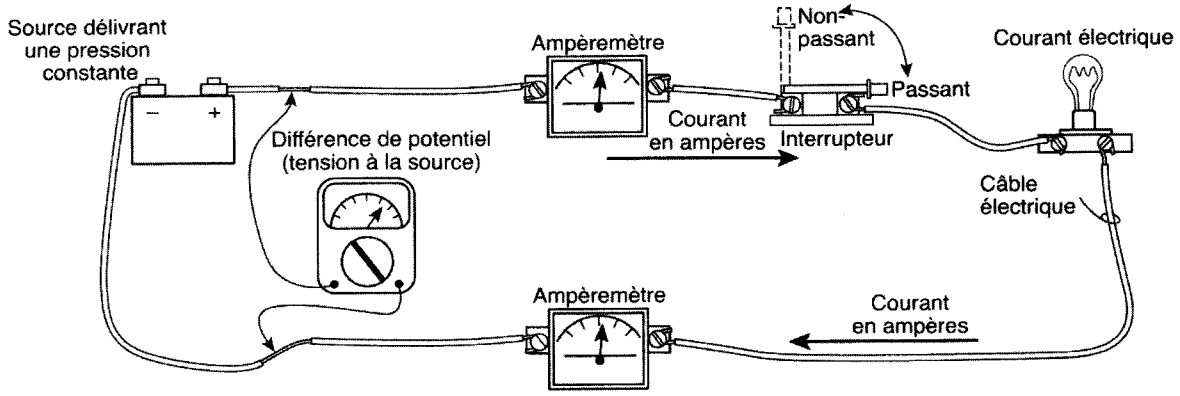
8.2.2.7.1 Les frottements dans les canalisations conduisent à des chutes de pression. Le frottement électrique (c'est-à-dire la résistance) dans les conducteurs et dans les autres parties d'un circuit conduisent également à une chute de pression électrique ou chute de tension. La loi d'Ohm permet d'exprimer la résistance comme une chute de tension *(voir 8.2.5.)*.

8.2.2.7.2 Lorsque l'électricité circule dans un matériau conducteur tel qu'un câble, un tuyau ou n'importe quel élément en métal, de la chaleur est produite. La quantité de chaleur dépend de la résistance de l'équipement au travers duquel le courant circule, et de la quantité de courant. Certains équipements, tels que les radiateurs électriques, sont conçus avec une résistance adéquate pour transformer l'électricité en chaleur.

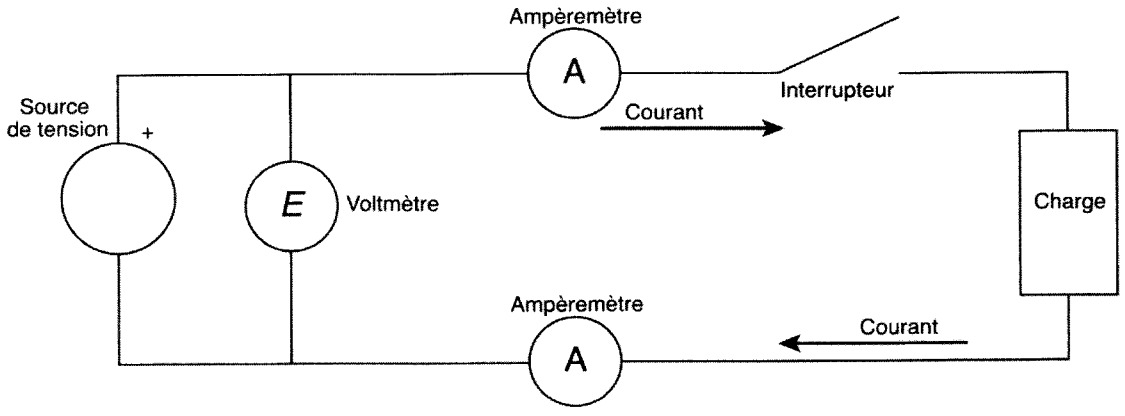
© Tous droits réservés- Reproduction interdite



(a) Système hydraulique



(b) Système électrique



(c) Schéma électrique du circuit électrique présenté en (b)

FIGURE 8.2.2.6 Un circuit hydraulique, un circuit électrique analogue, et une représentation schématique du même circuit électrique.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

8.2.2.8 Comparaison entre dimensions des canalisations et calibre des câbles. Le débit d'eau dans une canalisation à une chute de pression donnée est contrôlé par les dimensions de la canalisation. Une canalisation de section plus importante permettra à davantage d'eau de s'écouler en unité de volume par minute qu'une canalisation de section plus faible à une chute de pression donnée. De la même manière, des conducteurs de section plus grande permettront la circulation d'une plus grande quantité de courant que ne le feraient des câbles de section plus faible. La taille des conducteurs est indiquée par les numéros d'American Wire Gauge (AWG). Plus le numéro est grand, plus le diamètre du conducteur est petit. Les conducteurs de petite section, tels que le 22 AWG, sont utilisés pour le téléphone et d'autres courants de type signal où des courants faibles sont en jeu. Des conducteurs de section plus importante, tels que le 14, 12, et le 10 AWG, sont utilisés dans les installations résidentielles. Plus le diamètre du conducteur est grand (et donc plus la section est grande), plus le numéro AWG est petit et plus la résistance du conducteur est faible. Cela signifie qu'un conducteur en cuivre 12 AWG peut supporter une intensité plus élevée en toute sécurité qu'un conducteur en cuivre 14 AWG *(voir figure 8.2.2.8.)*.

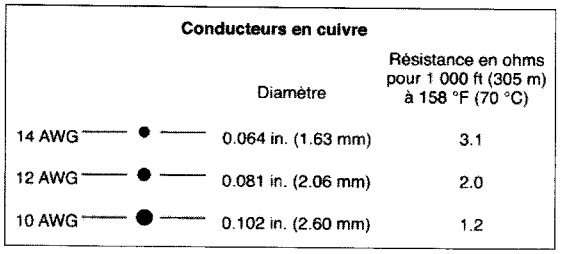


FIGURE 8.2.2.8 Câbles. Gamme American Wire Gauge (AWG), Diamètre et résistance des conducteurs couramment rencontrés dans les installations électriques des bâtiments.

8.2.3 Intensité maximale admissible. L'intensité maximale admissible d'un câble est la valeur du courant en ampères que le conducteur peut supporter de manière continue dans les conditions d'utilisation sans dépasser sa classe de température. Elle dépend de la température ambiante à laquelle le câble est soumis ainsi que d'autres paramètres, tels que la présence ou non d'autres câbles transportant un courant similaire dans la même gaine, s'il est seul, ou s'il est à l'air libre etc. Par exemple, le tableau 310.16 de la NFPA 70, *National Electrical Code*, indique que l'intensité maximale admissible pour un câble 8 AWG avec des conducteurs en cuivre et un isolant TW (thermoplastique résistant à l'humidité) est de 40 ampères. Cette valeur est valable pour une température ambiante de 30°C (86°F) et pour un câble, monté dans une gaine ou sur un support à l'air libre, ne contenant pas plus de trois câbles. Tout changement – tel que plus de conducteurs dans le toron, une température ambiante plus élevée, ou un isolant autour de la gaine – qui réduit la dissipation de chaleur dans l'environnement va diminuer l'intensité admissible. Un conducteur de même section a une intensité admissible de 50 ampères avec un isolant THWN (thermoplastique résistant à l'humidité et à la chaleur) ; l'isolant THWN a une température limite d'utilisation de 75°C (167°F) comparée à 60°C (140°F) pour l'isolant TW. La température limite d'utilisation de l'isolant est la température maximale que le câble peut supporter en tous points de sa longueur, en utilisation continue sans subir de dégradation importante.

8.2.3.1 La valeur de l'intensité maximale d'un câble dépend de l'échauffement du conducteur par le courant électrique, de la température ambiante à laquelle se trouve le câble, de la température limite d'utilisation de l'isolant et de la quantité de chaleur dissipée par le câble dans l'environnement. Le courant qui passe dans un conducteur en aluminium génère plus de chaleur que le même courant qui passe dans un conducteur en cuivre de même section ;; l'intensité maximale admissible d'un câble en aluminium est plus faible que celle d'un câble en cuivre de même section. De façon analogue, l'intensité maximale admissible d'un câble est diminuée lorsqu'il est utilisé à température plus élevée ou qu'il est recouvert d'un matériau qui l'isole thermiquement. A l'inverse, l'intensité maximale admissible réelle d'un seul câble à l'air libre ou dans une gaine sera plus élevée que celle indiquée dans les tables. L'intensité maximale admissible dans les conditions de l'installation peut devenir une donnée importante dans l'analyse de la cause d'un défaut électrique.

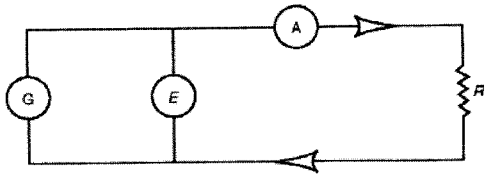
8.2.3.2 Un facteur de sécurité est inclus dans les valeurs d'intensité maximale admissible. Montrer simplement que l'intensité maximale admissible a été dépassée ne signifie pas pour autant que le feu est d'origine électrique.

8.2.4 Conductivité des conducteurs. Certains conducteurs conduisent l'électricité avec moins de résistance que d'autres. L'argent conduit mieux que le cuivre. Le cuivre conduit mieux que l'aluminium. L'aluminium conduit mieux que l'acier. Cela veut dire qu'un câble 12 AWG en cuivre offrira moins de résistance que le câble 12 AWG de même section en aluminium. L'effet Joule est moindre pour un câble en cuivre que pour un câble en aluminium de même numéro AWG et dans lequel circule le même courant.

8.2.5 Loi d'Ohm. En toute rigueur, les principes suivants ne peuvent être appliqués qu'au courant continu. Des relations similaires mais un peu plus complexes sont nécessaires pour l'analyse du courant alternatif. La loi d'Ohm indique que la tension *(voir figure 8.2.5)* dans un circuit est égale à l'intensité multipliée par la résistance, soit :

8.2.5.1 La tension *(E)* s'exprime en volts, l'intensité *(I)* s'exprime en ampères, et la résistance *(R)* s'exprime en ohms.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite



$$E = I \times R$$

où

E = tension

I = intensité

R = résistance

FIGURE 8.2.5 Loi d'Ohm dans un circuit simple.

8.2.5.2 En utilisant cette seule loi, la chute de tension peut être calculée si l'intensité et la résistance sont connues. En réarrangeant les termes, le calcul peut être fait pour l'intensité si la tension et la résistance sont connues :

$$\text{courant} = \frac{\text{volts}}{\text{résistance}} \text{ ou ampères} = \frac{\text{volts}}{\text{ampères}}$$

8.2.5.3 De la même manière, la résistance peut être calculée si le courant et la tension sont connus :

$$\text{résistance ; } \frac{\text{tension}}{\text{courant}} \text{ ou ohms} = \frac{\text{volts}}{\text{ampères}}$$

8.2.5.4 Un voltmètre et un ampèremètre peuvent être utilisés pour déterminer la résistance. Si la résistance et la tension peuvent être mesurées, l'intensité peut être calculée.

8.2.6 Puissance électrique. Lorsque des électrons se déplacent (courant électrique) à travers une résistance, de l'énergie électrique est dépensée. Cette énergie peut prendre différentes formes, telles que la lumière d'une lampe ou l'échauffement d'un conducteur.

8.2.6.1 La vitesse à laquelle l'énergie est libérée s'appelle la puissance. La quantité de puissance s'exprime en watts (W). Une ampoule de 100 W produit plus de lumière et de chaleur qu'une ampoule de 60 W. *(voir figure 8.2.6.1.)*

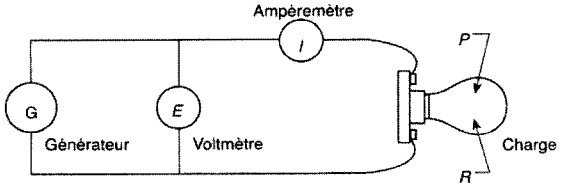


FIGURE 8.2.6.1 Puissance en Watts *(P)* consommée par une ampoule, produit de l'intensité *(I)* au carré et de la résistance *(R)* de l'ampoule.

8.2.6.2 L'énergie peut s'exprimer de différentes façons. En électricité, l'énergie est généralement mesurée en watt/secondes ou en watt/heure. Un watt-seconde est égal à 1 joule, et un watt/heure est égal à 3600 joules (3.413 Btu).

8.2.7 Roue de la loi d'Ohm. La puissance *(P)* des équipements électriques est mesurée en watts. Le niveau de performance des applications résistives telles qu'un sèche-cheveux ou une ampoule est exprimé en watts. La puissance est calculée comme indiqué sur la roue de la loi d'Ohm à la figure 8.2.7. Pour l'investigateur incendie, la relation entre puissance, intensité, et résistance est importante, car dans certains cas spécifiques, il doit trouver comment de telles intensités ont été générées. Voir la figure 8.2.7 pour la synthèse de ces relations. Si par exemple plusieurs équipements sont raccordés à une seule rallonge, ou si de nombreux équipements sont branchés sur plusieurs prises du même circuit, l'investigateur peut calculer l'intensité générée afin de vérifier si l'intensité maximale admissible du câble était dépassée.

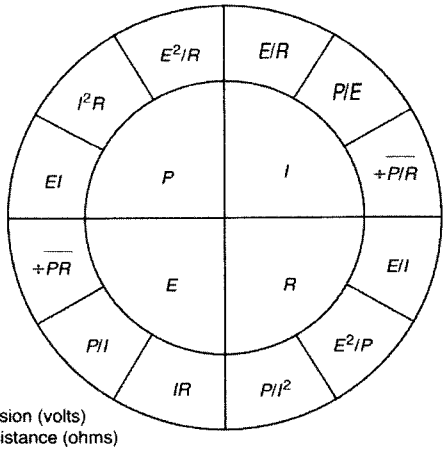


FIGURE 8.2.7 Roue de la loi d'Ohm pour les circuits résistifs.

8.2.7.1 Les calculs donnés dans l'exemple suivant sont approximatifs, car ils ont été simplifiés pour éviter les calculs plus complexes des circuits alternatifs. Par exemple, un sèche-cheveux est conçu pour fonctionner en 120 volts et consommer 1500 watts :

$$\text{Courant } (I) = \frac{\text{puissance } (P)}{\text{tension } (E)} = \frac{1500 \text{ watts}}{120 \text{ volts}} = 12{,}5 \text{ ampères}$$

$$\text{résistance (R)} = \frac{\text{voltage}^2 \ (E^2)}{\text{puissance } (P)} = \frac{120^2 \text{ volts}}{1500 \text{ watts}} = 9{,}6 \text{ ohms}$$

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

8.2.7.2 Pour vérifier les résultats, on peut faire les calculs suivants :

$$\text{Volts } (E) = I \times R = 12{,}5 \times 9{,}6 = 120 \text{ V}$$
$$\text{Watts} = (I)^2 \times R = (12{,}5)^2 \times 9{,}6 = 1500 \text{ W}$$

8.2.8 Application de la loi d'Ohm. L'exemple suivant montre comment déterminer l'intensité totale, sachant que le circuit est fermé et que le courant circule. Un radiateur électrique portable et une bouilloire sont branchés sur une rallonge multiprise avec cordon de section 18 AWG. La puissance du radiateur est de 1500 W et celle de la bouilloire est de 900 W. Les relations précédentes montrent que l'intensité est égale à la puissance divisée par la tension.

$$\text{ampères } (I) = \frac{\text{watts } (P)}{\text{volts } (E)} \text{ ou } \frac{1500}{120}$$

= 12,5 A pour le radiateur

$$\text{Ampères } (I) = \frac{\text{watts } (P)}{\text{volts } (E)} \text{ ou } \frac{900}{120}$$

= 7,5 A pour la bouilloire

8.2.8.1 L'intensité totale du circuit est la somme de l'intensité de chaque équipement raccordé au circuit. L'intensité totale d'un circuit composé de trois prises est la somme des intensités circulant dans tous les équipements branchés sur ces prises. De la même manière, l'intensité totale d'une rallonge multiprise avec cordon est la somme des intensités des équipements raccordés à la rallonge.

8.2.8.2 Dans l'exemple illustré par la figure 8.2.8.2, les intensités calculées sont de 12,5 A et de 7,5 A, aussi l'intensité totale dans la rallonge multiprise avec cordon lorsque les deux équipements fonctionnent est de 12,5 A + 7,5 A = 20,0 A. Le tableau des intensités maximales admissibles [tirés de la NFPA 70, *National Electrical Code*, Tableau 400.5(a)] montre que l'intensité maximale pour un cordon 18 AWG devrait être de 10 A. La rallonge multiprise avec cordon subit donc une surintensité. La question à laquelle il faut répondre est de savoir si cela a créé une surcharge. La surintensité a-t-elle duré suffisamment longtemps pour causer un échauffement dangereux ? Dans une situation telle que celle de la figure 8.2.8.2 où il apparaît qu'une surcharge existait, il est nécessaire de montrer que ces conditions étaient suffisantes pour élever la température jusqu'à l'inflammation. Une surcharge n'est pas la preuve absolue de la cause du feu. S'il y a surcharge, le câble concerné peut être considéré comme une source d'ignition possible, en particulier si la chaleur est confinée ou piégée, tel que sous un tapis ou entre le matelas et le sommier, empêchant sa dissipation.

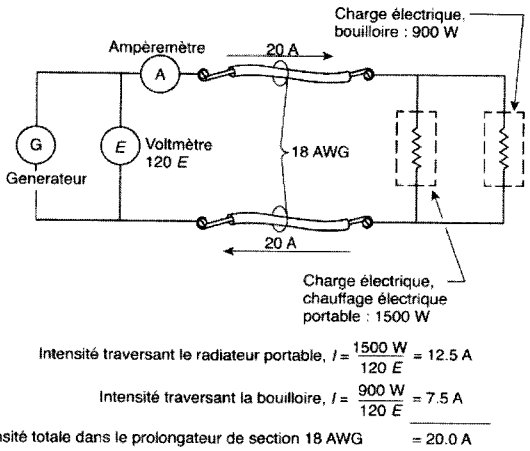


FIGURE 8.2.8.2 Calcul du courant total.

8.2.8.3 Une situation similaire se produit, lorsqu'un court-circuit par contact de deux conducteurs entre eux a lieu. C'est, par définition, une connexion de faible résistance comparativement à ce qui précède. Comme nous l'avons vu avec la loi d'Ohm, lorsque la résistance diminue, l'intensité augmente. Bien qu'un court-circuit produise effectivement la circulation d'une forte intensité, les dispositifs de protection du circuit contre une surintensité empêchent normalement le courant de circuler suffisamment longtemps pour surchauffer les câbles.

8.3 Installations électriques dans les bâtiments.

8.3.1* Généralités. Cette section décrit les installations électriques qui alimentent et qui circulent dans un bâtiment. Elle a pour but d'aider l'investigateur à identifier les différents équipements et à connaître de manière générale leur fonction. On insistera en particulier sur les installations courantes 120/240 V monophasés, tout en fournissant quelques informations sur le triphasé et la haute tension. Cette section n'a pas pour objectif d'être exhaustive sur les aspects réglementaires. Pour cela, il conviendrait de consulter les documents appropriés.

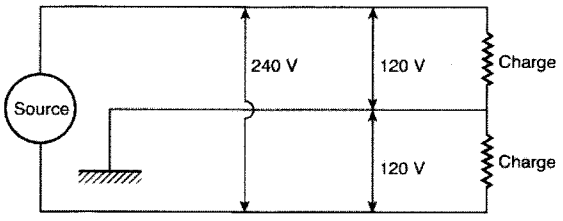


FIGURE 8.3.2.1(a) Tensions entre conducteurs pour une alimentation en 120/240 V.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

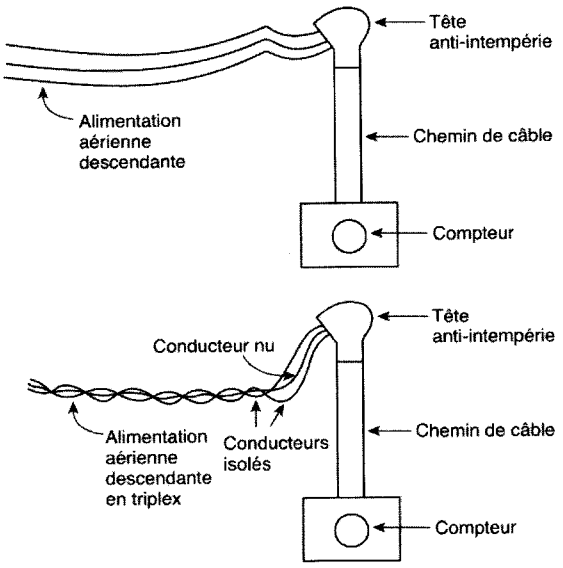


FIGURE 8.3.2.1(b) Alimentation par voie aérienne.

8.3.2 Alimentation électrique.

8.3.2.1 Alimentation en monophasé. La plupart des résidences et des petites structures commerciales sont alimentées en électricité à partir d'un transformateur, qui est un équipement permettant de diminuer ou d'augmenter la tension aux valeurs désirées. Cette électricité est amenée par trois conducteurs, soit en aérien à partir d'un poteau, soit enterrés. Les deux conducteurs isolés, appelés « conducteurs vifs » ou phases, ont des courants qui circulent en opposition de phase (en changeant de sens 120 fois par seconde pour 60 cycles), si bien que le courant circule dans un sens puis dans l'autre au même instant mais dans des directions opposées (déphasage de 180°). Ce courant alternatif est qualifié de « monophasé ». Le troisième conducteur est relié à la terre pour servir de conducteur neutre ; il peut ne pas être isolé. La tension entre chaque phase et le conducteur relié à la terre est de 120 V, comme présenté sur la figure 8.3.2.1(a). La tension entre les deux phases est de 240 V. Les conducteurs à l'arrivée sont de gros câbles multibrins conçus pour transporter des courants forts en toute sécurité. Comme montré sur la figure 8.3.2.1(b), ils peuvent être suspendus séparément, ou les deux conducteurs de phase peuvent être enroulés autour du neutre dans une configuration dite triplex.

8.3.2.1.1 Lorsque les câbles viennent d'un transformateur sur un poteau, on parle d'alimentation descendante. Lorsqu'ils viennent d'un transformateur sous ou sur le sol, ils sont enterrés et on parle d'alimentation latérale. *(voir figure 8.3.2.1.1.)*

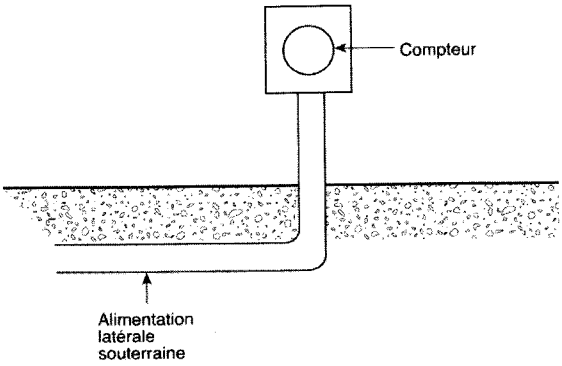


FIGURE 8.3.2.1.1 Alimentation souterraine.

8.3.2.1.2 Les termes *phase, neutre et terre* seront généralement utilisés pour les conducteurs des installations électriques.

8.3.2.2 Alimentation en triphasé. Les bâtiments industriels et commerciaux, les bâtiments d'habitation collective, et les autres grands bâtiments sont normalement alimentés en triphasé. L'alimentation en triphasé comprend trois courants alternatifs qui circulent dans un sens puis dans l'autre à différents instants (en déphasage les uns avec les autres). Trois conducteurs transportent du courant et généralement un quatrième qui est le neutre est au potentiel de la terre. La tension entre les conducteurs qui transportent le courant est typiquement de 480 V, 240 V, ou 208 V. La tension entre les conducteurs et la terre dépend du montage et peut être de 277 V, 208 V, ou 120 V. Le montage 480/277 V à quatre conducteurs constitue un système d'alimentation courant pour les bâtiments industriels et commerciaux. Les équipements d'éclairage modernes dans ces bâtiments fonctionnent sur 277 V. Dans les très grands bâtiments, il peut y avoir plus d'une alimentation électrique en entrée. Dans certains bâtiments industriels, la tension d'alimentation en entrée peut être très élevée (par exemple 4000 V). Des transformateurs dans les bâtiments réduisent ensuite la tension, par exemple à 120 V pour l'éclairage et les prises.

8.3.3 Compteur et coffret de raccordement. Les câbles d'une alimentation descendante vont vers une tête anti-intempérie, qui est conçue pour être étanche à l'eau, puis ils descendent par un chemin de câbles vers un coffret de raccordement. Un compteur est raccordé au coffret qui va alimenter le bâtiment en électricité. Sur les bâtiments plus récents, le coffret de raccordement est normalement installé à l'extérieur. Des câbles partent du coffret de raccordement vers un coffret d'alimentation à l'intérieur du bâtiment, comme sur la figure 8.3.3. Dans les grands bâtiments, les câbles en entrée peuvent être raccordés directement sur le coffret d'alimentation sans passer par un coffret de raccordement. Dans ce cas, le comptage se fait à partir des transformateurs qui encadrent chaque câble d'alimentation, et détectent la consommation de courant.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

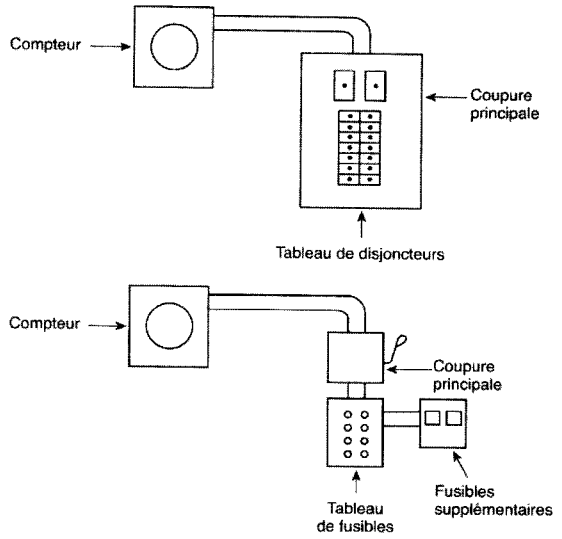


FIGURE 8.3.3 Coffret de raccordement et coffret d'alimentation.

8.3.4 Pertinence pour l'investigateur. Le coffret de raccordement peut être important au cours d'une investigation incendie car des dommages aux isolants des câbles peuvent occasionner un défaut persistant sur une ligne haute tension, soit par court-circuit, soit par défaut de mise à la terre, susceptible de mettre le feu à la plupart des combustibles. Entre le transformateur d'alimentation et le disjoncteur général du bâtiment, les câbles ne sont généralement pas protégés contre une surintensité, et le défaut peut donc se produire et perdurer. Lorsqu'il y a un courant de défaut, qu'il soit à l'origine du feu ou qu'il n'en soit qu'une conséquence, un défaut qui perdure peut détruire tout ou partie du coffret de raccordement.

8.4 Coffret d'alimentation.

Les câbles issus du coffret de raccordement vont vers le coffret d'alimentation, qui comprend un disjoncteur principal et des fusibles ou des disjoncteurs. *(voir la figure 8.3.3.)* Le coffret d'alimentation doit être installé près de l'endroit où les câbles pénètrent dans le bâtiment. Le coffret d'alimentation a trois fonctions ; permettre de couper l'alimentation générale, protéger contre des dysfonctionnements électriques, et diviser l'alimentation pour distribuer différents circuits. Un interrupteur général ou le disjoncteur principal constituent la coupure primaire qui peut interrompre l'électricité de tout le bâtiment. A partir d'un boîtier de fusibles ou de disjoncteurs, l'électricité est distribuée au reste du bâtiment par l'intermédiaire de circuits secondaires.

8.5 Mise à la terre.

8.5.1 Généralités. Toutes les installations électriques doivent être mises à la terre au niveau du coffret d'alimentation. La mise à la terre consiste à créer une liaison électrique robuste entre l'installation électrique et la terre. On réalise la mise à la terre en reliant le tableau de fusibles ou de disjoncteurs à une canalisation métallique d'eau froide descendant au moins à 3,0 m (10 ft) dans le sol à l'extérieur. En l'absence de conduite métallique d'eau froide adaptée, une électrode de mise à la terre peut être utilisée. L'électrode de mise à la terre peut être une tige ou un tube en acier galvanisé, ou une tige en cuivre d'au moins 2,4 m (8 ft) de long plantée dans le sol jusqu'à un niveau d'humidité constant.

8.5.1.1 Dans toutes les installations, le coffret d'alimentation doit être relié à une canalisation métallique d'eau froide ou à une électrode de mise à la terre. Une liaison consiste à connecter les éléments d'un coffret par l'intermédiaire de conducteurs de bonne qualité afin que les éléments de ce coffret demeurent au même potentiel, qui est ici zéro lorsque la liaison est faite avec la terre. La liaison du coffret d'alimentation avec la terre est réalisée par des conducteurs en cuivre ou en aluminium à partir du bloc de mise à la terre dans le tableau de fusibles ou de disjoncteurs vers une pince attachée solidement à la canalisation métallique d'eau froide ou à l'électrode de mise à la terre. Un exemple est présenté sur la figure 8.5.1.1. L'objectif de la mise à la terre d'une installation électrique est de s'assurer que n'importe quelle partie du logement, ou n'importe quel objet métallique de l'installation ou raccordé à elle, ne puisse pas se charger électriquement. Si un conducteur non relié à la terre (une phase) rencontre un objet relié à la terre, la génération d'un courant de défaut va ouvrir la protection.

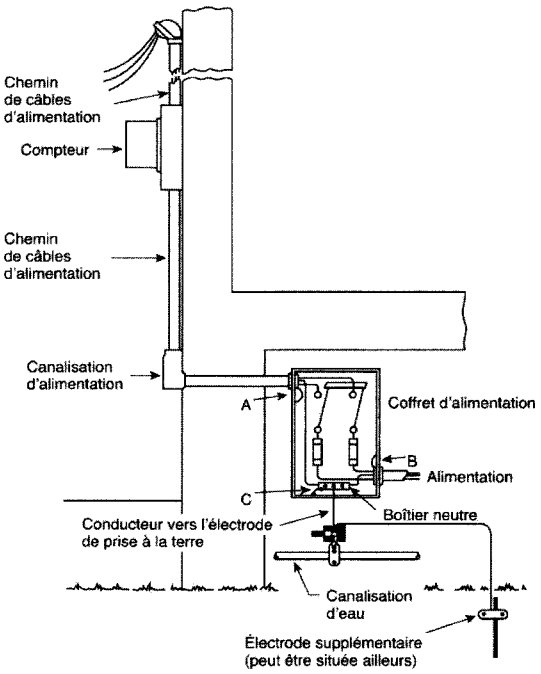


FIGURE 8.5.1.1 Mise à la terre d'un petit coffret d'alimentation représentatif. A, B, et C sont des liaisons qui constituent un cheminement vers la terre.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

8.5.1.2 Tous les équipements de l'installation doivent être reliés à la terre, y compris les tableaux, les chemins de câbles, les fixations, les boîtiers de jonctions et de sorties, les interrupteurs, les prises et tout objet conducteur lié ou branché à l'installation. Ceci est généralement réalisé par un conducteur de terre qui accompagne les conducteurs du circuit, bien que la mise à la terre puisse aussi être faite par une canalisation métallique. Une canalisation métallique flexible ne peut être utilisée pour la mise à la terre que si sa longueur n'excède pas 6 ft (1,8 m).

8.5.2 Neutre flottant (Neutre ouvert). Une installation électrique avec un neutre flottant n'a pas de point fixe à zéro volt entre les deux phases. Il y a toujours 240 V entre les deux phases, mais au lieu que la tension entre chaque phase et le neutre soit fixe et égale à 120 V, elle peut prendre d'autres valeurs qui s'ajoutent aux 240 V. *(voir figure 8.5.2.)* Toutes les lignes du circuit neutre sont affectées. La tension réelle dans les phases dépend de la charge de ces deux phases à chaque instant. Par exemple, les tensions peuvent être égales à 60 ou à 180 comme sur la figure 8.5.2. La tension la plus élevée peut surchauffer ou brûler un équipement, alors que la tension la plus faible peut abimer certains équipements électroniques. Les occupants d'un bâtiment ont certainement eu l'occasion d'observer une lampe à incandescence trop brillante ou pas assez, ou un appareil qui surchauffait ou qui fonctionnait mal. Le neutre flottant n'est pas dépendant de la qualité de la mise à la terre de l'installation. Enlever la connexion à l'électrode de mise à la terre ne produit pas un neutre ouvert.

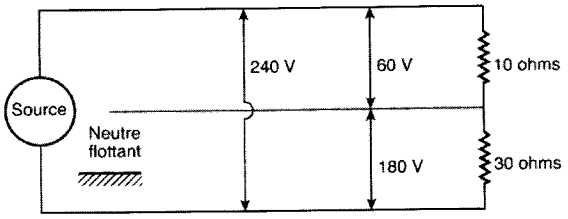


FIGURE 8.5.2 Exemple de relation entre les tensions en 120/240 V avec un neutre flottant.

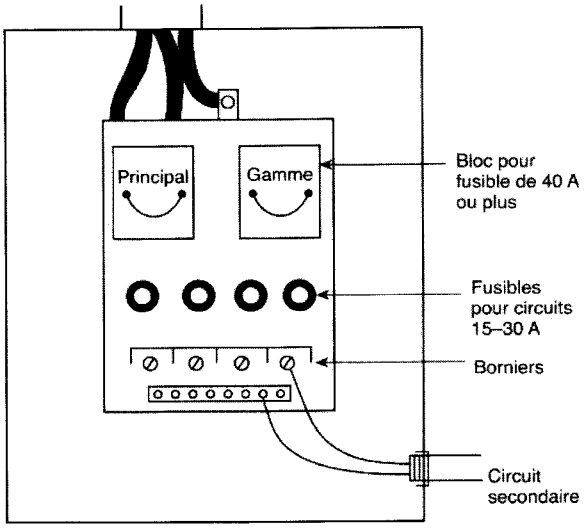


FIGURE 8.6.1.1(a) Panneau de fusibles.

8.6 Protection contre la surintensité.

8.6.1 Généralités. Les fusibles et les disjoncteurs protègent contre les courts-circuits, les défauts de terre et les intensités qui pourraient causer des dommages (c'est-à-dire les surcharges). En général, un tel dispositif contre les surintensités doit être installé à l'endroit où chaque conducteur de phase est connecté à l'alimentation électrique, et le dispositif doit fonctionner automatiquement.

8.6.1.1 Les dispositifs contre les surintensités sont liés aux barres de puissance dans les panneaux qui sont montées dans ou sur un mur. Des exemples sont présentés sur les figures 8.6.1.1(a), 8.6.1.1(b), 8.6.1.1(c), et 8.6.1.1(d).

8.6.1.2 Les dispositifs de protection ont deux niveaux de coupure ; le seuil de coupure et le pouvoir de coupure. Le seuil de coupure correspond à la valeur de l'intensité au-dessus de laquelle le dispositif va s'ouvrir, par exemple 15 A, 20 A, ou 50 A. Le pouvoir de coupure correspond à la valeur de l'intensité pour laquelle de dispositif peut s'ouvrir en toute sécurité. Pour les disjoncteurs la valeur de 10 000 A est courante.

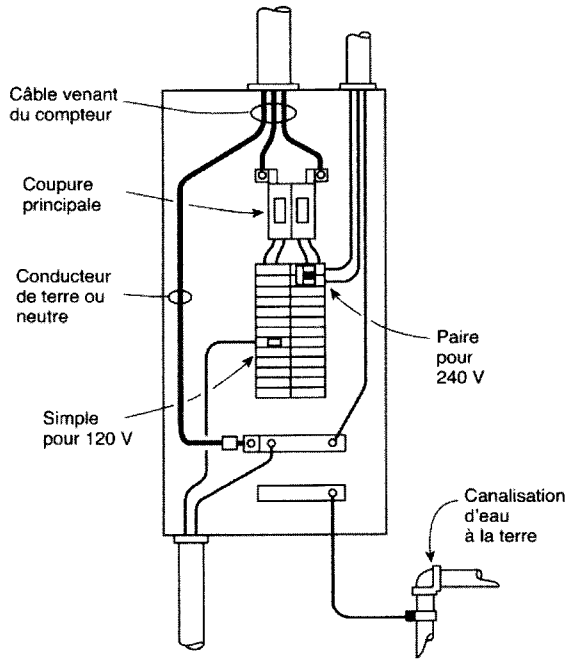


FIGURE 8.6.1.1(b) Montage courant pour un panneau de disjoncteurs.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

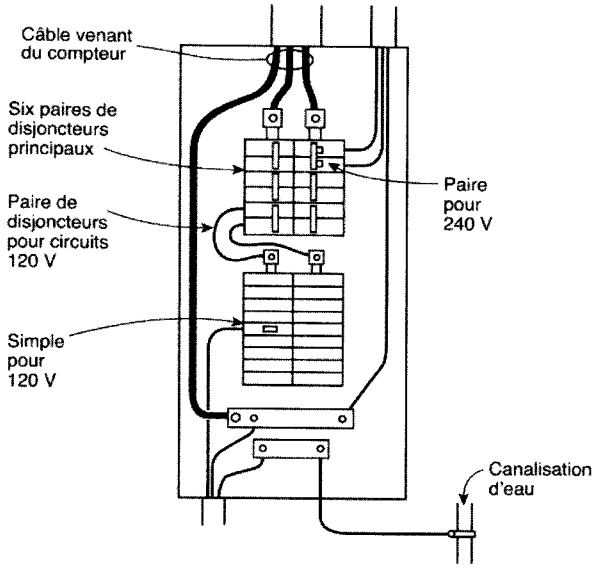


FIGURE 8.6.1.1(c) Montage courant pour un panneau de disjoncteurs avec circuit divisé.

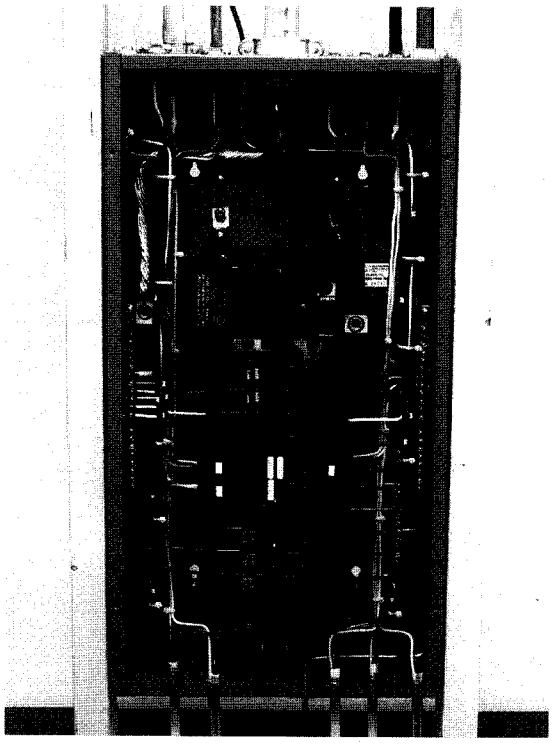


FIGURE 8.6.1.1(d) Panneau de disjoncteurs.

8.6.2 Fusibles.

8.6.2.1 Fonctionnement. Un fusible est, à la base, un dispositif qui n'est pas mécanique mais qui comporte un élément fusible à l'intérieur d'une petite enceinte. L'élément fusible est constitué d'un métal conducteur suffisamment résistant pour qu'il puisse s'échauffer jusqu'à la fusion à une valeur d'intensité calibrée. Dans un fusible il n'y a aucune action mécanique ; il fonctionne grâce aux propriétés électriques et physiques de l'élément fusible. Certains fusibles contiennent un ressort qui participe à la séparation de l'élément fusible au cours de la fusion. Les éléments fusibles doubles comportent un élément qui fonctionne efficacement lors d'une surcharge, et un autre qui fonctionne efficacement sur court-circuit. Les fusibles ordinaires sont d'usage unique, mais certains gros fusibles ont des éléments remplaçables.

8.6.2.1.1 Il existe deux types de fusibles ; le fusible de type fiche qui se visse dans un boîtier, et le fusible de type cartouche qui se monte dans un porte-fusibles. On les voit sur les figures 8.6.2.1.1(a), 8.6.2.1.1(b) et 8.6.2.1.1(c). Les fusibles ne peuvent pas être remis en service.

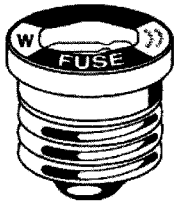


FIGURE 8.6.2.1.1(a) Fusible non rechargeable de type Edison, un seul élément.

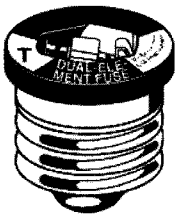


FIGURE 8.6.2.1.1(b) Autre fusible non rechargeable de type Edison, deux éléments.

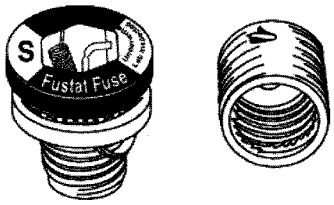


FIGURE 8.6.2.1.1(c) Fusible non réutilisable de type S et adaptateur. Les fusibles avec délai de fonctionnement sont acceptés mais ne sont pas obligatoires.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

8.6.2.1.2 Les fusibles sont montés sur un panneau comprenant le jeu de barres, les têtes de connexion, les porte-fusibles et les supports. Dans les installations de type résidentiel, on trouvera souvent une combinaison de fusibles de type fiche pour les circuits de 30 A ou moins, et des fusibles de type cartouche dans des porte-fusibles démontables pour des fusibles de calibre supérieur à 30 A. La valeur de coupure immédiate pour les fusibles est de l'ordre de 100 000 A.

8.6.2.2 Fusibles de type fiche. On utilise les fusibles de type fiche pour les circuits à 30 A ou moins. Les fusibles ont des culots de type Edison de façon à ce que tous les calibres puissent se visser sur le même culot. On peut monter un fusible de 30 A, là où un fusible de 15 A est prévu. En raison du sur-calibrage des fusibles et de la facilité avec laquelle ils sont by-passés (avec une pièce de monnaie par exemple), ils ne sont pas admis pour les nouvelles installations. Les fusibles sont encore disponibles pour le remplacement de ceux qui ont fondu dans les installations existantes.

8.6.2.3 Fusibles de type S.

8.6.2.3.1 Dans le but de réduire l'utilisation de fusibles inadaptés, les fusibles de type S ont été développés. Ils sont conçus pour être trompés ou by-passés plus difficilement. Ils se vissent dans des adaptateurs qui vont sur les culots Edison. Lorsqu'un adaptateur a été correctement installé, on ne peut pas le démonter sans endommager le culot du fusible. L'adaptateur empêche l'utilisation d'un fusible de calibre supérieur pour un circuit nécessitant un calibre inférieur, et rend le by-pass plus difficile.

8.6.2.3.2 La NFPA 70, *National Electrical Code*, demande que les porte-fusibles pour fusibles de type fiche, de 30 A ou moins, ne soit pas utilisés à moins qu'ils ne soient conçus pour les fusibles de type S ou qu'ils n'acceptent les fusibles de type S moyennant un adaptateur.

8.6.2.4 Fusible avec délai de latence. Qu'il s'agisse de fusibles de type S ou avec un culot Edison, les fusibles avec délai de latence autorisent des surintensités de courte durée, tels que les courants de démarrage pour un moteur, sans ouvrir le circuit. Bien que ces dépassements momentanés puissent atteindre six fois la valeur du courant nominal, ils sont sans danger car ils ne durent qu'un court instant. Ceci rend possible, l'utilisation de ces fusibles avec délai de latence à des calibres suffisamment petits afin de mieux protéger l'installation que si l'on utilisait un fusible sans délai de latence. Ce dernier devrait être surdimensionné pour permettre de tels dépassements. En cas de court-circuit ou de défaut de mise à la terre avec un fort courant, le fusible avec délai de latence fonctionnerait et ouvrirait le circuit tout aussi vite que le fusible ordinaire. Les fusibles avec délai de latence peuvent être réalisés avec deux éléments ou par modification de l'élément fusible.

8.6.2.5 Fusibles de type cartouche. Pour les circuits de plus de 30 A, on utilise des fusibles de type cartouche. Comme représentés sur les figures 8.6.2.5(a) et 8.6.2.5(b), ils sont constitués d'un cylindre contenant l'élément fusible et d'une capsule ou d'une languette à chaque extrémité pour réaliser le contact électrique dans le porte-fusibles. Les fusibles de type cartouche peuvent être à déclenchement rapide ou à délai de latence. Ils sont également disponibles en usage unique ou pour éléments remplaçables. On peut trouver des fusibles-cartouches sur les panneaux de fusibles des installations résidentielles pour les courants élevés, tels que dans les chauffe-eau et dans les cuisinières, et en protection principale. Les gros fusibles de calibre 100 A ou plus sont plus courants dans les centres commerciaux ou dans les installations industrielles.

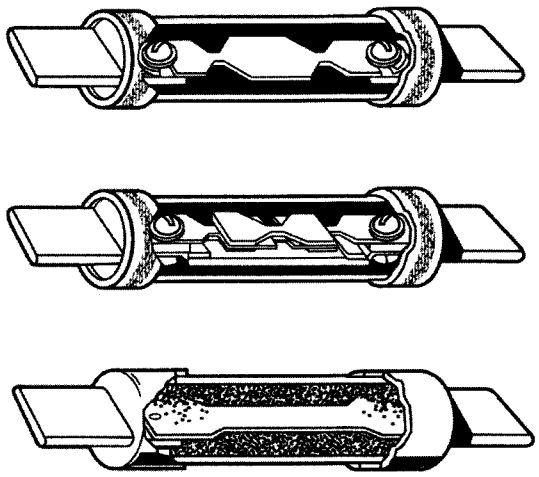


FIGURE 8.6.2.5(a) Trois exemples de fusibles-cartouches ; (au-dessus), fusible rechargeable à liaison fusible ordinaire ; (au centre), fusible rechargeable à délai de latence ; et (en bas) fusible à usage unique.

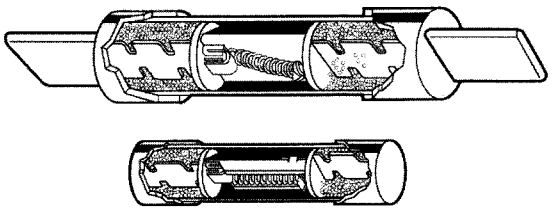


FIGURE 8.6.2.5(b) Fusibles-cartouches à deux éléments, de types lame et virole.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite



FIGURE 8.6.3.1(a) Disjoncteur 15 A de type résidentiel en position fermée (ON).

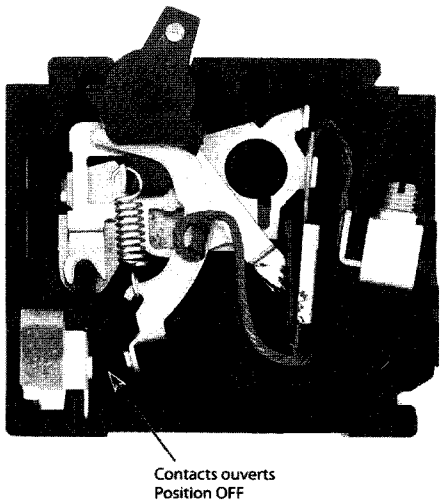


FIGURE 8.6.3.1(b) Disjoncteur 15 A de type résidentiel en position ouverte (OFF).

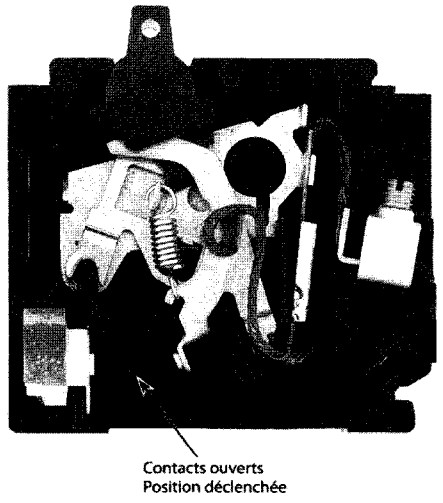


FIGURE 8.6.3.1(c) Disjoncteur 15 A de type résidentiel en position ouverte (déclenchée).

8.6.3 Disjoncteurs.

8.6.3.1 Fonctionnement. Un disjoncteur est un interrupteur qui s'ouvre soit automatiquement lors d'une surintensité, soit manuellement en poussant un levier. Le courant de coupure d'un disjoncteur est généralement, mais pas toujours, indiqué sur l'avant du levier. Les disjoncteurs sont conçus de façon à ce que le mécanisme interne bascule lors d'une surintensité même si le levier est en position de circuit fermé. Les positions ON (circuit fermé) et OFF (circuit ouvert) sont indiquées sur le levier ou sur le corps de l'appareil. *[Voir les figures 8.6.3.1(a) et 8.6.3.1(b).]* La position déclenchée est au centre sur la plupart des disjoncteurs, bien que certains disjoncteurs déclenchent sur la position OFF. *[Voir la figure 8.6.3.1(c).]* Normalement, on ne peut pas mettre manuellement un disjoncteur en position « déclenchée » lorsqu'il est monté sur un panneau. Cependant, si on a remédié au défaut, le disjoncteur peut être remis en service en déplaçant le levier sur la position OFF, puis sur la position ON. Le pouvoir de coupure typique pour un disjoncteur est de 10 000 A.

8.6.3.1.1 La plupart des disjoncteurs pour le domaine résidentiel sont de type thermomagnétique. L'élément thermique, généralement un bilame, protège contre les surintensités modérées. L'élément magnétique protège contre les courts-circuits et contre les défauts de terre de faible résistance, au cours desquels le courant de défaut est très élevé. Les disjoncteurs sont des dispositifs mécaniques qui, pour déclencher, requièrent le déplacement de certains composants. Il arrive que ces dispositifs soient défaillants pour s'ouvrir, en particulier s'ils n'ont pas été déclenchés depuis longtemps soit manuellement, soit par surintensité, ou s'ils ont été exposés à une atmosphère corrosive.

8.6.3.1.2 Le corps des disjoncteurs est en général en résine phénolique moulée, qui ne fond pas et n'alimente pas la combustion, mais qui peut être détruite par un contact direct de flamme. Sur un tableau, les disjoncteurs sont directement connectés au jeu de barres qui est alimenté à partir de l'organe de coupure principal. Un capotage protège la rangée de disjoncteurs de telle façon que seul le sommet des disjoncteurs est visible et que les zones de puissance ne sont pas exposées.

8.6.3.2 Disjoncteurs principaux.

8.6.3.2.1 Dans les installations à trois conducteurs, équipant les maisons les plus récentes, l'organe de coupure principal est une paire de disjoncteurs d'intensité maximale admissible suffisamment importante pour supporter le courant total consommé par l'habitation, souvent 100 A à 200 A dans le domaine résidentiel. Les leviers des deux disjoncteurs (un sur chaque phase) sont liés ensemble ou sont moulés en un seul organe de façon à ce qu'une manœuvre unique coupe les deux phases. Aussi, lorsqu'il y a un défaut sur une phase qui déclenche un disjoncteur, le couplage entre les deux disjoncteurs déclenchera également le second disjoncteur. Dans une

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

installation triphasée, les trois disjoncteurs principaux sont dans un boîtier unique ou bien les leviers sont tous couplés ensemble et trois jeux de barres alimentent ces disjoncteurs. Les habitations anciennes ou les maisons de vacances peuvent être équipées d'une installation à deux conducteurs avec seulement un disjoncteur.

8.6.3.2.2 De nombreux tableaux avec disjoncteurs répartis sont en fonctionnement. *[Voir la figure 8.6.1.1(c).]* Ils ont en général six disjoncteurs à double entrée ou six paires de disjoncteurs couplés ensemble pour constituer des circuits de 240 V. Pour couper l'alimentation de l'ensemble de l'installation, tous doivent être disjonctés. L'une des paires de disjoncteurs sert d'organe de coupure principal pour les jeux de barres qui alimentent les circuits de 120 V. Les tableaux avec disjoncteurs répartis ne sont pas admis dans les nouvelles installations.

8.6.3.3 Disjoncteurs de circuits secondaires.

8.6.3.3.1 Les disjoncteurs des circuits secondaires sont choisis en fonction de la consommation maximale du courant, attendue dans chaque circuit secondaire. Les circuits en 120 V seront alimentés à partir d'un disjoncteur unique, alors que les circuits en 240 V seront alimentés par un disjoncteur à double entrée ou par une paire de disjoncteurs ayant un seuil de coupure équivalent et dont les leviers sont couplés ensemble. L'éclairage et le circuit de prise seront calibrés à 15 A ou 20 A. Les équipements plus consommateurs tels que les cuisinières ou les chauffe-eau auront des disjoncteurs calibrés à 30 A, 40 A, ou 50 A. Quelques petits équipements installés à demeure pourront avoir des circuits dédiés et protégés par des disjoncteurs de 15 A ou 20 A.

8.6.3.3.2 Les installations en triphasé utilisent trois jeux de barres pour alimenter les disjoncteurs. Les moteurs et autres équipements fonctionnant sur du triphasé, seront alimentés par trois disjoncteurs de même calibre et dont les leviers sont couplés.

8.6.3.4 Disjoncteur de faible calibre pour défaut de mise à la terre. Dans les nouvelles installations, on doit installer un disjoncteur de faible calibre protégeant contre les défauts de terre pour certains circuits spécifiques tels que ceux desservant la salle de bain, la cuisine et les prises extérieures. Ces disjoncteurs sont souvent équipés d'un bouton sur lequel est écrit « test ». Un tel équipement contient un disjoncteur de faible calibre contre les défauts de terre. Il déclenche sur un léger défaut de mise à la terre d'environ 5 milliampères pour protéger au mieux les personnes contre les chocs électriques à n'importe quel niveau de courant dans le circuit. En outre, ce type de disjoncteur fonctionne pour les surcharges comme un disjoncteur ordinaire. Les disjoncteurs contre les défauts de terre sont destinés aux salles de bain, aux terrasses, aux cuisines ou à d'autres endroits où une personne pourrait se trouver en liaison avec la terre alors qu'elle est à proximité ou qu'elle utilise un appareil électrique.

8.6.3.5 Disjoncteur de protection contre les arcs électriques. Ces disjoncteurs sont conçus pour protéger contre les feux causés par des arcs électriques dans les installations électriques résidentielles. Ils surveillent continuellement la circulation du courant. Les disjoncteurs de protection contre les arcs électriques utilisent un circuit spécial afin de réaliser une discrimination entre les conditions normales et les conditions d'arc électrique non voulues. Dès qu'un arc électrique dangereux est détecté, le circuit de contrôle du disjoncteur ouvre les contacts internes, ce qui élimine l'énergie du circuit et réduit le risque de départ de feu. Un disjoncteur de protection contre les arcs électriques ne devrait pas déclencher lorsqu'il se produit des arcs correspondant aux conditions normales de fonctionnement, comme à l'ouverture d'un interrupteur ou au débrochage d'une prise mâle. La norme NFPA 70, *National Electrical Code*, exige que les circuits des chambres soient protégés par de tels disjoncteurs.

8.6.4 Panneaux de disjoncteurs.

8.6.4.1 Sur les panneaux de disjoncteurs, il y a souvent des matières plastiques pour l'isolation entre les parties sous tension et pour l'isolation entre les conducteurs, l'enveloppe métallique, et le capot du panneau. L'installation, les câbles et l'enveloppe moulée des disjoncteurs sont typiquement isolés avec des matières plastiques. Ces matières plastiques sont susceptibles de fondre ou de se décomposer sous l'action de la chaleur. La chaleur capable de les décomposer peut être générée par une source interne au panneau ou par une source de chaleur externe telle qu'un incendie. Lorsque l'isolant en plastique se décompose, se détériore ou fond, les conducteurs sous tension ou un conducteur sous tension peut toucher une surface reliée à la terre, et produire un arc électrique ou une surintensité. Un arc électrique peut créer des pertes de matière par fusion dans ou à travers le boîtier du disjoncteur, couper ou fondre des conducteurs et détruire certaines parties des composants sur le panneau. L'arc peut être important du fait de l'absence de protection contre les surintensités et de l'intensité élevée des défauts au niveau du panneau de disjoncteurs. L'observation de dommages dus à un arc électrique sur un panneau de disjoncteurs ne signifie pas nécessairement que le panneau est à l'origine de l'incendie.

8.6.4.2 Après exposition à un feu, un panneau de disjoncteurs est souvent fragile, il devrait donc être récupéré et sécurisé avec soin s'il s'avère qu'un examen complémentaire du panneau ou de son contenu est nécessaire. Si possible, le panneau ne devrait pas être démonté sur site, mais protégé pour son transport et analysé dans des conditions de laboratoire. Tous les petits éléments et autres débris devraient être préservés avec le panneau. Les leviers d'un disjoncteur ne

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

devraient pas être actionnés ou déplacés avant que les constats appropriés n'aient pu être faits. Les circuits de l'alimentation et de l'installation devraient être examinés afin de voir s'il y a des traces d'arc à l'extérieur du panneau de disjoncteurs, dans le cas où il a été décidé qu'un examen complémentaire du panneau ou de son contenu était nécessaire.

8.6.4.3 L'analyse des dommages causés par un arc électrique sur un panneau de disjoncteurs devrait comprendre si possible l'examen des connexions à l'intérieur du panneau, c'est-à-dire celles avec le câble d'alimentation, les connexions entre les disjoncteurs et les barres de puissance, et les connexions entre les circuits secondaires et leurs disjoncteurs. L'origine d'un arc électrique devrait être déterminée si possible. Typiquement, la localisation du défaut initial peut être identifiée comme étant côté charge ou circuit des disjoncteurs. Localiser le défaut initial peut permettre d'établir la cause de l'arc électrique. L'analyse des circuits alimentés par le tableau de disjoncteurs peut permettre de dire s'il s'est produit en aval des arcs électriques en dehors du tableau. Comparer les zones où se sont produits les arcs électriques à l'extérieur du tableau avec les arcs à l'intérieur du tableau peut permettre de comprendre la chronologie des évènements, en révélant si l'arc à l'intérieur du tableau constitue la source d'ignition ou s'il n'est que le résultat de l'exposition à la chaleur de l'installation électrique du bâtiment du fait d'un incendie.

8.7 Circuits secondaires.

Les circuits qui alimentent l'éclairage, les prises et différents équipements fixes sont des circuits secondaires. Chaque circuit secondaire devrait avoir sa propre protection contre les surintensités. Un circuit comprend un conducteur non relié à la terre (phase) mais relié à un équipement de protection, et un conducteur relié à la terre (conducteur neutre) par le bloc de terre dans le tableau. Ces deux conducteurs transportent le courant utilisé dans le circuit. En outre, il devrait y avoir un conducteur de mise à la terre (c'est-à-dire la terre). Le conducteur de mise à la terre ne transporte normalement aucun courant, mais il existe afin de permettre à un éventuel courant de défaut de rejoindre la terre et ainsi d'ouvrir les protections. Certaines installations sont reliées à la terre par l'intermédiaire de canalisations métalliques, et certaines installations très anciennes peuvent ne pas avoir de conducteur de mise à la terre du tout. L'absence de ligne de mise à la terre distincte n'a pas d'effet sur le fonctionnement des équipements alimentés par cette installation.

8.7.1 Conducteurs. Dans les installations électriques, les conducteurs sont habituellement en cuivre ou en aluminium car ils sont économiques et bons conducteurs de l'électricité.

Tableau 8.7.2 Intensité maximale admissible et application dans les circuits secondaires

Dimension (AWG)			
Cuivre	Cuivre-revêtu Aluminium et Aluminium	Intensité maximale admissible (A)	Application
14	12	15	Circuits secondaires Câbles alimentant d'autres équipements que ceux de la cuisine
12	10	20–25	Circuits alimentant de petits équipements Câbles d'alimentation des prises dans la cuisine pour le réfrigérateur, le grille-pain, la friteuse électrique, la cafetière, et des équipements similaires
10	8	30	Gros électroménager tel que la cuisinière et le sèche-linge
8	6	40	
6	4	55	

8.7.2 Dimensions des câbles. Les dimensions des câbles s'expriment en American Wire Gauge (AWG). Plus le numéro AWG est grand, plus le câble est fin. Les circuits pour l'éclairage et pour les petits équipements sont généralement installés avec des câbles en cuivre de numéro AWG 14 pour les circuits de 15 A et de numéro AWG 12 pour les circuits de 20 A. Les circuits transportant des intensités plus fortes seront montés en câbles AWG 10 ou 8, comme indiqué au tableau 8.7.2. Les câbles de numéro AWG 6 ou plus sont réalisés en multibrins afin de conserver une certaine flexibilité.

8.7.2.1 Le montage des circuits de distribution avec des câbles en aluminium se fait et peut être rencontré dans certaines installations. En raison de problèmes dus à l'échauffement des connexions, les câbles en aluminium ne peuvent pas être utilisés dans les circuits de distribution sans une connectique approuvée, bien que les câbles en aluminium tels les câbles 3/0 et 4/0 soient utilisés pour les descentes de lignes et en entrée des installations

8.7.2.2 La section des câbles est choisie de façon à laisser le courant circuler de façon sûre en prenant en compte le type d'isolant et le fait que les câbles cheminent en toron ou non. Un disjoncteur correctement dimensionné est ensuite sélectionné pour protéger le circuit concerné. La section du câble ne devrait pas être inférieure à celle autorisée mais elle peut être supérieure. La raison qui a conduit à normaliser les sections de câbles autorisées est de prévenir une surchauffe du conducteur de nature à endommager l'isolant. Du fait de la résistance des conducteurs, de la chaleur est produite lorsque le courant les traverse. Les câbles de petite section ont une

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

résistance plus élevée que les câbles de plus fortes sections ; ils chauffent donc plus. Le tableau de la norme NFPA 70, *National Electrical Code*, montre les intensités maximales autorisées pour différentes dimensions de câbles et différents types d'isolants.

8.7.3 Conducteurs en cuivre.

8.7.3.1 L'élément chimique cuivre est utilisé à l'état pur pour fabriquer des conducteurs. Le cuivre est chauffé et tiré à travers une filière qui se rétrécit progressivement pour l'amener à la section souhaitée. Il n'existe pas de structure cristallographique identifiable dans un tel cuivre. La présence d'impuretés ou de métaux formant des alliages rendraient le cuivre moins conducteur de l'électricité. Le cuivre pur fond à 1082°C (1980°F).

8.7.3.2 Les conducteurs en cuivre s'oxydent au cours d'un feu après disparition de l'isolant. En général la surface noircit avec la formation d'oxyde cuivrique. En conditions chimiquement réductrices, telles qu'en présence de matières braisantes avant leur refroidissement, la surface des conducteurs en cuivre peut ne pas être oxydée, ou être recouverte d'oxyde cuivreux de couleur rouge.

8.7.4* Conducteurs en aluminium.

8.7.4.1 Aluminium pur. L'élément chimique aluminium est utilisé à l'état pur pour fabriquer des conducteurs. L'aluminium pur fond à 660°C (1220°F). Une pellicule d'oxyde d'aluminium se forme à la surface, mais l'oxyde ne se mélange pas avec l'aluminium sous forme de métal. Aussi, la température de fusion n'est pas réduite, et l'aluminium tend à fondre sur toute la section d'un seul coup à la différence du cuivre pour lequel la partie centrale a tendance à ne pas fondre. L'aluminium fondu peut couler à travers la pellicule d'oxyde et donne des coulures de différentes formes en se solidifiant de nouveau. Ces formes peuvent être des coulures dirigées vers le bas, ou des gouttelettes rondes ou en forme de larmes. La conductivité de l'aluminium est plus faible que celle du cuivre. Aussi, pour la même intensité admissible, un conducteur en aluminium doit être de deux numéros AWG au-dessus par rapport à un conducteur en cuivre. Par exemple, le câble d'AWG 10 en aluminium est équivalent au câble d'AWG 12 en cuivre.

8.7.4.2 Aluminium gainé de cuivre. Les conducteurs aluminium gainés de cuivre sont utilisés mais ne sont pas courants. Du fait qu'il s'agit de conducteurs en aluminium juste recouverts d'une couche de cuivre, leurs caractéristiques vis à vis de la fusion sont pratiquement les mêmes que celles des conducteurs en aluminium.

8.7.5 Isolants.

8.7.5.1 Généralités. Les conducteurs sont isolés afin d'empêcher que le courant n'emprunte des chemins non désirés et afin de protéger les personnes contre des tensions qui seraient dangereuses pour elles. Un isolant peut être fabriqué avec presque n'importe quel matériau qui peut être appliqué facilement sur les conducteurs, qui ne conduit pas l'électricité, et qui conserve ses propriétés sur une longue durée même à température élevée. On peut se référer au tableau 310.13 de la norme NFPA 70, *National Electrical Code* pour une synthèse des différents types d'isolants utilisés. L'air sert d'isolant lorsque les barres de puissance et les parties sous tension sont bien séparées. Pour les hautes tensions, la contamination de l'air par la poussière, la pollution ou les produits de combustion peuvent inhiber les propriétés isolantes de l'air, produisant ainsi des arcs.

8.7.5.1.1 Le type d'isolant est inscrit sur les câbles sous forme de code, avec la classe de température, le fabricant et d'autres informations. L'identification est portée sur la gaine pour les câbles dont la gaine n'est pas métallique. Le codage des isolants est donné dans le tableau 310.13 de la NFPA 70, *National Electrical Code.*

8.7.5.1.2 Les isolants de chaque conducteur sont réalisés en différentes couleurs, dont certaines indiquent un usage spécifique. Un conducteur de terre doit être nu, recouvert d'un isolant vert (ou vert rayé de jaune), ou marqué aux endroits accessibles selon la norme NFPA 70, *National Electrical Code.* Un conducteur relié à la terre (neutre) peut être blanc ou gris pâle. Un conducteur non relié à la terre (phase) peut être de n'importe quelle couleur sauf vert, blanc ou gris. Dans les circuits alimentés en 120 V, il est souvent noir. Dans les circuits alimentés en 240 V, et pour les câbles sans gaine métallique, les deux phases sont souvent noires et rouges. Lorsque les conducteurs sont passés dans une gaine, les couleurs des isolants sont susceptibles de varier plus largement, surtout si les conducteurs de plusieurs circuits sont dans la même gaine.

8.7.5.2 Polychlorure de vinyle (PVC). Le PVC est un matériau thermoplastique couramment utilisé comme isolant pour les câbles. Le PVC doit être mélangé avec des plastifiants pour le rendre souple. Des pigments et d'autres additifs peuvent être ajoutés. Avec l'âge, le PVC peut perdre progressivement ses plastifiants et devenir dur et cassant. Dans un feu, le PVC peut carboniser et émettre du chlorure d'hydrogène, un gaz corrosif. Le chlorure d'hydrogène peut se combiner avec l'humidité pour former de l'acide chlorhydrique. Le chlorure d'hydrogène ou l'acide chlorhydrique, en cas de confinement, peuvent causer une corrosion localisée des métaux. Cette corrosion peut se produire à l'intérieur des armoires électriques.

8.7.5.3 Caoutchouc. Le caoutchouc était le matériau isolant le plus courant jusqu'aux environs des années 1950. Les isolants en caoutchouc contiennent des pigments et d'autres additifs et antioxydants. Avec le temps, le caoutchouc peut s'oxyder et devenir cassant, en particulier s'il a été soumis à une ambiance chaude sur une durée longue. Lorsqu'il est cassant le caoutchouc ne résiste plus et peut se séparer du conducteur si le câble est courbé ou frotté contre un obstacle. Les isolants en caoutchouc carbonisent

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

lorsqu'ils sont exposés à un feu ou à des températures très élevées et laissent des cendres après que le caoutchouc ait brûlé complètement.

8.7.5.4 Autre matériaux. Le polyéthylène et d'autres polyoléfines similaires sont utilisés comme isolants, plus couramment sur les câbles de forte section que sur les câbles dans le domaine résidentiel. D'autres matériaux (souvent du PVC) sont chemisés avec du nylon pour augmenter la stabilité thermique de l'isolant. La silicone et les polyoléfines fluorées (par exemple le Teflon®) sont employées comme isolants des conducteurs qui doivent être installés à des endroits où ils sont exposés à des températures élevées de façon quasi-permanente, notamment à l'intérieur des appareils électriques.

8.8 Prises de courants et autres équipements.

8.8.1 Interrupteurs. Les interrupteurs sont installés afin de pouvoir ouvrir et fermer les circuits qui alimentent l'éclairage ou d'autres équipements. Quelquefois, une ou plusieurs prises sont alimentées à partir du même interrupteur de façon à ce qu'une lampe de chevet puisse être éteinte ou allumée au niveau de

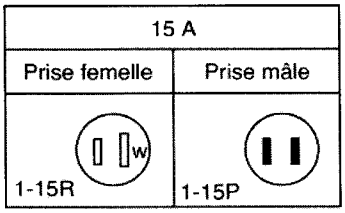


FIGURE 8.8.2(a) Prise femelle sans borne de terre.

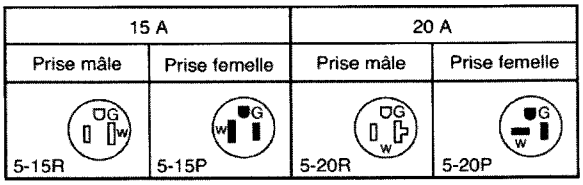


FIGURE 8.8.2(b) Prise femelle avec borne de terre.

la lampe ou à l'interrupteur. Le conducteur de phase (noir) va aux deux pôles de l'interrupteur tandis que le conducteur neutre (blanc) va à la lampe ou à l'équipement à commander. L'interrupteur devrait toujours être monté sur le conducteur noir pour des raisons de sécurité, mais il fonctionnerait tout aussi bien s'il était monté sur le conducteur blanc. Les interrupteurs peuvent avoir des bornes à vis ou à ressorts.

8.8.2 Prises. Les prises pour circuits de 15 A et 20 A, illustrées sur les figures 8.8.2(a) et 8.8.2(b), sont souvent doubles. Les prises pour les plus gros équipements (30 A ou plus) sont simples. Les prises doivent maintenant être polarisées et avec borne de terre, bien qu'il y ait encore des prises sans borne de terre et non polarisées dans les installations anciennes. Les prises avec borne de terre possèdent un troisième orifice qui permet de relier à la terre tout équipement dont la prise mâle possède une lame de terre. Dans les prises polarisées, la fente du neutre est plus longue que celle de la phase. Une prise à deux fiches mâles dont l'une est le plot plus large du neutre (pour les prises polarisées) ne peut être branchée dans la prise femelle qu'avec le plot large dans la fente large et pas en sens contraire. Toutes les prises mâles et femelles ayant une borne de terre sont aussi polarisées.

8.8.2.1 Dans les salles de bain ou d'autres zones où la sécurité des personnes est une préoccupation, les prises peuvent être équipées d'un dispositif de coupure à un faible seuil pour défaut de mise à la terre. *(voir 8.6.3.4.)*

8.8.2.2 En fonction du style de la prise, les conducteurs de phase et le neutre sont fixés sur la prise en insérant en force l'extrémité dénudée des conducteurs dans des orifices ou des fentes (bornes à ressort), ou en vissant les contacts sur l'extrémité dénudée des conducteurs. Certaines prises ont des réservations pour les deux types de fixations. Le fil de phase (souvent noir ou rouge mais il peut être de toute autre couleur sauf vert, blanc, gris, ou à nu) devrait être raccordé avec la vis en fonte ou de couleur sombre, ou à la borne marquée « phase ». Le fil neutre (isolant blanc) devrait être raccordé avec la vis en argent ou de couleur claire, ou à la borne marquée « neutre » ou « blanc ». Sur les prises avec borne de terre, le fil nu (ou l'extrémité dénudée du fil vert) est habituellement raccordé à l'aide d'une vis de couleur verte. Certaines prises ayant des bornes avec contacts à ressorts pour les conducteurs de phase et de neutre ont aussi une borne avec contact à ressort pour le conducteur de terre. Cette borne à ressort est généralement marquée avec les désignations « vert », « nu » ou « terre ». Sur les prises dans lesquelles les fils sont raccordés dans des cages, le fil de terre est aussi raccordé dans une cage.

8.8.3 Autres composants ou équipements. Les luminaires fixes sont raccordés à des boîtes de jonction placées au mur ou au plafond avec un interrupteur ou un variateur dans le circuit. Des thermostats peuvent être montés au mur pour commander les équipements de chauffage.

8.8.3.1 Dans les installations commerciales et industrielles, l'essentiel des équipements électriques de puissance est raccordé de manière permanente sur l'installation primaire. Du fait des courants élevés qui circulent, beaucoup d'équipements peuvent être coupés et mis en route par des contacteurs plutôt que directement par des interrupteurs.

8.8.3.2 Dans les installations où des atmosphères explosives sont susceptibles de se produire, il faudrait installer des jonctions et des équipements

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

antidéflagrants. Les boîtes de jonction, les équipements et dispositifs associés sont conçus pour que, même si des concentrations explosives de gaz pénètrent à l'intérieur du système, une inflammation interne ne conduise pas à l'établissement d'un front de flamme sortant du système pour enflammer l'atmosphère autour.

8.9 Inflammation par l'énergie électrique.

8.9.1 Généralités. Pour qu'une inflammation puisse être le fait d'une source électrique, les conditions suivantes doivent être présentes :

(1) L'installation, l'équipement ou le composant devait être alimenté par l'installation électrique du bâtiment, un système de secours, une batterie ou toute autre source ;

(2) Une chaleur et une température suffisantes pour enflammer un matériau combustible situé à proximité ont dû être générées par l'énergie électrique au point d'origine de l'incendie.

8.9.1.1 L'inflammation par l'énergie électrique nécessite que de la chaleur et une température suffisamment élevée (c'est-à-dire une source d'ignition efficace) ait été générées par le passage du courant électrique de manière à enflammer un matériau situé à proximité. De la chaleur et une température suffisamment élevées peuvent être produites par une grande variété de sources, telles que des arcs électriques résultant de courts-circuits ou de défauts de terre, une surintensité dans les câbles ou l'équipement, une résistance de contact, ou par des sources banales telles que des ampoules, des équipements de chauffage et de cuisine. Pour que l'inflammation ait lieu, il faut que la température de la source électrique soit maintenue suffisamment longtemps pour amener le combustible proche, à sa température d'inflammation, en présence d'air, pour permettre la combustion.

8.9.1.2 L'apport d'une source d'énergie suffisante pour l'inflammation ne garantit pas l'inflammation. La répartition de l'énergie et les pertes thermiques doivent être prises en compte. Par exemple, une couverture électrique étendue sur un lit peut dissiper 180 W de manière continue, en toute sécurité. Si la même couverture est pliée en tas, le chauffage sera concentré dans un volume plus faible. L'essentiel de la chaleur sera contenue à l'intérieur par les couches externes de la couverture, ce qui conduira à des températures internes plus élevées et peut-être à une inflammation. A la différence des 180 W consommés par une couverture électrique typique, les quelques watts consommés par une lampe-torche feront rayonner le filament de son ampoule jusqu'au blanc, indiquant des températures supérieures à 2204°C (4000°F).

8.9.1.3 Au regard du risque d'inflammation par l'électricité, la température et la durée de l'échauffement doivent être suffisamment importantes pour enflammer les combustibles initiaux. On doit examiner la nature et la géométrie du combustible pour être sûr que la chaleur était suffisante pour générer des vapeurs combustibles, et que la source de chaleur était suffisamment chaude pour enflammer ces vapeurs. Si le composant électrique suspecté ne constitue pas une source d'ignition efficace, d'autres causes devraient être envisagées.

8.9.1.4 Avant de conclure qu'un feu est d'origine électrique, la source d'échauffement d'origine électrique doit avoir été identifiée. La chaleur dégagée doit être suffisante pour enflammer le combustible qui s'est effectivement enflammé en premier. Un cheminement ou un mode de transfert thermique entre la source de chaleur et le combustible enflammé en premier doit avoir été identifié.

8.9.2 Échauffement du fait de la résistance.

8.9.2.1 Généralités.

8.9.2.1.1 Lorsque le courant électrique circule à travers un matériau conducteur, de la chaleur est générée. Voir la section 8.2.2.7.2 pour les relations entre l'intensité, la tension, la résistance et la puissance (c'est-à-dire l'échauffement). Dans une conception appropriée, respectant la réglementation, les installations et les équipements électriques auront des résistances suffisamment faibles pour que le courant circulant dans les câbles et les connexions ne génère pas de surchauffe. Certains éléments spécifiques, tels que les filaments des lampes ou les dispositifs chauffants sont conçus pour devenir très chauds. Toutefois, lorsqu'ils sont correctement conçus et fabriqués, et lorsqu'ils sont utilisés conformément aux préconisations, ces parties chaudes ne devraient pas causer de départ de feu.

8.9.2.1.2 L'utilisation de conducteurs en cuivre ou en aluminium de section suffisante dans les installations électriques (par exemple AWG jusqu'à 20 A pour le cuivre) permet de maintenir la résistance à une valeur faible. Dans les conditions normales, la faible quantité de chaleur qui est générée devrait être facilement dissipée dans l'air autour du conducteur. Lorsque des conducteurs transportant un courant nominal sont isolés thermiquement, une énergie suffisante pour causer un défaut ou un départ de feu peut être dégagée.

8.9.2.2 Appareils produisant de la chaleur. Les appareils courants de production de chaleur peuvent être à l'origine de feux s'ils sont mal utilisés ou si certains dysfonctionnements apparaissent au cours d'une mise en œuvre correcte. Parmi les exemples, on peut citer les combustibles placés trop près d'une lampe à incandescence, de radiateurs ou de machines à café, et les friteuses dont le thermostat est défaillant ou a été by-passé. *(voir la section 24.6.)*

8.9.2.3 Résistances de contact. Lorsqu'il y a une résistance de contact dans un circuit, telle qu'une vis desserrée sur un bornier, la résistance augmente entraînant un échauffement plus fort, ce qui favorise la formation d'un oxyde à l'interface. L'oxyde conduit le courant et permet le fonctionnement du circuit, mais la résistance de l'oxyde en ce point de contact est significativement plus élevée que celle du métal. Un point chaud se forme à l'interface avec l'oxyde,

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

susceptible de devenir suffisamment chaud pour émettre du rayonnement. Si des matériaux combustibles se trouvent suffisamment proches du point chaud, ils pourraient être enflammés. Généralement, la connexion se trouve dans une boîte ou dans un appareil, et la probabilité d'ignition s'en trouve grandement diminuée. La puissance développée par une connexion présentant une résistance de contact établie peut atteindre 30–40 W pour une intensité de 15–20 A. Des connexions qui chauffent de plus faible puissance ont également été observées pour des intensités aussi faibles qu'1 A environ.

8.9.3 Surintensité et surcharge. Il y a surintensité lorsqu'une intensité supérieure à celle autorisée par les normes circule dans un conducteur. Selon la valeur et la durée de la surintensité, celle-ci pourra ou non constituer une source d'ignition possible. Par exemple, une surintensité de 25 A sur un câble en cuivre de numéro AWG 14 ne devrait pas générer un risque d'incendie sauf dans des situations qui ne permettraient pas la dissipation de la chaleur telles qu'un câble isolé thermiquement ou monté au sein d'un toron de câble. Une surcharge importante de 120 A sur un câble de numéro AWG 14, par exemple, porterait le conducteur à une température telle qu'il deviendrait rouge et pourrait enflammer les combustibles au voisinage.

8.9.3.1 Les surintensités importantes et qui persistent (qu'on appelle alors surcharges) peuvent conduire un conducteur jusqu'à son point de fusion. Il se produit un arc fugitif lorsque le conducteur se rompt en deux. La fusion ouvre le circuit et stoppe l'échauffement.

8.9.3.2 Pour qu'il se produise une surintensité importante, il doit y avoir soit un défaut qui crée un by-pass par rapport aux charges nominales (par exemple un court-circuit), soit beaucoup trop de charges connectées au circuit. Pour que la surintensité persiste (on parle donc de surcharge), il faut que les protections (c'est-à-dire les fusibles ou les disjoncteurs) ne se soient pas ouvertes, aient été mises en échec ou rendues inefficaces par la conception du circuit ou de l'installation. L'inflammation par surcharge est rare dans les circuits où les conducteurs sont correctement dimensionnés dans tout le circuit, car la plupart du temps les protections s'ouvrent et arrêtent l'échauffement avant que les conditions d'ignition soient réunies. Lorsqu'il y a un câble de plus faible section entre la charge et le circuit de protection, tel qu'une rallonge multiprise avec cordon, le câble de plus faible section peut s'échauffer au-delà de sa température limite d'utilisation. Cette surchauffe peut se produire sans déclencher les protections contre les surintensités. Voir l'exemple au 8.2.8.3.

8.9.4 Arcs électriques.

8.9.4.1 Généralités. Un arc est une décharge électrique lumineuse et générant des températures élevées qui se produit à travers une couche d'air ou un milieu tel qu'un isolant carbonisé. Les températures au sein d'un arc sont de l'ordre de plusieurs milliers de degrés, selon les conditions telles que l'intensité, la différence de potentiel, et le métal concerné. Pour qu'un arc s'établisse spontanément même à travers la couche d'air la plus fine, il doit y avoir une différence de potentiel d'au moins 350 V. Dans les installations 120/240 V concernées ici, les arcs ne se forment pas dans les conditions normales. *(voir la section 8.12.)* En dépit des températures très élevées à l'emplacement de l'arc, les arcs ne sont pas des sources d'ignition très efficaces pour enflammer la plupart des combustibles. Dans un grand nombre de cas, l'arc est si bref et localisé qu'un combustible solide tel qu'un élément de structure en bois ne peut pas être enflammé. Les combustibles présentant une surface spécifique élevée, tels que les balles de coton, les non-tissés, et les combustibles à l'état gazeux ou de vapeur, peuvent être enflammés au contact d'un arc.

8.9.4.2 Ars électriques sous haute tension

8.9.4.2.1 Des hautes tensions peuvent se produire dans les installations électriques 120/240 V lors d'un contact accidentel entre le système de distribution de la compagnie d'électricité et l'installation domestique. Qu'il se produise une décharge momentanée ou une surtension plus durable, un arc peut avoir lieu dans les équipements pour lesquels la séparation des parties conductrices est sûre à 240 V mais pas à plusieurs milliers de volts. Si un matériau facilement inflammable est présent sur le chemin de l'arc, un feu peut démarrer.

8.9.4.2.2 Les luminaires sont susceptibles d'envoyer des pics de tension extrêmement élevés dans une installation électrique. Les tensions et les intensités des impulsions produites par l'éclairage sont si élevées, qu'un arc peut être généré à n'importe quel endroit, et causer des dommages mécaniques, ou enflammer de nombreux types de combustibles. *(voir la section 8.12.8.)*

8.9.4.3 Électricité statique. L'électricité statique est une charge stationnaire qui s'accumule sur certains objets. Marcher sur un tapis en atmosphère sèche génèrera une charge statique susceptible de produire un arc lors de la décharge. D'autres catégories de déplacements sont susceptibles d'engendrer une accumulation de charges, telles que l'action de retirer un vêtement, les opérations de convoyage sur bande transporteuse ou l'écoulement de liquides. *(voir la section 8.12.)*

8.9.4.4 Arcs à l'ouverture des circuits. Il s'agit d'une décharge brève qui se produit lorsqu'un circuit électrique sous tension est ouvert alors que le courant circule, comme lorsque l'on éteint par un interrupteur ou que l'on débranche une prise. On ne voit généralement pas l'arc dans un interrupteur mais on pourrait l'observer lorsque l'on débranche une prise alors que le courant circulait. Les moteurs à balai sont susceptibles de générer continuellement des arcs entre le balai et le commutateur. Sous des tensions de 120/240 V en courant alternatif, l'arc qui se produit à l'ouverture d'un circuit ne peut pas se maintenir. Ce type d'arc, dans les installations électriques est habituellement si bref et de faible énergie que seuls

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

les gaz, vapeurs ou poussières inflammables sont susceptibles de s'enflammer.

8.9.4.4.1 Dans la soudure à l'arc, la baguette doit d'abord être en contact avec l'objet du travail pour initier la circulation du courant, puis la baguette est très légèrement éloignée pour créer un arc. Si la distance ne devient pas trop grande, l'arc se maintient. Un arc de soudure produit suffisamment d'énergie pour enflammer presque n'importe quel matériau combustible. Toutefois, un arc de soudure requiert des caractéristiques spécifiques au niveau de l'alimentation électrique qui ne sont pas réunies dans la plupart des situations où il se forme des arcs électriques sur les installations électriques 120/240 V.

8.9.4.4.2 Un autre type d'arc de rupture de circuit se produit lors d'un court-circuit franc ou d'un défaut de mise à la terre. Le pic d'intensité fond le métal au point de contact et cause un arc fugitif lorsqu'un espace se crée entre les deux pièces de métal. L'arc s'éteint immédiatement mais peut projeter des particules de métal fondu autour (c'est-à-dire des étincelles). *(voir la section 8.9.5.)*

8.9.4.5* Arc à travers une couche carbonisée. Entre deux conducteurs séparés par un isolant solide, un arc devient possible lorsque l'isolant est carbonisé. L'isolant peut carboniser suite à la circulation d'un courant électrique, ou à cause d'une élévation de température sans lien avec l'électricité. Lorsque la carbonisation provient de la circulation d'un courant électrique, le phénomène est couramment désigné par le terme « cheminement d'arc ». En dehors de l'électricité, la carbonisation des isolants peut résulter de différentes sources de chaleur, telles que les équipements produisant de la chaleur ou l'incendie lui-même.

8.9.4.5.1 Arc à travers un isolant carbonisé. Les arcs peuvent se produire à la surface de matériaux non conducteurs contaminés par des sels, ou par des poussières et liquides conducteurs. On considère que de petites fuites de courant qui se produisent à travers ces matériaux contaminés dégradent le matériau en allant jusqu'à générer un arc électrique, qui carbonise le matériau ou enflamme les matières combustibles autour de l'arc. Ce type d'arc constitue un problème non seulement avec les hautes tensions, mais aussi avec les installations électriques en 120/240 V alternatif. Les isolants en PVC sont susceptibles d'être victimes d'arcs électriques, et de récentes études montrent qu'il se produit un phénomène unique bien identifié ; l'auto-mouillage. Lorsqu'un isolant en PVC contenant du carbonate de calcium, qui est couramment utilisé comme charge, est chauffé à 110°C ou plus, des réactions de dégradations chimiques se produisent et causent une absorption en surface de l'humidité de l'air, ce qui peut potentiellement initier des arcs électriques.

8.9.4.5.2 L'électricité n'est conduite par l'eau ou par l'humidité que si l'eau contient des contaminants tels que des impuretés, de la poussière, des sels, ou des dépôts minéraux. Ce courant de fuite peut engendrer des modifications électrochimiques susceptibles de générer des arcs électriques. La plupart du temps les courants de fuite qui empruntent un chemin humide et contaminé émettent suffisamment de chaleur pour assécher le chemin. Il passe alors peu ou pas du tout de courant et l'échauffement s'arrête. Si l'humidité est continuellement remplacée, et que le courant se maintient, des dépôts de métal ou des produits de corrosion peuvent se former sur le chemin suivi par le courant électrique. Cet effet est accentué avec du courant continu. Dans des conditions favorables, des arcs électriques suffisamment énergétiques pourraient prendre naissance entre les produits formés et causer un départ de feu. Des études supplémentaires seraient nécessaires pour définir plus finement les conditions nécessaires à l'éclosion d'un feu.

8.9.5 Étincelles. Les étincelles sont des particules rayonnantes qui peuvent être générées lorsqu'un arc fond un métal et projette des particules loin du lieu de l'arc. Le terme « étincelle » est couramment utilisé pour les décharges sous haute tension comme pour l'étincelle produite par une bougie d'allumage sur un véhicule. Pour les besoins des investigations incendie, le terme « étincelle » est réservé aux particules projetées par un arc, alors que l'arc est une décharge électrique lumineuse au travers d'un milieu faiblement conducteur.

8.9.5.1 Les courts-circuits et les défauts de terre ayant des intensités élevées, comme lorsque la phase touche le neutre ou la terre, produisent des évènements violents. Dans un court-circuit, la résistance est très faible, le courant de défaut peut donc atteindre des centaines ou des milliers d'ampères. L'énergie dissipée au point de contact suffit à fondre les métaux concernés, créant ainsi un espace et un arc visible avec projection d'étincelles. Les dispositifs de protection vont déclencher (c'est-à-dire ouvrir le circuit) dans la plupart des cas en une fraction de seconde et éviter la répétition de l'évènement.

8.9.5.2 Lorsque du cuivre ou de l'acier sont concernés par un arc électrique, la projection d'étincelles commence à se refroidir dès le parcours de la trajectoire dans l'air. Lorsque de l'aluminium est concerné par un défaut, les particules peuvent réellement brûler alors qu'elles se déplacent dans l'air ; elles demeurent donc extrêmement chaudes jusqu'à combustion totale ou refroidissement au contact du matériau sur lequel elles atterrissent. Les étincelles d'aluminium en feu peuvent donc constituer une source d'ignition plus efficace que les étincelles de cuivre ou d'acier. Cependant, les étincelles produites par un arc sur un circuit

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

secondaire ne sont pas des sources d'ignition très efficaces ; elles ne peuvent enflammer un bon combustible que si les conditions sont favorables. Outre la température, la taille des particules est importante au regard de l'énergie totale portée par ces particules et de leur aptitude à démarrer un feu. Ainsi, les étincelles générées lors d'une soudure à l'arc peuvent enflammer de nombreux types de combustibles en raison des dimensions relativement importantes des particules et de l'énergie totale véhiculée. Un arc électrique sur un câble d'alimentation de l'installation peut produire plus d'étincelles de plus grandes dimensions que ne le peut un arc sur un circuit secondaire.

8.9.6 Défauts de résistance. Selon la nature du défaut et l'étendue des dommages générés par le feu, la preuve d'un défaut résistant peut être difficile à trouver après l'incendie. Un défaut résistant est, par exemple, un conducteur sous tension qui entre en contact avec un objet mal relié à la terre, ou un mauvais contact entre prises mâle et femelle. Voir dans la section 8.10.4 des exemples d'indices de défaut résistant qui ont pu être trouvés après un incendie.

8.10 Interprétation des dommages aux installations électriques.

8.10.1 Généralités. Un fonctionnement électrique anormal va généralement engendrer des dommages caractéristiques qui peuvent être identifiés après l'incendie. Les preuves de ce fonctionnement anormal peuvent servir à localiser le lieu d'origine. Ces dommages peuvent concerner des conducteurs, des bornes, des contacts, des gaines, ou d'autres composants. Cependant, de nombreux types de dommages peuvent résulter de phénomènes sans rapport avec l'électricité. Cette section propose des lignes directrices permettant de déterminer si le dommage observé a été causé par l'énergie électrique et s'il est la cause ou la conséquence du feu. Ces préconisations ne sont pas absolues, et bien souvent l'indice matériel sera ambigu et ne permettra pas de conclure de façon catégorique.

8.10.2* Arcs générés par des courts-circuits ou des défauts de terre. Lorsqu'un conducteur alimenté touche un conducteur mis à la terre ou un objet métallique relié à la terre, la résistance quasi-nulle du circuit engendre une montée brutale de l'intensité et une fusion au point de contact. Ce contact non désiré peut être causé par le ramollissement de l'isolant généré par la chaleur d'un feu, ou par la blessure de l'isolant lors du passage sur une arête métallique ou dans un boîtier en métal. La circulation d'une forte intensité produit de la chaleur susceptible de fondre le métal au point de contact avec les objets concernés, créant un espace au sein duquel un arc se forme. Typiquement un conducteur en cuivre présente une entaille qui semblerait avoir été faite avec une lime ronde, comme sur la figure 8.10.2. L'entaille peut ou non rompre le conducteur. Lorsque l'on le manipule, ce conducteur pourra se casser facilement à l'endroit de l'entaille. Les détails de la surface fondue de l'entaille peuvent être observés au microscope. Quelquefois, il y a une projection de cuivre poreux sur l'entaille.

8.10.2.1 Un arc qui se crée à l'ouverture d'un circuit fond le métal seulement au point de contact initial. Les surfaces voisines ne présentent pas de traces de fusion sauf si le feu ou un autre évènement a généré des fusions postérieures. Si des fusions sont survenues après, il peut être difficile d'identifier la localisation du court-circuit ou du défaut de mise à la terre initial. Si les conducteurs étaient correctement isolés avant le défaut et que le défaut est envisagé comme cause du départ de feu, il faudra déterminer pourquoi l'isolant n'a plus joué son rôle ou a été retiré, et comment les conducteurs sont entrés en contact. Si le conducteur ou tout autre objet métallique concerné par le court-circuit ou le défaut de mise à la terre, était à nu au moment du défaut, on devrait observer des projections de métal sur les surfaces adjacentes non fondues.

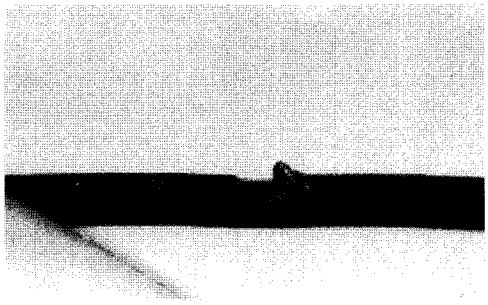


FIGURE 8.10.2 Conducteur en cuivre présentant une entaille suite à un court-circuit.

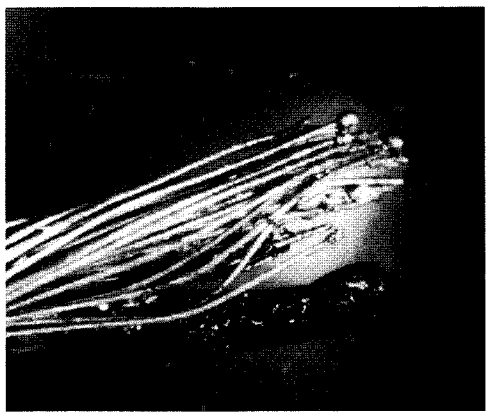


FIGURE 8.10.2.2 Cordon d'alimentation d'une lampe, en cuivre multibrins, coupé suite à un court-circuit.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

8.10.2.2 Les conducteurs multibrins, tels que ceux pour les lampes ou les cordons d'alimentation des équipements, semblent présenter des traces moins flagrantes après un court-circuit ou un défaut de mise à la terre que les conducteurs monofil. Un conducteur multibrins peut présenter une entaille avec juste quelques brins coupés, ou tous les brins peuvent être coupés avec certains fusionnés ensemble ou avec des brins individuels fondus. *(voir la figure 8.10.2.2.)*

8.10.3* Arc à travers une couche carbonisée suite à un échauffement. Les isolants des conducteurs, lorsqu'ils sont exposés au contact direct d'une flamme ou au rayonnement, peuvent carboniser sans fondre. Ces matières carbonisées sont suffisamment conductrices pour qu'un arc s'y amorce de façon sporadique. Ce type d'arc peut causer des fusions superficielles à différents endroits ou une fusion dans la masse du conducteur, selon la durée et la répétition de l'arc. Il y a souvent des arcs en de multiples points du conducteur. Le conducteur peut être détruit sur plusieurs centimètres, soit par fusion, soit par coupure en plusieurs petits tronçons.

8.10.3.1 Lorsque des conducteurs sont soumis à un échauffement très localisé, comme par exemple suite à un arc à travers des matières carbonisées, les extrémités des conducteurs peuvent être coupées. Lorsqu'il y a eu coupure, on trouve des perles aux extrémités, comme sur la figure 8.10.3.1(a). La perle peut avoir soudé deux conducteurs ensemble, comme sur la figure 8.10.3.1(b). Si les conducteurs sont dans une gaine, celle-ci peut être percée par fusion. On peut faire la différence entre les perles et les gouttelettes, ces dernières étant formées par un échauffement non localisé comme une surcharge ou un feu. Les perles sont caractérisées par une ligne de démarcation visible et identifiable entre la perle fondue et la portion adjacente de conducteur non fondu. Les figures 8.10.3.1(c), 8.10.3.1(d), 8.10.3.1(e) et 8.10.3.1(f) en montrent des exemples.

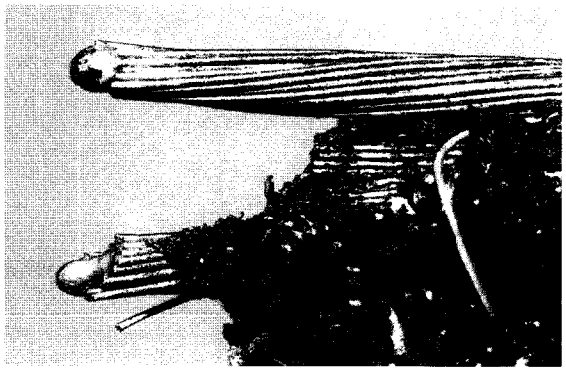


FIGURE 8.10.3.1(a) Conducteurs en cuivre coupés par un arc électrique s'étant produit au sein de l'isolant carbonisé.

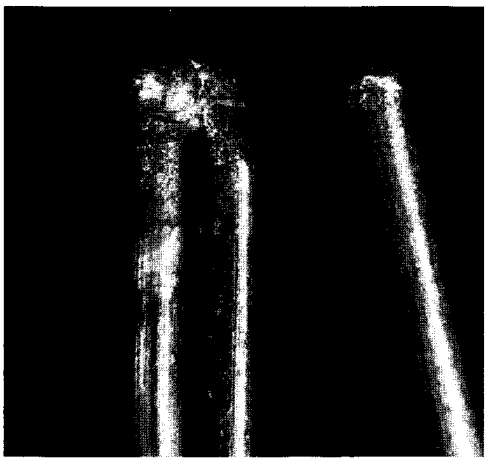


FIGURE 8.10.3.1(b) Conducteurs en cuivre coupés par un arc électrique s'étant produit au sein de l'isolant carbonisé avec une perle soudant les deux conducteurs.



FIGURE 8.10.3.1(c) Conducteurs multibrins en cuivre coupés par un arc électrique s'étant produit au sein de l'isolant carbonisé avec l'extrémité des brins portant des perles.

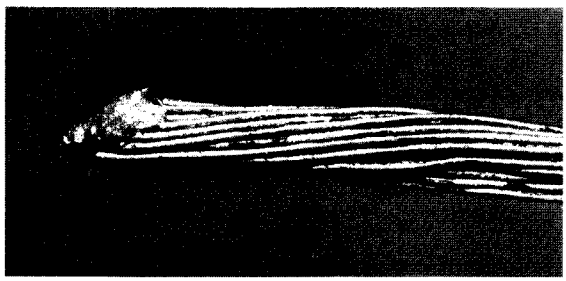


FIGURE 8.10.3.1(d) Cordon électrique 18 AWG endommagé par un arc électrique s'étant produit au sein de l'isolant carbonisé.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

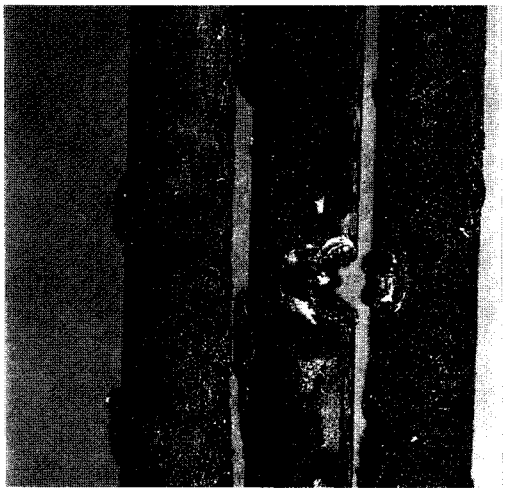


FIGURE 8.10.3.1(e) Dommage ponctuel sur un conducteur 14 AWG causé par un arc électrique s'étant produit au sein de l'isolant carbonisé (essai de laboratoire).

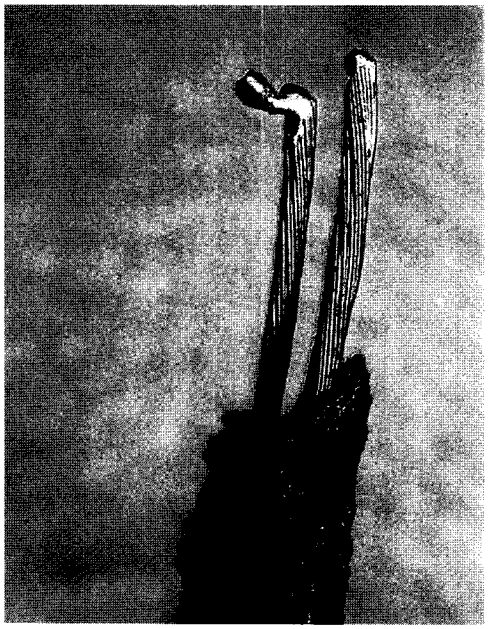


FIGURE 8.10.3.1(f) Cordon électrique 18 AWG endommagé par un arc électrique s'étant produit au sein de l'isolant carbonisé (essai de laboratoire).

8.10.3.2 Les conducteurs en aval de l'alimentation et du point de rupture ne sont plus sous tension. Ces conducteurs, dont une partie ou l'intégralité de l'isolant est détruit, se trouvent généralement parmi les débris. La portion de conducteurs en amont entre le point de coupure et l'alimentation est susceptible d'être encore sous tension si les dispositifs de protection contre les surintensités n'ont pas fonctionné. Ces conducteurs peuvent entretenir d'autres arcs à travers les matières carbonisées. Lorsqu'il y a de multiples coupures faites par des arcs sur le même circuit, la coupure la plus éloignée de l'alimentation s'est produite en premier. Il faut récupérer le plus possible de conducteurs afin de localiser le premier arc qui s'est produit à travers les isolants carbonisés. Cela donnera une indication sur le premier point du circuit qui a été attaqué par le feu et peut se révéler utile pour la recherche du lieu d'origine. Sur les circuits secondaires, on peut observer des trous de plusieurs centimètres sur les gaines ou les plaques métalliques avec lesquels le conducteur a généré un arc.

8.10.3.3 Si le défaut se produit sur les conducteurs de la compagnie d'électricité côté entrée, plusieurs dizaines de centimètres de conducteur peuvent être partiellement fondus ou détruits par des arcs répétés parce que la protection contre les surintensités est sur le circuit primaire du transformateur. Un orifice allongé ou une série de trous sur plusieurs dizaines de centimètres pourraient être observés sur la canalisation électrique.

8.10.3.4* Arcs sur des conducteurs non isolés. Certains conducteurs, tels que les jeux de barres, sont entièrement dépourvus d'isolant, mais sont tenus éloignés des autres conducteurs ou surfaces métalliques par l'utilisation d'isolateurs en plastique ou en céramique. Ils sont montés en parallèle les uns par rapport aux autres et sont proches les uns des autres, l'armoire étant reliée à la terre. On peut trouver ce type de conducteurs dans les jeux de barres des tableaux de disjoncteurs ou des armoires électriques ou commutateurs des sites commerciaux ou industriels. Ces barres de distribution sont souvent conçues pour transporter des centaines ou milliers d'ampères. Lorsqu'un arc se produit entre barres ou entre une barre et une masse, il se produit beaucoup de dommages thermiques et de métaux fondus. Les dispositifs de protection sont conçus pour permettre la circulation d'intensités élevées dans ces conducteurs. Si un arc se développait entre les barres ou entre une barre et une masse, l'arc pourrait se déplacer vers le bas du jeu de barres, loin de l'alimentation. Ceci entraînerait davantage de destructions à l'endroit où l'arc a atteint l'extrémité du jeu de barres plutôt qu'à l'endroit où il a été initié.

8.10.4* Résistances de contact. Les connexions sont les zones les plus susceptibles de surchauffer dans un circuit. Les causes de surchauffe les plus probables, sont la connexion lâche ou la présence d'un oxyde résistant au point de contact. Sur une connexion qui chauffe, les métaux seront plus fortement oxydés que les mêmes métaux ailleurs, ayant subi la même exposition au feu. Par exemple, sur un boîtier de prises femelles double, la connexion qui chauffe sera plus endommagée que l'autre. Le conducteur ou les parties femelles

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

de la prise peuvent présenter des surfaces grêlées ou une perte de matière à l'endroit du défaut de contact. Cette perte de matière peut ressembler à du métal manquant ou à un amincissement du conducteur. Ces effets ont plus de chance de survivre au feu lorsque les conducteurs en cuivre sont connectés à une borne en acier. Lorsque du laiton ou de l'aluminium sont mis en œuvre dans la connexion, les métaux seront plus probablement fondus que piqués. La fusion peut être causée par un échauffement résistif ou par le feu. Le piquage peut aussi résulter de la formation d'alliages. *(voir la section 8.10.6.3.)* Une connexion qui chauffe peut conduire à des dommages thermiques et à la carbonisation des matériaux proches de la connexion. La chaleur peut se transmettre le long des conducteurs raccordés à la connexion qui chauffe, occasionnant la carbonisation ou la destruction des isolants des conducteurs. La carbonisation ou la destruction des isolants peuvent alors entraîner la formation d'un arc électrique. Ce type de dégât devrait rester identifiable après l'incendie.

8.10.5* Surcharge. Les surintensités d'ampleur et de durée suffisamment importantes pour causer des dégâts et générer un risque de départ de feu, sont qualifiées de surcharges. Lorsque l'on envisage une surcharge, il faut examiner le circuit de protection. Les équipements les plus vulnérables par rapport au risque de surcharge sont les rallonges multiprises avec cordon. Les surcharges ont peu de risque de se produire sur les circuits d'une installation correctement protégée contre les surintensités.

8.10.5.1 Les surcharges causent un échauffement interne du conducteur. Cet échauffement se produit sur toute la longueur de la portion de circuit en surcharge et peut décoller l'isolant du conducteur. Ce phénomène de décollement provient du ramollissement et de la déformation de l'isolant thermoplastique dû à l'échauffement du conducteur. Si la surcharge est importante, le conducteur peut devenir suffisamment chaud jusqu'à enflammer les combustibles à son contact, alors que l'isolant fond et se sépare du conducteur. Les fortes surcharges peuvent faire fondre le conducteur. Lorsque le conducteur se rompt en deux, le circuit s'ouvre et l'échauffement s'arrête immédiatement. Les autres endroits où la fusion s'est produite sans atteindre la rupture se trouvent alors figés en l'état. Cet effet a été observé sur des conducteurs en cuivre, en aluminium et en Nichrome®. *(voir la figure 8.10.5.1.)* L'observation de nombreuses fusions est l'indication d'une forte surcharge. Des traces de fusion des conducteurs par surintensité ne signifient pas pour autant que le feu a démarré à cause de cela.

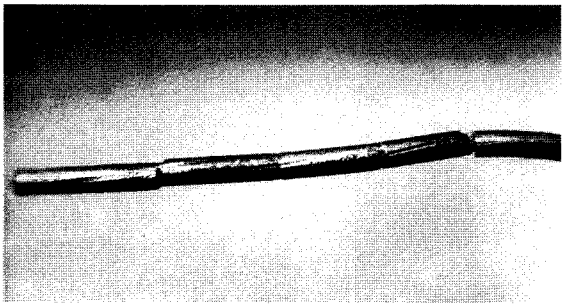


FIGURE 8.10.5.1 Portion de conducteur en aluminium coupé par surintensité et présentant de nombreuses traces de fusion.

8.10.5.2 La surcharge sur les câbles d'alimentation est plus souvent observée que sur les circuits secondaires mais elle est souvent consécutive à un incendie. Un défaut sur un câble d'alimentation génère un arc et du métal fondu exclusivement au point de défaut sauf si les conducteurs demeurent en contact de telle sorte qu'une surcharge massive et entretenue puisse fondre le câble sur une grande longueur.

8.10.6 Dommages non causés par l'électricité. Les conducteurs peuvent se trouver endommagés avant ou pendant l'incendie pour d'autres raisons que l'énergie électrique ; les traces laissées peuvent souvent être distinguées de celles laissées par l'énergie électrique lorsqu'elle est en cause.

8.10.6.1 Coloration de la surface des conducteurs. Lorsque l'isolant est endommagé et se trouve retiré du conducteur en cuivre par n'importe quel moyen, on constate que la chaleur a oxydé le conducteur en surface sous la forme d'un oxyde rouge sombre à noir. Les couleurs verte ou bleue sont susceptibles d'apparaître lorsque de l'acide est présent. L'acide provient souvent de la décomposition du PVC. Ces différentes couleurs ne sont d'aucune aide dans la recherche de la cause car elles dépendent presque toujours de conditions liées au développement de l'incendie.

8.10.6.2 Fusions causées par le feu. Des conducteurs en cuivre soumis à un feu ou à des braises sont susceptibles de fondre. Tout d'abord, il se forme des bulles et des déformations en surface, comme présenté sur la figure 8.10.6.2(a). Les stries créées à la surface du conducteur lors de sa fabrication disparaissent. L'étape suivante est la génération de quelques coulures formant des gouttes pendantes. L'augmentation de la fusion peut conduire à des écoulements avec des zones qui s'affinent, comme on peut le voir sur la figure 8.10.6.2(b). Dans ces conditions, la surface du conducteur devient lisse. En se solidifiant de nouveau, le cuivre forme des globules. Les globules causés par une exposition au feu sont de forme et de taille irrégulières. Ils se terminent souvent en pointe et peuvent être identifiés. La limite entre les surfaces fondues et celles qui ne le sont pas n'est pas nette.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

8.10.6.2.1 Les conducteurs multibrins qui atteignent juste leur température de fusion deviennent raides. Quand l'échauffement se poursuit, le cuivre coule entre les brins si bien que les brins forment un conducteur unique avec une surface irrégulière qui témoigne de l'endroit où se trouvaient les brins, comme sur la figure 8.10.6.2.1(a). Un échauffement durable peut engendrer des coulures, des amincissements et la formation de globules caractéristiques des conducteurs monofil. Une observation au microscope est nécessaire pour observer certains de ces effets. Les conducteurs multibrins de fortes sections qui fondent du fait du feu peuvent avoir leurs brins fusionnés ensemble par écoulement de métal ou les brins peuvent s'amincir et demeurer séparés. Parfois, les brins pris individuellement peuvent présenter des globules comme des perles même si le dommage aux conducteurs provient d'une simple fusion. Les figures 8.10.6.2.1(b) et 8.10.6.2.1(c) présentent quelques exemples.

8.10.6.2.2 Les conducteurs en aluminium fondent et se solidifient en prenant des formes irrégulières qui n'apportent aucun indice sur la cause du feu, comme sur la figure 8.10.6.2.2. Comme leur température de fusion est relativement basse, les conducteurs en aluminium vont fondre dans presque tous les feux et amènent rarement des éléments utiles pour la recherche de la cause.

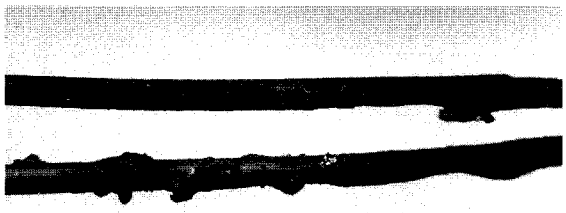


FIGURE 8.10.6.2(a) Conducteurs en cuivre chauffés par un feu jusqu'à leur température de fusion, présentant des zones de coulures, de bulles et de déformations en surface.

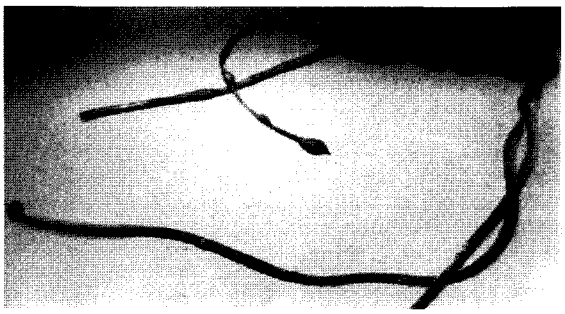


FIGURE 8.10.6.2(b) Conducteurs en cuivre, chauffés par un feu, présentant des globules.



FIGURE 8.10.6.2.1(a) Conducteur en cuivre multibrins pour lequel la fusion suite au feu a soudé les brins ensemble.

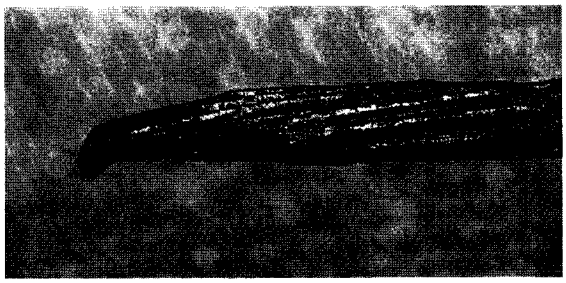


FIGURE 8.10.6.2.1(b) Traces de fusion par le feu sur un conducteur en cuivre multibrins.



FIGURE 8.10.6.2.1(c) Autre exemple de conducteur en cuivre multibrins présentant des traces de fusion par le feu.

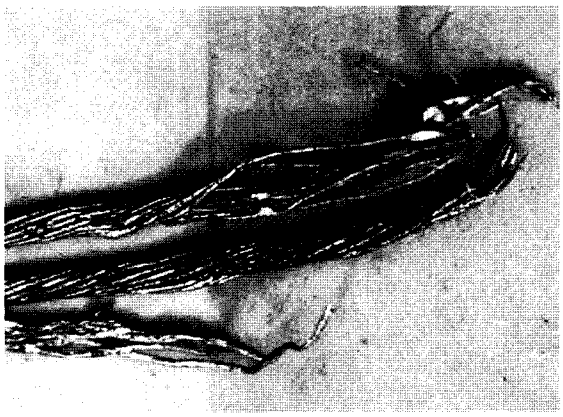


FIGURE 8.10.6.2.2 Câbles en aluminium, qui ont fondu par le feu, présentant des zones rétrécies, des zones avec des bulles et des extrémités terminées en pointe.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

8.10.6.3* Formation d'alliages. Les métaux tels que l'aluminium et le zinc peuvent former des alliages lorsqu'ils fondent en présence d'autres métaux. Si de l'aluminium coule sur un jeu de barres en cuivre au cours d'un feu puis refroidit, l'aluminium sera juste légèrement collé au cuivre. Si cette coulure est ensuite chauffée par l'incendie, l'aluminium peut traverser la couche superficielle d'oxyde et former un alliage avec le cuivre qui fondra à une température plus basse que celle des deux métaux pris séparément. Après l'incendie, une zone d'alliage avec de l'aluminium peut se présenter comme une tâche grise et rugueuse, ou comme une tâche argentée et brillante. L'alliage cuivre-aluminium est cassant, et le conducteur peut facilement rompre si on le courbe dans la zone de l'alliage. Si l'alliage fondu coule et se sépare du conducteur au cours de l'incendie, il restera un cratère tapissé d'alliage. L'analyse chimique peut confirmer la présence d'un alliage.

8.10.6.3.1 Les conducteurs en aluminium qui fondent du fait de la chaleur du feu au niveau des bornes peuvent générer des alliages et des cratères sur les bornes et les équipements autour. On ne peut pas clairement faire visuellement la distinction entre un alliage et une connexion qui a chauffé. Le zinc forme facilement un alliage de laiton avec le cuivre. Sa couleur est jaunâtre et il n'est pas aussi cassant que l'alliage avec l'aluminium.

8.10.6.3.2 Le cuivre et l'argent peuvent aussi former un alliage. Ceci peut se produire à des températures inférieures à leurs points de fusion respectifs. Des alliages sont susceptibles de se former sur des contacts, des interrupteurs, des thermostats, des dispositifs de protection thermique, des contacteurs, des relais ou d'autres équipements du même type.

8.10.6.3.3 Des conducteurs en cuivre au niveau des connexions, ou des bornes ayant une soudure, peuvent présenter des zones avec des alliages, des globules, des extrémités rondes, ou du piquage après un incendie. Ces effets résultent de l'interaction entre le cuivre et la brasure.

8.10.6.4* Traces mécaniques. Par un examen au microscope, on peut généralement faire la différence entre les trous et les dentelures sur un conducteur, résultant de l'usage d'un outil mécanique et les traces laissées par un arc électrique. L'usage d'un outil laissera généralement des égratignures correspondant à l'outil mis en œuvre. Un outil avec des dents provoquera une déformation du conducteur sous les dents. Les trous ou dentelures, faits mécaniquement ne présenteront pas de zone fondue, comme ce qui est observé avec l'énergie électrique.

8.11 Identification des traces de fusion causées par un arc électrique sur des conducteurs électriques.

Il est possible d'examiner les conducteurs électriques afin de déterminer si la fusion a été causée par un arc électrique ou par la chaleur de l'incendie.

8.11.1 Fusion causée par un arc électrique.

8.11.1.1 Un arc électrique génère des températures très élevées et un échauffement localisé sur le chemin de l'arc, qui normalement va fondre les conducteurs à l'endroit où l'arc fait contact avec ces derniers. Un arc est en principe limité en surface et en durée, aussi les dommages créés sont localisés avec une séparation nette entre les portions de conducteur fondu et celles qui ne le sont pas. Une observation au microscope peut être nécessaire pour identifier la démarcation entre zones fondues et zones non fondues sur un conducteur.

8.11.1.2 Les conséquences d'un arc peuvent prendre la forme d'entailles sur les conducteurs *[voir les figures 8.10.2 et 8.10.3.1(e)]*, ou de perles rondes ou irrégulières à l'extrémité d'un conducteur qui s'est coupé *[voir les figures 8.10.3.1(a), 8.10.3.1(b), 8.10.3.1(c), 8.10.3.1(d) et 8.10.3.1(f)]*. Un arc génère souvent des étincelles qui sont projetées à partir de la zone de l'arc vers les zones proches du conducteur.

8.11.2 Fusion causée par le feu. A la différence de la fusion résultant d'un arc électrique, lorsque les conducteurs sont fondus par le feu, les dommages sont distribués sur une zone plus étendue sans séparation nette entre les zones fondues et celles qui ne le sont pas. *(voir la section 8.10.6.2)*. Les conducteurs fondus par le feu peuvent présenter des globules ronds ou irréguliers, ou des extrémités fuselées, lisses ou rugueuses.

8.11.3 Remarques et précautions.

8.11.3.1 Des essais menés en laboratoire, associés aux connaissances relevant des domaines de la chimie, de la physique et de l'électricité montrent que certaines croyances passées sont erronées ou valables seulement dans des circonstances particulières.

8.11.3.2 Il est recommandé à l'investigateur d'examiner les études et les travaux de recherche scientifiques afin de connaître les conditions et les limitations associées aux expériences qui ont été réalisées et leurs conclusions. Négliger les facteurs limitant la portée des conclusions des essais peut conduire l'investigateur à une interprétation erronée.

8.11.4 Conducteurs sous-dimensionnés. On soupçonne parfois que des conducteurs sous-dimensionnés, par exemple un câble AWG 14 pour un courant de 20 A, surchauffent et entraînent un départ de feu. Les intensités maximales admissibles incluent un facteur de sécurité important. Bien que pour un câble AWG 14 le courant soit en principe limité à 15 A, l'échauffement supplémentaire amené par un courant de 20 A ne serait pas nécessairement la cause d'un départ de feu. Une température de fonctionnement plus élevée détériorerait l'isolant plus vite mais ne le ferait pas fondre ou se séparer du conducteur, laissant ce dernier nu, sans d'autres facteurs capables de générer ou de conserver la chaleur. L'observation de conducteurs sous-dimensionnés ou de protections surdimensionnées ne constituent pas la preuve d'un départ de feu. *(voir la section 8.2.8.)*

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

8.11.5 Conducteurs pincés ou étirés. On pense parfois, que les conducteurs dont la section a été réduite par pincement, chauffent de manière excessive au pincement. Des calculs et des essais ont montré que l'échauffement supplémentaire est négligeable pour des câbles testés à leur intensité nominale. Un conducteur portant une entaille (ou un trou) et transportant une intensité excessive peut créer un défaut initiant un arc à l'endroit de l'entaille ou du trou. On pense, parfois aussi que tirer un câble dans une goulotte peut l'étirer comme du caramel et réduire sa section sans toutefois que le phénomène soit détectable par les dispositifs de protection. Les conducteurs en cuivre ne s'allongent pas autant sans rompre au point le plus faible. Quel que soit l'étirement produit, du moment que la zone de déformation plastique n'est pas dépassée, celui-ci n'engendrait ni réduction significative de la section, ni échauffement résistif important.

8.11.6 Prélever les indices.

8.11.6.1 Les dommages sur les conducteurs électriques devraient être considérés comme des indices potentiels. La portion endommagée du câble concerné devrait être relevée sur la scène d'incendie avant d'être déplacée. Les relevés devraient notamment inclure la localisation du dommage, et si le câble provenait d'un circuit d'alimentation ou d'un équipement électrique.

8.11.6.2 Si le conducteur endommagé doit être retiré de son circuit, la coupure ne devrait pas intervenir dans la portion endommagée. Au contraire, la section devrait intervenir suffisamment loin de la zone endommagée pour inclure une partie de conducteur qui ne soit ni abîmée, ni fondue. Les conducteurs ne devraient pas être nettoyés, car la surface des matériaux est un indice matériel dont on pourrait avoir besoin plus tard pour une analyse ou un examen. Cet indice matériel devrait être préservé et emballé afin de le protéger de tout risque d'abrasion mécanique ou de coupure accidentelle des fils, ou de tout autre risque de détérioration. S'il y a plusieurs indices matériels, ils devraient être emballés séparément.

8.11.7 Isolant détérioré. Lorsqu'un isolant thermoplastique se détériore avec l'âge ou la chaleur, il tend à devenir cassant et se craquèle si on le courbe. Les craquelures ne suffisent pas à générer des fuites de courant, sauf si des solutions conductrices s'infiltrent dans ces craquelures. Les isolants en caoutchouc s'abîment plus facilement que les isolants thermoplastiques, et perdent plus de résistance mécanique. Aussi, les cordons d'alimentation ayant un isolant en caoutchouc et équipant les lampes ou d'autres appareils devant être déplacés peuvent devenir dangereux à cause d'un isolant craquelé qui casse et se détache. Toutefois, la simple craquelure d'un isolant en caoutchouc, comme pour les isolants thermoplastiques, n'autorise pas les fuites de courant, sauf si une solution conductrice s'infiltre dans les craquelures.

8.11.8* Agrafes trop serrées ou mal positionnées.

8.11.8.1 On pense que les agrafes de fixation qui serrent trop fort le câble sur sa partie non métallique peuvent être la source d'échauffement ou de certains défauts. L'hypothèse repose sur la création de courants induits à cause d'agrafes trop proches des conducteurs allant jusqu'à traverser l'isolant et toucher les conducteurs. Une agrafe de câble ayant un sommet aplati et correctement positionnée ne peut pas pénétrer à travers l'isolant. Si l'agrafe est courbée au-dessus, ses bords peuvent pénétrer dans l'isolant et toucher les conducteurs. Dans ce cas, un court-circuit ou un défaut de mise à la terre pourrait se produire. Après un feu, on devrait reconnaître facilement les agrafes courbées et les fusions sur les agrafes ou sur les conducteurs, à moins que ces traces n'aient été effacées par l'incendie qui a suivi. Un court-circuit engendrerait le déclenchement des protections contre les surintensités, ce qui éviterait davantage de dégâts. Il n'y aurait pas d'échauffement prolongé au point de contact, et l'arc électrique bref, ne mettrait pas le feu à l'isolant du conducteur ou au bois sur lequel le câble est agrafé.

8.11.8.2 Lorsqu'une agrafe est mal positionnée et qu'une des tiges pénètre dans l'isolant et touche à la fois une phase et le conducteur de terre, un court-circuit ou un défaut de mise à la terre peut alors se produire. Si une agrafe ou un clou blesse la phase sans toucher le conducteur de terre, ou blesse le neutre sans toucher la phase, une résistance de contact peut se créer au point de contact entre le cuivre et l'acier.

8.11.8.3 Une agrafe mal positionnée ou un clou peuvent appliquer un point de pression sur l'isolant du conducteur, ou légèrement le percer sans faire contact avec le conducteur. L'isolant sur chaque conducteur peut glisser et se retirer au niveau du point de compression. Au fil du temps, cela peut créer une forte résistance de contact entre conducteurs et/ou avec l'agrafe ou le clou. Ce type de résistance de contact importante peut être à l'origine d'un feu des mois ou des années après que la dégradation se soit produite. Si le clou ou l'agrafe, qui a causé la dégradation peut être identifié en mettant en évidence la preuve d'un transfert de métal entre le conducteur et l'agrafe ou le clou, ceci peut étayer l'hypothèse qu'un cheminement électrique très résistant a été créé. Il est nécessaire de prendre en compte le fait qu'un transfert de métal d'un conducteur vers un clou ou une agrafe peut résulter d'un feu qui progresse. Pour que cette source de chaleur devienne une source d'ignition, des combustibles facilement inflammables doivent se trouver au voisinage de l'agrafe. Un poteau ou tout autre élément de structure en bois ne peut pas être considéré comme un combustible facilement inflammable.

8.11.9 Court-circuit. Un court-circuit (c'est-à-dire faible résistance et intensité élevée) sur le câblage d'un circuit secondaire est considéré comme capable d'enflammer les isolants des conducteurs et de propager le feu. Normalement, l'éclair fugace d'un arc électrique avant le déclenchement des protections ne peut pas

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

échauffer suffisamment l'isolant pour générer des gaz inflammables, même si la température au cœur de l'arc peut atteindre plusieurs milliers de degrés. Si la protection contre les surintensités est mise en échec ou inopérante, alors le court-circuit peut devenir une surcharge et comme telle constituer une source d'inflammation.

8.11.10 Conducteurs perlés. Une perle à l'extrémité d'un conducteur, à elle seule, n'apporte aucune indication sur la cause du feu.

8.12 Électricité statique.

8.12.1 Introduction à l'électricité statique.

8.12.1.1 L'électricité statique correspond à la génération de charges sur les matériaux par contact et séparation entre matières, et aux différents effets résultant des charges électriques positives et négatives ainsi formées. L'électricité statique se crée par le transfert d'électrons (chargés négativement) entre corps, l'un cédant des électrons et devenant positif, et l'autre en gagnant pour devenir chargé négativement avec la même charge mais de signe opposé.

8.12.1.2 Parmi les sources courantes d'électricité statique, on peut citer :

(1) Matières pulvérisées passant sur des toboggans ou des convoyeurs pneumatiques ;

(2) Vapeur, air ou gaz s'écoulant dans une canalisation ou un tuyau, lorsque l'écoulement est humide ou qu'il contient des matières en suspension ;

(3) Bande transporteuse en matière isolante en mouvement ;

(4) Véhicules en mouvement ;

(5) Liquide isolant s'écoulant dans une conduite ou coulant en pluie ou en jet ;

(6) Frottement de tissus l'un contre l'autre ou contact des chaussures avec les sols et les revêtements de sols en marchant ;

(7) Orages générant de violents courants d'air et des différences de température qui mettent en mouvement l'eau, la poussière et les cristaux de glace en créant des éclairs ;

(8) Mouvements de toutes sortes qui concernent le changement de position relative généralement de surfaces en contact l'une avec l'autre, de liquides ou de solides différents l'un de l'autre.

8.12.2 Génération d'électricité statique.

8.12.2.1 Généralités. On ne peut pas totalement empêcher la formation d'électricité statique, mais ceci a peu de conséquences car la production de charges électriques ne peut pas à elle seule constituer un risque d'incendie ou d'explosion. Pour qu'il y ait inflammation, il doit se produire une décharge ou une recombinaison entre des charges positives et négatives précédemment séparées, générant un arc électrique au sein d'une atmosphère inflammable. On appelle électricité statique une charge électrique présente à la surface d'un corps isolant où elle se trouve piégée et ne peut pas s'écouler. Une charge électrique sur un corps conducteur en contact avec un isolant ne peut pas non plus s'écouler et est aussi *statique*. Dans chacune de ces situations, on dit que le corps est *chargé*. La charge peut être soit positive (+), soit négative (-).

8.12.2.2* Liquides inflammables. De l'électricité statique est générée lorsqu'un liquide se déplace au contact d'un autre matériau. Ce phénomène se produit couramment au cours d'opérations telles que l'écoulement dans des canalisations, et le mélange, le versement, le pompage, la pulvérisation, la filtration ou l'agitation. Sous certaines conditions, en particulier avec les hydrocarbures liquides, de l'électricité statique est susceptible de s'accumuler dans le liquide. Si l'accumulation de charges est suffisante, un arc électrique peut se produire. Si l'arc a lieu en présence d'un mélange vapeurs inflammables-air, il peut se produire une inflammation.

8.12.2.2.1 La filtration sur certains types d'argiles ou de microfiltres augmente de façon substantielle la capacité à générer des charges électriques. Des essais et retours d'expérience montrent que certains filtres de ce type sont capables de créer 100 à 200 fois plus de charges par rapport à la quantité atteinte sans ce type de filtres.

8.12.2.2.2 La conductivité électrique d'un liquide conditionne sa capacité à accumuler et à conserver une charge électrique. Plus la conductivité est faible, plus le liquide a tendance à générer et à garder une charge électrique. Des liquides courants ayant une faible conductivité et qui présentent donc un risque par rapport à l'électricité statique sont énumérés dans le tableau 8.12.2.2.2. A titre de comparaison, l'eau distillée a une conductivité de 100 000 000 pico siemens.

Tableau 8.12.2.2.2 Liquides courants ayant une faible conductivité.

Produit	Conductance par Mètre [pico siemens (pS)[a]]
Hydrocarbures très purs	0.01
Distillats légers[ab]	0.01 to 10
Carburant aviation[bc]	0.2 to 50
Kérosène[bc]	1 to 50
Essence avec plomb[bc]	Au-dessus de 50
Gazole contenant des additifs antistatiques[bc]	50 to 300
Bitumes[ab]	1000 to 100 000

[a]Un Pico siemens (pS) est l'inverse de un ohm. 1 pS = 1×10^{-12}siemens.

[b]API RP 2003, Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents.

[c]Bustin et Duket, Electrostatic Hazards in Petroleum Industry.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

8.12.2.3 Charges à la surface d'un liquide. Lorsqu'un liquide chargé électriquement est versé, pompé, ou transvasé dans un réservoir ou un conteneur, les charges de même polarité au sein du liquide vont se repousser, en envoyant les charges vers les surfaces externes du liquide, c'est-à-dire non seulement les surfaces en contact avec le liquide mais aussi la surface en contact avec l'air ou les vapeurs, s'il y en a. Ce dernier type de charges, souvent appelé *charges superficielles,* peut jouer un rôle dans de nombreuses situations. Dans bien des cas, le conteneur est métallique, et est donc électriquement conducteur.

8.12.2.3.1 Même si la carcasse du réservoir est reliée à la terre, le délai de dissipation des charges, connu sous le terme de délai de relaxation, peut atteindre des valeurs faibles situées entre quelques secondes et quelques minutes. Le délai de relaxation dépend de la conductivité du liquide et des modes et vitesses de transfert du liquide dans le réservoir, et par conséquent de la vitesse à laquelle les charges électrostatiques s'accumulent.

8.12.2.3.2 Si la différence de potentiel entre n'importe quelle portion de la surface du liquide et la carcasse métallique du réservoir devenait suffisamment élevée, l'air au-dessus du liquide pourrait s'ioniser et un arc de décharge pourrait se produire avec la carcasse. Toutefois, un arc avec la carcasse du réservoir est moins probable qu'un arc avec un écoulement de liquide ou avec un objet introduit dans le réservoir. On appelle ces écoulements ou ces objets des éléments déclencheurs d'étincelles (c'est-à-dire d'arcs). Aucune liaison équipotentielle ou liaison à la terre du réservoir ou du conteneur ne peut éliminer cette charge interne.

8.12.2.3.3 Si le réservoir ou le conteneur n'est pas relié à la terre, la charge peut aussi se transmettre à la partie externe du réservoir et peut créer un arc avec n'importe quel objet relié à la terre apporté à proximité de la surface externe du réservoir nouvellement chargée.

8.12.2.4* Transfert de charges. On utilise le terme *transfert de charges* pour décrire des conditions où un produit se charge dans un réservoir ou un compartiment qui contenait précédemment un produit ayant une tension de vapeur et un point d'éclair différents. Le transfert de charges peut conduire à une inflammation lorsqu'un produit à tension de vapeur faible et point d'éclair élevé, comme le fioul lourd, est mis dans le réservoir d'un cargo contenant des vapeurs inflammables provenant du produit précédemment transporté, tel que de l'essence. La décharge d'électricité statique qui se produit normalement au cours du remplissage peut enflammer le mélange vapeur-air restant, provenant du liquide à bas point d'éclair.

8.12.2.5 Opérations de pulvérisation. La pulvérisation, sous haute pression, de liquides inflammables, telles que la projection de peintures, peut générer des quantités significatives de charges électrostatiques au niveau des surfaces sur lesquelles le liquide a été pulvérisé et sur les buses ou les pistolets non reliés à la terre.

8.12.2.5.1 Si le produit pulvérisé est susceptible de générer une atmosphère inflammable, comme les peintures contenant des solvants inflammables, une décharge d'électricité statique peut alors enflammer le mélange combustible-air.

8.12.2.5.2 En général, les équipements de pulvérisation à haute pression « airless » (sans air) présentent largement plus de risque de créer des accumulations dangereuses d'électricité statique, que les pistolets à air comprimé, basse pression.

8.12.2.6 Gaz. Lorsqu'un gaz, qui s'écoule, est contaminé par des oxydes métalliques ou des particules d'écaillage, par de la poussière, ou par gouttelettes ou des aérosols de liquides, une accumulation d'électricité statique peut se produire. Un jet de gaz contenant des particules en contact direct avec un objet conducteur va charger l'objet à moins que l'objet ne soit relié à la terre ou à la buse d'éjection du gaz. Si l'accumulation de charges est suffisante, un arc de décharge d'électricité statique peut se produire. Si l'arc a lieu en présence d'une atmosphère inflammable, celle-ci pourra s'enflammer.

8.12.2.7 Poussières et fibres. Des charges d'électricité statique peuvent être créées au cours de la mise en œuvre et de la manipulation de poussières et de fibres dans l'industrie. De la poussière mise en suspension ou générée lors du transvasement ou lors de l'agitation de matériaux produisant des poussières, tels que le blé ou les matières pulvérisées, peut créer une accumulation de charges électrostatiques sur n'importe quel corps conducteur isolé avec lequel cette poussière entrerait en contact. L'énergie minimale d'inflammation pour un nuage de poussières est typiquement comprise entre 10 et 100 mJ. Aussi, de nombreuses poussières sont susceptibles de s'enflammer avec moins d'énergie que n'en génèrerait un arc créé à partir d'un équipement ou du corps humain.

8.12.2.8 Décharge d'électricité statique à partir du corps humain. De nombreux accidents ont pour origine des décharges d'électricité statique à partir des personnes. Le corps humain peut accumuler une charge électrique. Le potentiel est plus élevé en atmosphère sèche qu'en atmosphère humide. *(voir tableau 8.12.2.8).* Si une personne est isolée par rapport à la terre, cette personne peut accumuler une

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

charge significative en marchant sur une surface isolée, en touchant un objet chargé, en brossant des surfaces alors qu'elle porte des vêtements non conducteurs, ou en touchant momentanément un objet relié à la terre dans un environnement chargé. Au cours d'une activité normale, le potentiel du corps humain peut atteindre 10 kV à 15 kV, et l'énergie émise en cas d'arc peut atteindre 20 mJ à 30 mJ. Lorsque l'on compare ces valeurs aux énergies minimales d'inflammation des gaz et des vapeurs, le risque est évident.

Tableau 8.12.2.8 Potentiels électrostatiques résultant de charges triboélectriques à deux niveaux d'humidité relative.

Situation	Potentiel électrostatique (kV)	
	RH 10–20 %	RH 65–90 %
Marcher sur un tapis	35	1.5
Marcher sur un sol en vinyle	12	0.25
Travailler sur un comptoir	6	0.1
Pochettes en vinyle contenant les procédures de travail	7	0.6
Sac en plastique pris sur un comptoir	20	1.2
Fauteuil de bureau rembourré avec de la mousse de Polyuréthane	18	1.5

8.12.2.9 Vêtements. Les vêtements d'extérieur sont susceptibles de créer des quantités de charges électrostatiques considérables lorsque l'on sépare plusieurs couches de vêtements, qu'on les éloigne du corps, ou qu'on les enlève entièrement, en particulier lorsque les tissus sont différents. Certains matériaux (en particulier les polymères synthétiques), et/ou dans des conditions de faible humidité, peuvent accumuler des charges électrostatiques. Le fait d'ôter des vêtements d'extérieur, combiné à l'utilisation de tissus synthétiques, peut devenir une source d'ignition.

8.12.3* Arc inflammatoire. Un arc électrique ayant suffisamment d'énergie pour enflammer un mélange inflammable peut être qualifié « d'inflammatoire ». Un arc non inflammatoire ne possède pas l'énergie nécessaire pour constituer une source d'ignition même si l'arc se produit au sein d'un mélange inflammable. Un gaz, des vapeurs émises par un liquide inflammable, ou des poussières constituent des mélanges inflammables.

8.12.3.1 Lorsque l'énergie accumulée est suffisamment importante, et que la distance entre deux corps est suffisamment petite, l'énergie accumulée est relâchée en générant un arc. L'énergie ainsi accumulée et relâchée est liée à la capacité du corps chargé et à la tension selon la formule suivante :

$$E_s = \frac{CV^2}{2}$$

où :

E_S = énergie (J)
C = capacité (F)
V = tension (V)

8.12.3.2 L'énergie d'un arc d'électricité statique s'exprime généralement en millièmes de joule (milli joules, ou mJ).

8.12.3.3 Arcs entre conducteurs. Les arcs à partir de conducteurs chargés non-reliés à la terre, y compris le corps humain, sont responsables de la plupart des incendies et explosions initiés par l'électricité statique. Les arcs sont typiquement des décharges capacitives intenses qui se produisent dans l'espace entre deux corps conducteurs chargés, généralement du métal. L'énergie d'un arc se concentre intensément dans l'espace et dans le temps.

8.12.3.3.1 La capacité d'un arc à constituer une source d'ignition est largement fonction de son énergie, qui elle-même est une fraction de l'énergie totale stockée dans le système.

8.12.3.3.2 Pour enflammer un mélange inflammable, l'énergie relâchée dans la décharge doit au moins être égale à l'énergie minimale d'inflammation (MIE) de ce mélange. D'autres facteurs, tels que la forme des électrodes chargées ou l'allure de la décharge, ont une influence sur les conditions de la décharge électrostatique et sur sa capacité à constituer une source d'ignition.

8.12.3.4 Décharges entre conducteurs et isolants.
Des arcs se produisent souvent entre conducteurs et isolants. De telles situations sont, par exemple, rencontrées lorsque des parties en plastique et une armature, des films isolants et leurs cadres, des liquides et des particules de matière, sont mis en œuvre. L'accumulation de charges sur ces matériaux peut produire des décharges des surfaces et des étincelles, qui dépendent de la charge accumulée et de la forme des surfaces conductrices à proximité. La densité de charge variable en amplitude et en polarité observée sur les surfaces isolantes provient de la propagation de ces décharges sur une surface limitée de l'isolant.

8.12.4* Énergie d'inflammation. L'aptitude d'un arc à générer une inflammation dépend largement de son énergie et de l'énergie minimale d'inflammation du combustible concerné. L'énergie d'un arc d'électricité statique est nécessairement une fraction de l'énergie totale

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

stockée. Une partie de l'énergie totale accumulée sera consommée par l'échauffement des électrodes. Avec des électrodes planes et plates, la tension minimum d'un arc nécessaire pour franchir un écart de 0,01 mm est de 350 V. Des écarts plus larges requièrent proportionnellement des tensions plus élevées ; par exemple, 1 mm requiert approximativement 4500 V.

8.12.4.1 Bien qu'une tension de 350 V suffise en théorie pour franchir un petit écart, il a été démontré sur la base de travaux expérimentaux, que seuls des arcs créés par des différences de potentiel d'au moins 1500 V pouvaient constituer des sources d'ignition, en raison des pertes de chaleur aux électrodes.

8.12.4.2 Les poussières et les fibres, à une concentration optimale dans l'air, ont besoin d'une énergie de 10 à 100 fois plus élevée que les gaz et les vapeurs pour s'enflammer à l'aide d'un arc électrique. Voir le Tableau 21.13.3.1 pour d'autres valeurs d'énergie minimale d'inflammation.

8.12.5 Contrôle de l'accumulation d'électricité statique. Une charge d'électricité statique peut être évacuée ou se dissiper naturellement. Une charge d'électricité statique ne peut pas persister sauf sur un corps isolé électriquement par rapport à son environnement ou à moins que la charge se régénère plus rapidement qu'elle ne disparaît.

8.12.5.1 Humidité. Beaucoup des matériaux couramment rencontrés qui ne sont généralement pas considérés comme des conducteurs électriques comme le papier, les tissus, les tapis, les vêtements, et les poussières de produits cellulosiques ou autres, contiennent une certaine quantité d'humidité en équilibre avec l'atmosphère ambiante. La conductivité électrique de ces matériaux augmente proportionnellement avec le taux d'humidité des matériaux qui dépend de l'humidité relative de l'atmosphère ambiante.

8.12.5.1.1 Lorsque l'humidité relative est élevée, 50 % ou plus, les matériaux et l'atmosphère vont atteindre un équilibre et contenir suffisamment d'humidité pour atteindre une conductivité adaptée afin d'empêcher des accumulations significatives d'électricité statique. Avec une humidité relative faible de l'ordre de 30 % ou moins, les matériaux sèchent et deviennent de bons isolants, aussi les accumulations d'électricité statique deviennent plus probables.

8.12.5.1.2 Les matériaux tels que les poussières de plastique ou de caoutchouc ou les bandes transporteuses, qui n'absorbent pas la vapeur d'eau de façon notable, peuvent demeurer des surfaces isolantes et accumuler des charges électrostatiques, même si l'humidité relative approche 100 %.

8.12.5.1.3 La conductivité de l'air n'est pas considérablement augmentée par l'humidité.

8.12.5.2 Liaisons équipotentielles et mises à la terre. Créer une liaison équipotentielle consiste à connecter électriquement au moins deux objets conducteurs entre eux. Réaliser une mise à la terre consiste à connecter électriquement un ou plusieurs objets conducteurs au potentiel de la terre ; il s'agit d'un type de liaison spécifique.

8.12.5.2.1 Un objet conducteur peut être mis à la terre en étant relié à un autre objet conducteur qui est déjà au potentiel de la terre. Certains objets, tels qu'une canalisation métallique souterraine ou de grands réservoirs métalliques reposant au sol, peuvent de façon inhérente se trouver reliés à la terre du fait de leur contact avec elle.

8.12.5.2.2 Les liaisons équipotentielles réduisent les différences de potentiel entre les objets. Les liaisons à la terre réduisent les différences de potentiel entre les objets et la terre. Parmi les techniques utilisables, on peut citer les contacts de métal à métal pour les objets fixes et les pinces de terre entre des objets en mouvement et la terre.

8.12.5.2.3 Les investigateurs ne devraient pas prendre pour acquises les liaisons équipotentielles ou les mises à la terre juste sur l'apparence ou en touchant les objets en question. Des mesures électriques spécifiques devraient être effectuées pour confirmer la qualité de ces liaisons. De nombreux paramètres, tels que la corrosion et la dégradation de la terre, peuvent grandement affecter l'état initial de la liaison à la terre.

8.12.5.2.4 Lorsqu'un arc généré par une décharge d'électricité statique est envisagé comme source d'ignition, des examens et des tests devraient être effectués sur les liaisons équipotentielles, sur les mises à la terre ou sur tout autre chemin conducteur ; ces vérifications devraient être réalisées par du personnel qualifié en se basant sur les critères de la NFPA 77, *Recommended Practice on Static Electricity*.

8.12.6 Conditions requises pour une inflammation par un arc d'électricité statique. Pour qu'une décharge d'électricité statique soit une source d'ignition, cinq conditions doivent être remplies :

(1) une situation réelle de production de charge d'électricité statique doit exister ;

(2) la possibilité d'accumuler et de maintenir une charge ayant un potentiel suffisant doit exister ;

(3) un arc de décharge d'électricité statique suffisamment énergétique doit se produire. *(voir la section 18.3.)* ;

(4) un combustible, en mélange avec l'air à

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

la concentration adéquate, et dont l'énergie minimale d'inflammation est inférieure à l'énergie développée par l'arc d'électricité statique, doit être présent. *(voir la section 18.4.)* ;

(5) l'arc électrique et le combustible doivent être présents ensemble au même moment, et au même endroit.

8.12.7 Mener des investigations sur une inflammation par l'électricité statique. Souvent les investigations sur l'électricité statique comme source d'ignition possible sont liées à la découverte et à l'analyse des circonstances de l'évènement et à l'élimination d'autres sources d'inflammation, plutôt qu'à des indices matériels directs.

8.12.7.1 Lorsqu'il examine l'électricité statique en tant que source d'ignition possible, l'investigateur devrait vérifier si les cinq conditions nécessaires à une inflammation sont satisfaites.

8.12.7.2 Il faut analyser par quel mécanisme l'électricité statique a pu être générée. Cette analyse devrait inclure l'identification des matériaux ou des équipements qui ont causé l'accumulation d'une charge électrostatique, leur niveau de conductivité électrique, ainsi que leurs mouvements relatifs, contacts et séparations, ou comment les électrons ont pu être échangés.

8.12.7.3 La manière dont les charges se sont accumulées à un niveau suffisant et tel qu'elles puissent se décharger sous la forme d'un arc électrique inflammatoire, devrait être identifiée. L'état des liaisons équipotentielles, des mises à la terre et la conductivité des matériaux supposés avoir accumulé des charges ou avec lequel il y a eu décharge sous la forme d'un arc, devrait être examiné.

8.12.7.4 Les enregistrements des conditions météorologiques locales, comprenant l'humidité relative, devraient être obtenus ; leur influence sur l'accumulation de charges statiques ou sur leur dissipation (relaxation) devrait être analysée.

8.12.7.5 La localisation de l'arc électrique devrait être déterminée aussi précisément que possible. Il y a rarement des indices matériels directs attestant de la réalité d'un arc d'électricité statique. Parfois, il existe des témoignages qui décrivent la création de l'arc au moment de l'inflammation. Toutefois, l'investigateur devrait s'efforcer de vérifier les témoignages à travers l'analyse des circonstances et des éléments physiques.

8.12.7.6 L'investigateur devrait déterminer si la décharge électrostatique a pu générer une énergie suffisante pour constituer une source d'inflammation adaptée au combustible qui a pris feu en premier.

8.12.7.7 Selon la longueur de l'arc (distances entre les surfaces), il faudrait calculer la tension et l'énergie générée par l'arc, afin de déterminer si un arc incendiaire est techniquement envisageable.

8.12.7.8 Le fait que l'arc incendiaire et le combustible (sous une forme et à une concentration appropriées) ont pu se trouver réunis au même endroit et au même moment devrait être démontré.

8.12.8* Éclairs.

8.12.8.1 Généralités. Les éclairs constituent une autre forme d'électricité statique pour laquelle les charges se créent sur et dans les nuages et sur la terre. Les mouvements des gouttelettes d'eau, de la poussière et des particules de glace au sein des vents violents et des courants d'air ascendants d'un orage, créent des charges électrostatiques polarisées dans les nuages. Lorsqu'une charge suffisante s'est accumulée, une décharge se produit sous la forme d'un éclair entre le nuage chargé et des objets à des potentiels différents. Les éclairs sont susceptibles de se produire entres nuages ou entre les nuages et la terre. Dans le dernier cas, des charges de polarité opposée sont générées dans le nuage, alors que la charge sur la terre en-dessous du nuage est induite par la charge du nuage. Il en résulte un condensateur géant, et quand la charge créée est suffisante, il y a décharge.

8.12.8.2 Caractéristiques des éclairs. Typiquement les éclairs ont un noyau composé de plasma énergétique de 12,7 mm à 19 mm (½ in. à ¾ in.) de diamètre, entouré d'une épaisse couche de 102 mm (4 in.) d'air surchauffé et ionisé. Les éclairs développent une intensité moyenne de 24 000 A mais elle peut dépasser 200 000 A, et la tension peut atteindre 15 000 000 V.

8.12.8.3 Foudre.

8.12.8.3.1 La foudre tend à frapper les objets les plus hauts situés sur le chemin de sa décharge. La foudre pénètre dans les bâtiments par quatre voies possibles :

(1) en frappant un objet métallique comme une antenne TV, un dôme ou un système d'air conditionné placé à l'extérieur sur le toit ;

(2) en frappant directement le bâtiment ;

(3) en frappant un arbre ou un autre objet situé en position haute et en se déplaçant horizontalement jusqu'au bâtiment ;

(4) en frappant les câbles aériens situés à proximité et en pénétrant dans le bâtiment par les câbles de l'installation électrique du bâtiment.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

8.12.8.3.2 L'éclair suit généralement un chemin conducteur jusqu'au sol. A certains endroits sur son chemin, l'éclair principal peut se dérouter, par exemple en passant du circuit électrique au réseau de plomberie, en particulier si les canalisations d'eau souterraines sont utilisées pour la mise à la terre de l'installation électrique du bâtiment.

8.12.8.4 Dommages causés par la foudre. Les dommages causés par la foudre résultent de deux propriétés caractéristiques ; premièrement, la tension et l'énergie extrêmement élevées au sein de l'éclair ; deuxièmement, la chaleur et les températures extrêmement élevées générées par la décharge électrique. Les points (A) à (D) constituent des exemples de ces effets.

(A) Un arbre peut littéralement éclater sous l'action explosive de la foudre qui frappe l'arbre et de la chaleur qui vaporise en un instant l'humidité contenue dans l'arbre, induisant des effets explosifs.

(B) Les conducteurs en cuivre qui ne sont pas conçus pour transporter les milliers d'ampères de la foudre peuvent être fondus, coupés, ou complètement vaporisés sous l'effet de la surintensité causée par la décharge. On peut aussi observer le phénomène caractéristique suivant ; les conducteurs électriques qui ont été victimes d'une surintensité significative peuvent se couper et s'écarter en de nombreux endroits sur leur longueur, du fait des champs magnétiques extrêmement puissants générés par de telles intensités.

(C) Lorsque la foudre frappe un bâtiment en béton armé, l'électricité peut suivre les armatures en acier, s'agissant du chemin offrant la plus faible résistance. L'énergie importante et les températures élevées peuvent détruire le béton autour de manière explosive.

(D) La foudre peut aussi être à l'origine d'incendies suite à la détérioration éventuelle des installations de gaz. On sait que les raccords des installations à gaz peuvent être endommagés par les courants électriques induits par la foudre ou par d'autres types de décharges électriques. Lorsqu'une conduite de gaz est endommagée, le gaz peut s'échapper, et l'éclair qui a détruit la conduite peut aussi mettre le feu au gaz.

8.12.8.5 Réseau de détection des impacts de foudre. Il existe des réseaux de détection des impacts de foudre qui peuvent en fournir le moment et la localisation (à 500 mètres près). On peut aussi obtenir des historiques, y compris le rapport des impacts de foudre détectés sous un certain délai avant un incendie.

Chapitre 9 Installations de gaz dans les bâtiments

9.1* Introduction.

On trouve des installations de gaz dans la plupart des habitations, des entrepôts, des centres commerciaux ou des sites industriels, ou à proximité. En général, ces équipements servent, à approvisionner en gaz les installations utiles au confort thermique, au chauffage de l'eau, à la cuisine, et aux procédés industriels. Ces installations peuvent constituer des sources de combustible en cas d'incendie ou d'explosions dans les bâtiments concernés. L'investigateur ou l'expert devraient posséder les connaissances de base sur les gaz, les installations et sur les équipements qui les constituent. On considère généralement que la NFPA 54, *National Fuel Gas Code*, 49 CFR Part 192, « Transportation of Natural and Other Gases by Pipeline : Minimum Safety Standards, » et que la NFPA 58, *Liquefied Petroleum Gas Code*, sont les principales normes sur ce sujet.

9.1.1 Conséquences de la présence de gaz sur les investigations incendie et explosion. Les installations de gaz des bâtiments peuvent influencer les feux de bâtiments des quatre façons suivantes ; comme source de combustible initiale, comme source d'ignition, à la fois comme combustible et source d'ignition, et comme facteur d'influence sur la propagation du feu. Ces influences sont de nature à compliquer le travail de l'investigateur qui devrait connaître au moins les rudiments sur les installations à gaz, comme leur fonctionnement et les défaillances qu'elles peuvent présenter.

9.1.1.1 Source de combustible. Les gaz inflammables qui fuient à partir d'une canalisation, d'un stockage ou d'un équipement utilisateur peuvent servir de combustible facilement inflammable pour les feux ou les explosions. On parlera couramment de *fuite* de gaz.

9.1.1.2 Source de chaleur. Les températures d'auto-inflammation pour la plupart des gaz se situent entre 384°C et 632°C (723°F et 1170°F). Les énergies minimales d'inflammation sont faibles, de l'ordre de 0,2 mJ. Ainsi, les gaz peuvent être facilement enflammés par la plupart des sources d'ignition couramment rencontrées.

9.1.1.2.1 Les flammes ouvertes des brûleurs à gaz ou des veilleuses constituent des sources d'ignition susceptibles d'enflammer les combustibles gazeux, mais également d'autres combustibles, en particulier les gaz inflammables ou les vapeurs émises par les liquides inflammables et les poussières.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

9.1.1.2.2 Les équipements fonctionnant au gaz qui se trouvent surchauffés, les installations mal établies ou les conduits de cheminée trop proches de combustibles solides qu'ils peuvent enflammer, comme par exemple la charpente en bois d'un bâtiment. La proximité de stockages de combustibles ou les distances par rapport à la source de chaleur n'ont été respectées constituent des risques d'incendie.

9.1.1.3 Source de chaleur et de combustible. Dans un certain nombre de cas, les canalisations de gaz et les équipements, y compris les brûleurs et les veilleuses, peuvent servir à la fois de source de combustible et de source de chaleur.

9.1.2 Effet sur la propagation du feu.

9.1.2.1 Au cours de feux ou d'explosions, les équipements de gaz détériorés peuvent fournir du combustible supplémentaire et peuvent grandement accélérer la vitesse de propagation du feu, ou propager le feu à des zones qui n'auraient pas brûlé autrement. Les flammes émises par les canalisations de gaz endommagées (souvent appelées *torchères*) peuvent propager le feu et passer à travers les éléments de structure des bâtiments.

9.1.2.2 Les poches de gaz qui s'enflamment au cours d'un incendie peuvent laisser des traces de foyers séparés, de déflagration, ou d'explosion, entraînant aussi une propagation du feu plus importante.

9.2* Combustibles gazeux.

Sont définis comme combustibles gazeux le gaz naturel, les gaz de pétrole liquéfié en phase vapeur uniquement, les mélanges gaz de pétrole liquéfié-air, les gaz commercialisés, et les mélanges de ces gaz, plus les mélanges gaz-air à une concentration inflammable, le gaz combustible ou le composant inflammable du mélange étant un produit distribué commercialement. Les combustibles gazeux les plus couramment rencontrés par l'investigateur incendie et explosion sont le gaz naturel et le propane commercial. *(Voir le* NFPA 54, *National Fuel Gas Code, et le* NFPA 58, *Liquefied Petroleum Gas Code.)*

9.2.1 Gaz naturel.

9.2.1.1 Le gaz naturel est un hydrocarbure gazeux abondant à l'état naturel qu'on extrait par forage à partir de poches souterraines, et qui se trouve souvent avec du pétrole brut. Bien que les concentrations exactes diffèrent d'une zone géographique à l'autre et qu'il n'y ait pas de norme qui spécifie sa composition, le gaz naturel est principalement composé de méthane, accompagné en plus petite quantité d'azote, d'éthane, de propane, de traces de butane, de pentane, d'hexane, de dioxyde de carbone et d'oxygène. Les concentrations peuvent connaître de grandes variations, et ont été observées dans des mélanges selon une proportion de 72 à 95 % pour le méthane, de 3 à 13 % pour l'éthane, de <1 à 4 % pour le propane et de <1 à 18 % pour l'azote.

9.2.1.2 Non dilué, le gaz naturel est plus léger que l'air. Selon sa composition exacte, il a une densité (par rapport à l'air) de 0,59 à 0,72, une limite inférieure d'inflammabilité (LII) de 3,9 % à 4,5 %, et une limite supérieure d'inflammabilité (LSI) de 14,5 % à 15 %. Un mélange inflammable a des vapeurs ayant une densité de 0,96 à 0,98. Sa température d'auto-inflammation est de 482°C à 632°C (900°F à 1170°F).

9.2.2 Propane commercial. Le propane est un dérivé provenant du raffinage du pétrole. Les gaz de pétrole liquéfié peuvent être liquéfiés sous des pressions modérées et à température ambiante. Cette possibilité de condenser les GPL les rend plus faciles à stocker et à transporter que le gaz naturel, et rend donc le propane particulièrement adapté pour les zones rurales et celles qui sont plus difficilement accessibles ou pour une utilisation sur les équipements et matériels portatifs. Dans les zones peuplées où le gaz naturel n'est pas disponible, le propane est parfois mélangé à l'air et acheminé vers le consommateur à des pressions relativement faibles par un réseau de distribution souterrain similaire à celui du gaz naturel.

9.2.2.1 Le propane commercial contient au minimum 95 % de propane et de propylène, et au maximum 5 % d'autres gaz. La concentration moyenne de propylène dans le propane commercial varie entre 5 et 10 %.

9.2.2.2 Non dilué, le propane gazeux est plus lourd que l'air. Il a une densité (par rapport à l'air) de 1,5 à 2,0, une limite inférieure d'inflammabilité (LII) de 2,15 %, et une limite supérieure d'inflammabilité (LSI) de 9,6 %. Un mélange propane-air a des vapeurs ayant une densité de 1,01 à 1,10. Sa température d'auto-inflammation se situe entre 493°C et 604°C (920°F et 1120°F).

9.2.3 Autres combustibles gazeux. Les autres combustibles gazeux qu'un investigateur est susceptible de rencontrer sur les sites commerciaux, industriels et non résidentiels sont notamment le butane commercial, le propane HD5, ainsi que d'autres gaz issus de productions spécifiques.

9.2.3.1 Butane commercial. Le butane commercial contient au minimum 95 % de butane et de butylène et au maximum 5 % d'autres gaz, la concentration en butylène restant en général inférieure à 5 %.

9.2.3.2 Propane HD5. Le Propane HD5 est une qualité de propane pour les moteurs et pour d'autres applications nécessitant des spécifications plus étroites que le propane commercial ordinaire. Il contient 95 % de propane et 5 % au maximum d'autres gaz.

9.2.3.3 Gaz issus des produits. Les gaz commercialisés sont produits à partir de la houille, du coke, ou du pétrole, de procédés chimiques, ou à partir de gaz naturel, de gaz de pétrole liquéfié ou de mélanges de ces gaz. Ils sont le plus souvent utilisés pour des applications industrielles. Les gaz les plus courants sont l'acétylène, l'éthylène et l'hydrogène.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

9.2.4 Odorisation. Le GPL et le gaz naturel commerciaux n'ont pas une odeur réellement identifiable à l'état naturel. Afin de rendre le gaz naturel plus détectable, un mélange odorant composé de *t*-butyl mercaptan et de thiophane ou d'autres mercaptans est généralement ajouté. Pour rendre le GPL plus facilement détectable, de l'éthyle mercaptan est généralement ajouté. Ces substances odorantes sont demandées par la loi et par le code incendie. L'article 49 CFR 192.625 dit ; « Un gaz combustible contenu dans une conduite de distribution doit contenir d'origine un produit odorant ou on doit en ajouter un de façon à ce qu'à une concentration dans l'air égale au cinquième de la limite inférieure d'inflammabilité, le gaz soit rapidement détecté par un personne ayant un odorat normal. » La sous-section 4.2.1 de la NFPA 58, *Liquefied Petroleum Gas Code*, dit ; « Il faut ajouter une substance odorante à tous les GPL avant qu'ils soient livrés à un site de stockage et de distribution de façon à ce que ces gaz soient rendus détectables par une odeur distinctive, à une concentration dans l'air égale au cinquième de la limite inférieure d'inflammabilité. » Pour le gaz naturel, la substance odorante est ajoutée par la compagnie de distribution locale avant d'injecter le gaz dans le réseau de distribution. Pour le transport à longue distance dans les gazoducs, la substance odorante n'est souvent pas ajoutée au gaz naturel. Pour le GPL, la substance odorante est ajoutée au gaz par le fournisseur de gaz avant livraison au site de stockage et de distribution.

9.2.4.1 Au cours des investigations après une explosion concernant potentiellement des combustibles gazeux, s'il s'avère que personne n'a relevé de fuite de gaz, l'investigateur devrait alors vérifier la présence de substance odorante dans le gaz. L'investigateur devrait aussi vérifier que la substance odorante est présente à la bonne concentration. Des moyens de détection chimique appelés « *tubes réactifs* » peuvent être utilisés sur le terrain, et la chromatographie en phase gazeuse peut être utilisée, sur tout autre échantillon que le gaz naturel, au laboratoire pour des résultats plus précis.

9.2.4.2 Pour utiliser les tubes réactifs, il faut connaître le nom de la substance odorante, car il n'existe pas de tube réactif universel pour toutes les substances. Le document ASTM D 5305, *Standard Test Method for Determination of Ethyl Mercaptan in LP-Gas Vapor*, est une norme pour la détermination des produits odorants du propane par tubes réactifs. Il n'y a pas de norme équivalente pour le gaz naturel. Il faut prélever l'échantillon de gaz (ou de liquide pour du GPL) de manière appropriée. La norme ASTM D 1265, *Standard Practice for Sampling Liquefied Petroleum (LP) Gases (Manual Method)*, décrit la méthode appropriée pour échantillonner du GPL. L'utilisation de sacs Tedlar® est proposée pour les prélèvements de gaz naturel devant servir à la vérification des produits odorants. Un prélèvement de gaz réalisé sur un réservoir de propane ne donne qu'une partie des informations dont la totalité pourrait être obtenue à partir d'un échantillon liquide. Tous les laboratoires ne réalisent pas les analyses pour la recherche de substance odorante dans les gaz ou les liquides. La capacité du laboratoire à réaliser l'analyse devrait être vérifiée avant d'envoyer les échantillons, car ces échantillons doivent analysés le plus rapidement possible.

9.2.4.3 Les essais de laboratoire sur les échantillons de gaz ne sont pas toujours adaptés pour déterminer la concentration effective de substance odorante dans un échantillon de gaz naturel. Les essais relatifs au niveau de substance odorante suffisante dans le gaz naturel devraient être réalisés avec des équipements d'analyse olfactive afin de déterminer la concentration de gaz dans l'air à laquelle l'odeur devient facilement perceptible. Certains individus ne peuvent pas détecter ces odeurs pour différentes raisons, et sous certaines conditions l'efficacité de la substance odorante peut se trouver réduite au point de ne plus être détectée. Aussi, les résultats des tests doivent être corroborés par deux personnes au moins.

9.3 Installations de gaz naturel.

A la différence du propane, pour les installations de gaz naturel, celui-ci est amené par un réseau de canalisations du site de production et de stockage jusqu'au bâtiment utilisateur. Le système d'approvisionnement qui livre le gaz naturel au client est relativement complexe, avec de nombreuses procédures d'intervention et des modifications de la pression entre le site de production et l'utilisation finale.

9.3.1* Gazoducs. Les conduites utilisées pour transporter le gaz naturel du site de production ou de stockage vers un site local sont appelées des *gazoducs*. Pour le transport sur de longues distances, le fournisseur de gaz naturel met en œuvre des pressions allant jusqu'à 8275 kPa (1200 psi).

9.3.2 Réseau d'alimentation. Les conduites utilisées pour distribuer le gaz naturel au sein d'un réseau quadrillé en vue d'approvisionner les clients de type résidentiel ou industriel sont appelées réseau d'alimentation. Les pressions nominales de fonctionnement dans le réseau d'alimentation varient largement parmi les compagnies de gaz selon les zones géographiques. Elles dépassent rarement 1035 kPa (150 psi) pour les systèmes sous haute pression, et sont typiquement de l'ordre de 414 kPa ou moins (60 psi ou moins). Les systèmes d'alimentation dans les zones rurales qui doivent livrer du gaz à des clients plus éloignés fonctionnent sous des pressions nécessairement plus élevées que les systèmes urbains. Une conduite d'alimentation est une canalisation servant à l'approvisionnement.

9.3.3 Conduites de distribution. Les conduites de distribution de gaz naturel constituent le système de canalisations qui relie le réseau de distribution au

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

client individuel. Elles se terminent typiquement au régulateur de pression et au compteur à gaz. Les pressions minimales et maximales délivrées au client après régulation finale sont comprises entre 1,0 kPa et 2,5 kPa (4 in. w.c. et 10 in. w.c.). Une conduite de distribution est une canalisation servant à l'approvisionnement.

9.3.4 Compteur à gaz.

9.3.4.1 Un compteur à gaz est un instrument installé sur une installation à gaz et destiné à mesurer le volume de gaz consommé qui le traverse.

9.3.4.2 Le document 49 CFR 192.353 et la NFPA 54, *National Fuel Gas Code*, exigent que le compteur soit installé à au moins 0,9 m (3 ft) de toute source de chaleur, et soit protégé contre tout risque de dommage mécanique, de températures extrêmes, de surpression, d'un retour de pression, ou d'une dépression.

9.4 Installations de GPL.

L'une des différences entre les installations GPL et les installations au gaz naturel concerne le stockage et la livraison du gaz aux installations des utilisateurs. Typiquement, le propane est livré sur les installations des utilisateurs à l'état liquide. Il est délivré au client par camion citerne, par transfert du liquide dans le réservoir du client. Dans certaines régions isolées, qui ne sont pas desservies par un réseau de gaz naturel, il existe des réseaux souterrains d'acheminement et de distribution du propane ou d'un mélange propane-air similaires à ceux évoqués à la section 9.3, mais fonctionnant souvent à une pression plus faible. Le propane est le GPL le plus couramment utilisé, mais le butane ou d'autres GPL ou mélanges sont utilisés dans certaines régions chaudes.

9.4.1 Stockage du GPL. On stocke le GPL dans des bouteilles, dans des réservoirs, dans des réservoirs transportables, et dans des citernes. On peut trouver les définitions de ces conteneurs dans les différents guides et normes d'application réglementaire. Généralement les « *bouteilles* » correspondent à des conteneurs d'une capacité en eau de 454 kg (1000 lb) ou moins et sont régis par la réglementation du « Department of Transportation (DOT) » (Ministère des transports). Les « réservoirs » sont généralement plus grands et régis par l'American Society of Mechanical Engineers (ASME) *Boiler and Pressure Vessel Code*. En stockage le GPL est conservé sous pression à l'état liquide ou gazeux. Généralement, la quantité maximale permise de GPL est de 42 % de la capacité en eau du réservoir, en masse, ou 80 % de sa capacité volumique. A l'exception des applications moteurs ou vaporisateurs, le GPL est normalement soutiré de la phase vapeur du conteneur de stockage.

9.4.1.1* Réservoirs.

9.4.1.1.1 Pour les installations résidentielles et les petits commerces, le GPL est stocké en aérien dans des réservoirs fixes conformes aux exigences ASME, jusqu'à une capacité en eau de 3786 m^3 (1000 gal). Ces réservoirs sont typiquement conçus pour une pression de 1379 kPa à 1724 kPa (200 psi à 250 psi) et ils ne devraient pas être transportés avec plus de 5 % de leur capacité en liquide. Pour certaines applications, les réservoirs sont enterrés pour réduire les changements de température.

9.4.1.1.2 Les réservoirs conformes aux exigences ASME pour les moteurs à explosion sont installés de façon permanente et sont conçus pour une pression maximale de service de 1724 kPa à 2150 kPa (250 psi à 312 psi). Ces réservoirs peuvent se trouver dans le véhicule, (par exemple dans le coffre ou dans un autre compartiment) ou à l'extérieur. Les chariots élévateurs ont un réservoir monté en fixe, derrière le conducteur.

9.4.1.1.3 Les citernes sont des conteneurs montés sur un châssis, qui sont utilisés pour le transport du GPL. Les citernes sont assujetties aux règlements DOT et ASME et sont typiquement conçues pour une pression de service maximale de 1724 kPa (250 psi).

9.4.1.1.4 Les réservoirs transportables sont utilisés pour le transport du GPL, et ne sont pas montés de façon permanente sur un châssis. Ils ont une capacité en eau supérieure à 454 kg (1000 lb). Ces réservoirs sont conçus en conformité avec la réglementation ASME et pour une pression de service maximale de 1724 kPa (250 psi).

9.4.1.2* Bouteilles. Les bouteilles doivent être conformes aux exigences DOT 49 CFR 173 et 49 CFR 178. Elles sont couramment utilisées pour les habitations et les activités rurales, les mobiles homes, les chariots élévateurs, les véhicules de tourisme, et les petites installations. Les bouteilles peuvent être transportées à leur taux de remplissage maximal autorisé. Elles sont réutilisables, (spécification DOT 4BA ou 4BW), ou à usage unique (spécification DOT 39, 2P, ou 2Q). Les bouteilles à usage unique ont typiquement une capacité de 1 lb de GPL ou moins.

9.4.2 Accessoires. Les accessoires d'un conteneur sont les équipements qui sont connectés au niveau de l'ouverture du conteneur. Ces équipements sont notamment les systèmes d'évacuation de la pression, les dispositifs de régulation du débit, les jauges du niveau de liquide, les capteurs de pression et les bouchons.

9.4.2.1 Systèmes d'évacuation de la pression. Les systèmes d'évacuation de la pression sont déclenchés par la pression ou la température afin d'éviter que la pression ne dépasse un seuil prédéterminé, et par conséquent afin d'éviter la rupture d'un conteneur à son taux de charge nominal. Les conteneurs de GPL

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

sont équipés d'un ou plusieurs systèmes d'évacuation de la pression qui sont conçus pour évacuer de la vapeur, sauf dans certains cas du règlement DOT. L'émission de vapeur entraîne le refroidissement du liquide restant, ce qui réduit encore la pression.

9.4.2.1.1 Les systèmes de bouchon fusible sont déclenchés thermiquement pour s'ouvrir et vidanger le contenu du conteneur. La température minimale de déclenchement est de 98°C (208°F), et la température maximale de déclenchement est de 104°C (220°F). Ils ne protègent pas le conteneur du surremplissage. Une fois ouvert, ils ne se referment pas. Les bouchons fusibles ne doivent pas être utilisés sur les conteneurs ASME ayant capacité en eau de 544 kg (1200 lb) ou plus.

9.4.2.1.2 Les soupapes s'ouvrent sous l'effet de la pression. Ces dispositifs maintiennent la pression dans le conteneur jusqu'à leur seuil de déclenchement et donc ne protègent pas contre le risque de rupture du conteneur lorsque la chaleur affaiblit le métal au point où la pression de rupture devient inférieure à la pression d'ouverture de la soupape. Le seuil de déclenchement pour les réservoirs ASME correspond à la pression de calcul du réservoir, typiquement 1724 kPa ou 2150 kPa (250 psi ou 312 psi). Le seuil de déclenchement pour les bouteilles réutilisables correspond à 75 % de la pression d'épreuve de la bouteille, typiquement 2481 kPa à 3308 kPa (360 psi à 480 psi).

9.4.2.2 Dispositifs de régulation du débit. Les vannes d'isolement, les régulateurs de débit, les vannes anti-retour, et les vannes de fermeture rapide sont utilisées individuellement ou en combinaison au remplissage, au retrait et lors de l'égalisation de pression.

9.4.2.3 Jauges du niveau de liquide. Ces jauges indiquent le niveau de propane liquide dans un conteneur. Il existe des jauges de niveau avec seuil d'alerte ou des jauges indiquant le niveau telles que les tubes à flotteur ou à élément magnétique, rotatif ou glissant.

9.4.2.3.1 Les jauges à seuil d'alerte (par exemple les tubes plongeants) sont principalement utilisées pour avertir lorsque le remplissage d'un réservoir ou d'une bouteille a atteint son volume maximal de remplissage. Elles ne renseignent pas sur le niveau de liquide au-dessus ou en-dessous des longueurs fixes des tubes plongeants.

9.4.2.3.2 Les jauges variables permettent de mesurer le niveau du liquide dans le conteneur, principalement sur les réservoirs ou les grosses bouteilles. On peut normalement faire la lecture quel que soit le niveau du liquide.

9.4.2.4 Capteur de pression. Les capteurs de pression permettent de lire la pression de vapeur dans le conteneur. Ils sont directement connectés sur l'ouverture du conteneur ou sur une vanne ou un dispositif qui est alors connecté sur l'ouverture du conteneur. Les capteurs de pression ne fournissent pas d'indication sur le niveau de liquide dans le conteneur. Les capteurs de pression sont aussi utilisés à différents endroits du système de canalisation si nécessaire.

9.4.3 Régulation de la pression.

9.4.3.1 La pression dans les réservoirs et bouteilles de propane correspond à la tension de vapeur du propane et dépend de la température du propane liquide. La tension de vapeur du propane varie entre les valeurs suivantes ; 193 kPa (28 psi) à -18°C (0°F), 876 kPa (127 psi) à 21°C (70°F), et 1972 kPa (286 psi) à 54°C (130°F).

9.4.3.2 Pour les équipements utilisant le propane, la pression est réduite en une ou deux étapes par des régulateurs, à une pression de travail de 2,74 kPa à 3,47 kPa (11 in. w.c. à 14 in. w.c.) avant de pénétrer dans le système de canalisation des équipements.

9.4.4 Vaporisateurs. Lorsque de grandes quantités de propane sont nécessaires, pour les applications industrielles par exemple, ou lorsque des températures basses peuvent gêner la vaporisation, des réchauffeurs spécifiquement conçus qu'on appelle des vaporisateurs sont mis en œuvre pour chauffer et vaporiser le propane.

9.5 Composants communs aux installations de gaz.

Les composants des installations de distribution du gaz sont identiques ou similaires pour les différents combustibles gazeux. Les sections suivantes décrivent ces composants communs.

9.5.1 Régulation de pression (Réduction).

9.5.1.1 Généralités. Un régulateur de pression est un équipement monté sur la canalisation de gaz en vue de réduire, de contrôler et de maintenir la pression dans cette portion de la conduite en aval du régulateur. Les régulateurs peuvent être utilisés seuls ou à plusieurs pour réduire la pression sur la ligne par étapes.

9.5.1.1.1 Les régulateurs les plus courants pour le gaz naturel ou le propane sur la ligne d'alimentation au consommateur sont les régulateurs à diaphragme ou à levier. Avec un régulateur à diaphragme, le débit du gaz entrant sous haute pression est contrôlé par un disque d'obturation ou un joint, et le gaz à une pression spécifiée plus basse s'écoule par la sortie du régulateur. Le diaphragme est en élastomère et son déplacement est réglé par la pression exercée par un ressort. Les mouvements du diaphragme gèrent l'ouverture de la vanne d'admission et sa fermeture complète.

9.5.1.1.2 Le bon fonctionnement de la soupape du régulateur est important pour le bon fonctionnement du régulateur. La soupape équilibre la pression avec la pression atmosphérique au-dessus du diaphragme et permet au diaphragme de bouger. Si la soupape s'encrasse ou se bloque, par exemple du fait de glace ou de débris, le régulateur peut ne pas fonctionner correctement ou le matériau élastomère constituant le diaphragme peut se trouver endommagé et ne plus permettre un fonctionnement correct.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

9.5.1.1.3 Dans les zones à risque d'inondation, les régulateurs de pression devraient être installés au dessus du niveau potentiellement inondé, ou bien la soupape devrait être déportée au dessus de ce niveau potentiellement inondé. Les eaux d'inondation charriant des débris tels que de la boue, des brindilles et des déchets, peuvent facilement colmater ou bloquer la soupape du régulateur. Une telle situation pourrait entraîner une surpression dans la canalisation en aval et sur l'installation à gaz.

9.5.1.2 Pressions de fonctionnement. Les pressions de fonctionnement dans la plupart des installations et des équipements sont mesurées en hauteur de colonne d'eau exprimée en pouces (in. w.c. pour *inch water column*), à l'aide d'un manomètre rempli d'eau. Un pound par pouce au carré (psi pour *pound square inch*) est égal à 27,67 in. de hauteur de colonne d'eau (w.c.). La pression nominale à l'entrée pour la plupart des installations non industrielles au gaz naturel est de 4 in. w.c. à 10 in. w.c. (1,0 kPa à 2,5 kPa). La pression nominale à l'entrée pour la plupart des installations non industrielles au propane est de 11 in. w.c. à 14 in. w.c. (2,74 kPa à 3,47 kPa).

9.5.1.3 Pressions excessives. Une pression excessive par rapport à la pression nominale de fonctionnement des installations, équipements, dispositifs ou systèmes de canalisations, est susceptible d'engendrer des fuites de gaz, des dommages aux équipements, un dysfonctionnement du brûleur, ou des flammes anormalement grandes.

9.5.2 Systèmes de canalisation.

9.5.2.1 Équipements pour canalisations de réseau et de distribution. Les canalisations acheminant des gaz combustibles peuvent être réalisées en fer forgé, en cuivre, en laiton, en alliages d'aluminium ou en plastique tant que le matériau est utilisé pour des gaz qui ne risquent pas de le corroder. Des matériaux non approuvés pour canalisations ou conduites mis en œuvre dans des applications réalisées par des particuliers et non conformes aux normes peuvent conduire à des fuites entraînant des rejets de gaz.

9.5.2.2 Canalisations souterraines. L'installation incorrecte d'un système de canalisations souterraines et la mise en œuvre de matériaux qui ne sont pas acceptés peuvent être à l'origine de fuites. Les canalisations souterraines doivent être enterrées à une profondeur suffisante et à des endroits adaptés afin d'être protégées contre un risque de dommage mécanique. Les canalisations doivent être protégées contre la corrosion. Les canalisations enfouies sous les bâtiments sont acceptées, s'il n'existe pas de meilleure solution, mais elles doivent être protégées et encloisonnées à l'intérieur de conduits conçus pour résister aux charges surimposées dues au bâtiment et pour contenir toute fuite de gaz.

9.5.3 Vannes. Les vannes sont des équipements servant à contrôler le débit de gaz dans toute partie d'un système ou d'une installation. On peut citer, par exemple :

(1) *Vannes automatiques ;* Équipements constitués d'une vanne et d'un dispositif de commande qui contrôle la fourniture de gaz au brûleur lorsque l'installation est en fonctionnement. Le dispositif de commande peut être activé par la pression de gaz, un signal électrique ou un moyen mécanique.

(2) *Vanne de coupure pneumatique automatique ;* Vanne utilisée conjointement avec un dispositif pneumatique pour couper l'alimentation en gaz d'une installation de combustion à gaz.

(3) *Vanne d'alimentation d'un brûleur individuel ;* Vanne qui contrôle l'alimentation en gaz d'un brûleur individuel.

(4) *Vanne d'alimentation d'un brûleur multiple ;* Vanne qui contrôle l'alimentation en gaz d'un brûleur multiple.

(5) *Vanne de sécurité à réouverture manuelle ;* Vanne d'arrêt automatique montée sur une canalisation d'alimentation de gaz et calibrée pour se fermer automatiquement dans des conditions spécifiées. La vanne demeure fermée jusqu'à sa réouverture manuelle.

(6) *Soupape ;* Vanne de sécurité conçue pour éviter la rupture d'un réservoir sous pression en relâchant du gaz pour évacuer l'excès de pression.

(7) *Vanne d'arrêt fournisseur ;* Vanne (généralement installée par la compagnie de gaz entre le compteur ou la source d'alimentation et la canalisation côté client) servant à couper l'arrivée de gaz de toute l'installation.

(8) *Vanne d'arrêt client ;* Vanne (localisée sur la canalisation d'alimentation de l'installation, facilement accessible et manœuvrable par le consommateur) servant à couper l'alimentation des installations ou équipements individuels.

9.5.4 Brûleurs. Certains problèmes rencontrés sur les installations à gaz, y compris les incendies, sont souvent causés par l'utilisation de brûleurs ou de tailles d'orifices inadaptés au gaz naturel ou au propane. Le brûleur est le dispositif final d'acheminement du gaz combustible ou du mélange gaz/air, en vue d'y être brûlé. Bien que les différents types de brûleurs couramment utilisés soient pratiquement les mêmes dans leur conception générale pour le gaz naturel et le propane, ils peuvent toutefois ne pas être interchangeables en passant d'un gaz à l'autre. Des différences au niveau des propriétés physico-chimiques entre le gaz naturel et le propane nécessitent des brûleurs ayant des orifices de tailles différentes.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

9.5.4.1 Allumage manuel. Certains équipements ou installations à gaz sont conçus pour un allumage manuel du brûleur lorsque l'on souhaite les utiliser. Pour certains équipements pourvus d'une veilleuse, il est nécessaire d'enflammer manuellement la veilleuse.

9.5.4.2 Flamme pilote. L'allumage automatique des brûleurs sur les installations s'effectue couramment à l'aide d'une veilleuse (ou flamme pilote). Pour le fonctionnement automatique commandé par un thermostat, comme sur un radiateur thermostatique ou pour le chauffage central, la veilleuse doit demeurer allumée en permanence et être de taille suffisante, autrement la vanne d'alimentation en gaz du brûleur ne s'ouvrirait pas. Dans certaines installations, la flamme pilote est elle-même allumée automatiquement par un arc électrique activé lorsque l'arrivée de gaz au brûleur est déclenchée.

9.5.4.3 Allumeurs sans flamme pilote. Ce type d'allumage est réalisé grâce à un système électrique, un arc électrique, ou un élément résistant qui chauffe tel qu'une bougie ou un barreau incandescent qui allume directement la flamme du brûleur dès qu'il y a émission de gaz. En cas d'échec de l'allumage, beaucoup de systèmes, mais pas tous, sont conçus pour couper l'arrivée de gaz au brûleur.

9.6 Conduites de gaz dans les bâtiments. Il y a plusieurs exigences et éléments à prendre en compte pour l'installation et l'utilisation de conduites de gaz combustible dans les bâtiments, quel que soit le gaz mis en œuvre.

9.6.1 Dimensions des conduites. Les sections des conduites sont déterminées en fonction du débit maximal requis pour le fonctionnement des différentes installations et équipement à alimenter.

9.6.2 Matériaux. Les conduites peuvent être fabriquées en fer forgé, en cuivre, en laiton, en alliage d'aluminium, ou en plastique tant que le matériau est utilisé pour des gaz qui ne risquent pas de le corroder. Les tuyaux flexibles peuvent être en cuivre, en alliage d'aluminium, ou en acier, sans soudure. On considère généralement que les conduites en alliage d'aluminium ne sont pas adaptées pour les utilisations souterraines ou en extérieur. Les canalisations, conduites et raccords en plastique ne doivent être utilisés que pour les installations extérieures souterraines.

9.6.3 Coudes et raccords. Les raccords des canalisations peuvent être vissés, à brides ou soudés, et les canalisations non ferreuses peuvent être soudées ou brasées. Les raccords des tuyaux peuvent être soudés ou brasés. Des raccords spéciaux tels que les raccords par compression peuvent être utilisés pour des applications particulières. A l'extérieur, des coudes et raccords en plastique peuvent être utilisés. Ils peuvent être collés selon des procédures adaptées ou en utilisant des raccords par compression, les adhésifs et les raccords devant être compatibles avec les canalisations. Ils ne doivent pas être vissés.

9.6.4 Montage des canalisations. Dans les bâtiments, les canalisations de gaz ne devraient pas affaiblir la structure du bâtiment, devraient être supportées par des équipements adaptés (pas les autres canalisations), et devraient être protégées contre le gel. Des tubes de vidange doivent être installés aux endroits où de la condensation ou des débris pourraient s'accumuler. Lorsqu'aucune installation n'est raccordée, il faudrait mettre un bouchon de sécurité sur chaque arrivée de gaz, y compris les vannes ou les robinets d'arrivée.

9.6.5 Vanne de barrage principale. Une vanne de barrage accessible doit être montée en amont de chaque régulateur du réseau d'alimentation afin d'être en mesure de couper toute une portion de réseau.

9.6.6 Zones d'installation interdites. La NFPA 54, *National Fuel Gas Code*, interdit la circulation de conduites de gaz dans ou à travers des conduits d'aération, des conduits pour le linge, des cheminées ou systèmes d'aération, des conduits de ventilation, des monte-plats, ou des cages d'ascenseurs. Une fuite de gaz dans ces zones interdites serait particulièrement dangereuse en raison d'une large propagation du gaz fuyard et des risques accrus d'un allumage accidentel.

9.6.7 Liaisons équipotentielles et mise à la terre. Les différentes portions d'un système de canalisations non enterrées doivent être reliées électriquement, et le système doit être mis à la terre.

9.7 Exigences générales pour les appareils et équipements. Certaines considérations ou exigences pour l'installation et l'utilisation d'appareils au gaz sont d'application commune, quel que soit le gaz combustible utilisé.

9.7.1 Installation. Les exigences de base pour l'installation d'équipements au gaz, à usage domestique, commercial, ou industriel approvisionnés en gaz à une pression de 3,47 kPa [0,5 psi (14 in. w.c.)] ou moins, sont similaires.

9.7.1.1 Installations, composants et équipements certifiés. La sous-section 5.1.1 de la NFPA 54, *National Fuel Gas Code* stipule que « les installations au gaz, composants et équipements utilisant le gaz doivent être certifiées acceptables par les autorités compétentes. »

9.7.1.2 Type de Gaz. Un équipement au gaz doit être utilisé avec le type de gaz spécifique pour lequel il a été conçu. Une installation donnée ne peut pas fonctionner indifféremment au gaz naturel ou au propane sans modification de cette installation.

9.7.1.3* Zones de vapeurs inflammables. Les appareils au gaz ne doivent pas être installés dans les garages des résidences où des vapeurs inflammables sont susceptibles d'être présentes, sauf si la conception, le fonctionnement et l'installation sont de nature à éliminer la probabilité d'inflammation de ces vapeurs. Par exemple, la NFPA 54, *National Fuel Gas Code*, demande que les équipements utilisant du gaz installés dans un garage aient le brûleur et le système d'allumage à au moins 0,5 m (18 in.) au-dessus du sol.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Bien qu'elles ne soient pas directement interdites par les codes, les installations à moins de 0,5 m (18 in.) du sol, dans d'autres zones des bâtiments ou des habitations ont déjà été à l'origine de feux et de blessures.

9.7.1.4 Régulateurs de pression sur les appareils au gaz. Lorsque la pression d'alimentation en gaz du bâtiment est supérieure à la pression pour laquelle l'équipement utilisateur a été conçu, ou varie au-delà des limites de pression acceptables pour l'équipement, un régulateur de pression est installé sur cet équipement.

9.7.1.5 Accessibilité pour intervention. Tous les équipements utilisant du gaz devraient être situés de manière à être accessibles pour la maintenance, l'entretien et la coupure d'urgence.

9.7.1.6 Éloignement des matériaux combustibles. Les équipements utilisant du gaz et les conduits d'évacuation devraient être suffisamment éloignés de tout matériau combustible de façon à ce que leur fonctionnement ne génère pas de risque d'incendie.

9.7.1.7 Connexions électriques. Tous les composants électriques d'un équipement au gaz devraient être électriquement sûrs et satisfaire aux exigences de la norme NFPA 70, *National Electrical Code*.

9.7.2 Alimentation en air et évacuation des fumées.

9.7.2.1 Évacuer les fumées consiste à rejeter les produits de combustion ainsi que les gaz entraînés à l'extérieur. Bien que la plupart des combustibles gazeux, soient des gaz brûlant proprement, l'accumulation de produits de combustion à des concentrations dangereuses ne doit pas être autorisée à l'intérieur des bâtiments. Aussi, une évacuation vers l'extérieur est-elle nécessaire pour la plupart des équipements. Parmi les exemples nécessitant une évacuation vers l'extérieur, on peut citer les poêles et les chauffe-eau. Certains équipements, tels que les cuisinières, les fours et les chauffages individuels mobiles, sont autorisés à rejeter leurs effluents de combustion à l'intérieur. Un système d'évacuation correctement installé devrait permettre de rejeter tous les produits de combustion à l'extérieur ; il devrait permettre d'éviter les dommages résultant de la condensation sur l'appareil au gaz, le conduit, le bâtiment et le mobilier, et il devrait permettre d'éviter la surchauffe des murs et des structures à proximité.

9.7.2.2 Les appareils fonctionnant au gaz ont besoin d'un apport d'air pour assurer la combustion et la circulation des gaz brûlés. Un déficit d'entrée d'air, particulièrement lorsque l'équipement est installé dans un volume confiné, peut causer une surchauffe, un incendie ou une intoxication.

9.7.3 Dispositifs de contrôle. Les principaux types de dispositifs de contrôle sont les mêmes pour presque tous les équipements au gaz. Une défaillance au niveau de ces contrôles peut être à l'origine de la surchauffe du matériel, de l'émission incontrôlée de gaz ou de sorties de flammes. Parmi les contrôles communs, on peut citer :

(1) Les contrôles de température ;
(2) Les dispositifs de contrôle de l'allumage et de coupure ;
(3) Les régulateurs de pression ;
(4) Les débitmètres.

9.8* Domaines d'utilisation des équipements au gaz.

Au final, tous les systèmes fonctionnant au gaz utilisent le gaz en le brûlant. L'utilisation de gaz combustible dans les bâtiments se répartit en sept principaux domaines d'application domestique, commerciale ou industrielle, chacun d'entre eux incluant la combustion du gaz. Les principaux domaines d'utilisation des équipements au gaz sont décrits dans les sections 9.8.1 à 9.8.7.

9.8.1 Chauffage de l'air. Les poêles à air pulsé, les chauffages individuels, les chauffages par le sol, les chauffages muraux, les radiants, les échangeurs ou les chaudières sont utilisés pour le chauffage de l'air ambiant. Des brûleurs directs ou indirects sont utilisés pour les fours et les séchoirs industriels, et pour le chauffage de procédés ou d'équipements, tels que les séchoirs de vêtements et de tissus, de type domestique ou industriel.

9.8.2 Chauffage de l'eau. Des brûleurs à flamme directe sont utilisés pour le chauffage de l'eau potable ou des eaux de process industriels.

9.8.3 Cuisine. Les cuisinières, les plaques de cuisson, les barbecues, et les fours domestiques ou industriels sont utilisés pour faire la cuisine.

9.8.4 Réfrigération et rafraîchissement. Des gaz inflammables sont souvent utilisés comme source pour absorber la chaleur dans les systèmes de réfrigération et de rafraîchissement.

9.8.5 Moteurs. Les gaz combustibles sont couramment utilisés comme carburants pour les moteurs fixes, les moteurs des véhicules et pour les équipements auxiliaires nécessitant de l'énergie, comme par exemple la pompe sur un camion citerne. Les moteurs fixes alimentés au gaz sont couramment utilisés comme moteurs auxiliaires ou de secours pour la fourniture d'énergie électrique ou pour le fonctionnement des pompes incendie.

9.8.6 Éclairage. Bien que couramment utilisés dans la première partie du vingtième siècle, la plupart des systèmes d'éclairage au gaz ont été remplacés par l'électricité. L'exception la plus répandue concerne les lampes au gaz pour l'éclairage extérieur. Les principales applications pour l'éclairage résidentiel au gaz concernent les cours, les patios, les chemins d'accès pour les véhicules, les porches, les zones de jeux et les piscines. Les applications dans le domaine des commerces comprennent les rues, les centres commerciaux, les aérodromes, les hôtels et les restaurants. L'utilisation de gaz pour l'éclairage inclut aussi les flammes ornementales pour les mémoriaux ou les flammes à effet décoratif. Ces dispositifs sont

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

souvent alimentés par une conduite de gaz souterraine, qui peut ne pas être enterrée suffisamment profond ou ne pas être suffisamment protégée contre des dommages externes.

9.8.7 Incinérateurs divers et systèmes de postcombustion. Les incinérateurs dans les bâtiments de type résidentiel, commercial ou industriel, les incinérateurs à flux continu, les systèmes pour déchets issus des WC, et les systèmes de postcombustion servent à brûler les ordures, les déchets, les détritus, les carcasses d'animaux, et les déchets organiques ainsi que les effluents gazeux, liquides ou pâteux produits par les activités industrielles.

9.9 Investigations sur les équipements au gaz. Dès lors qu'on sait qu'un équipement au gaz a pu influencer la manière dont un bâtiment a brûlé, soit comme source de combustible, soit comme source de chaleur, soit à la fois comme combustible et comme source de chaleur, ou soit encore en propageant davantage le feu, l'équipement devrait être examiné. Cette analyse devrait fournir des éléments sur la façon dont l'équipement au gaz a pu avoir été concerné par l'origine ou être la cause du feu ou de l'explosion, et si ce rôle a été déterminant.

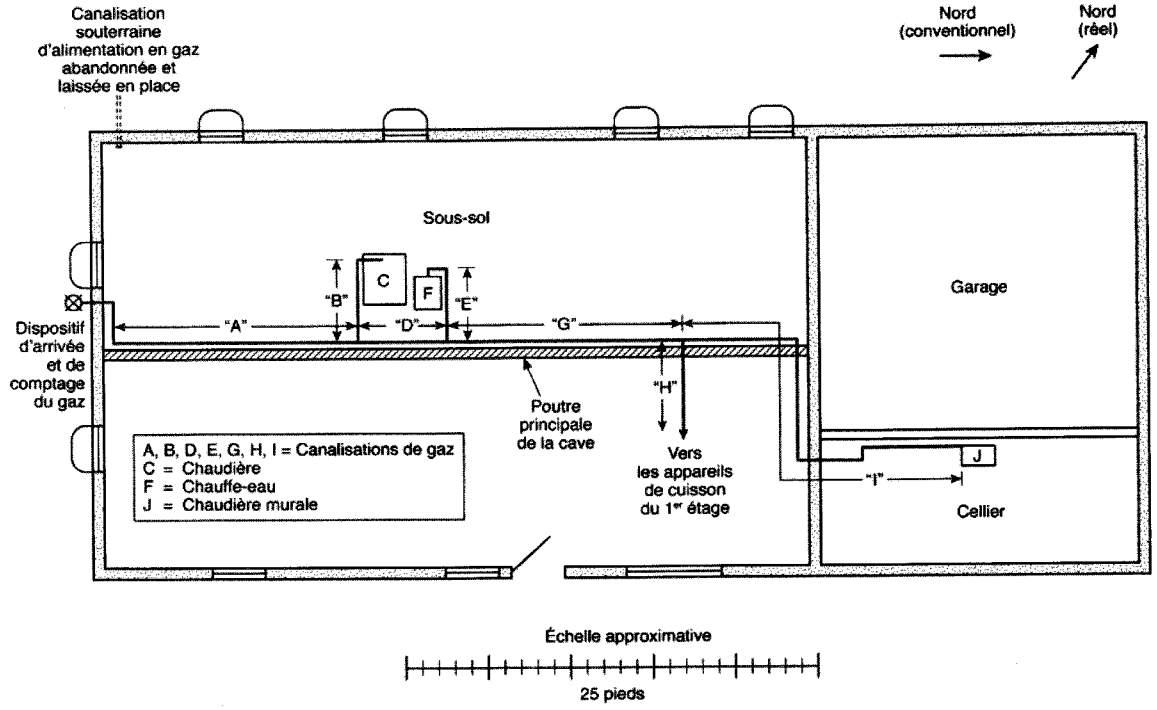


FIGURE 9.9.2.1.1(a) Exemple de schéma à l'échelle d'un circuit de distribution de gaz.

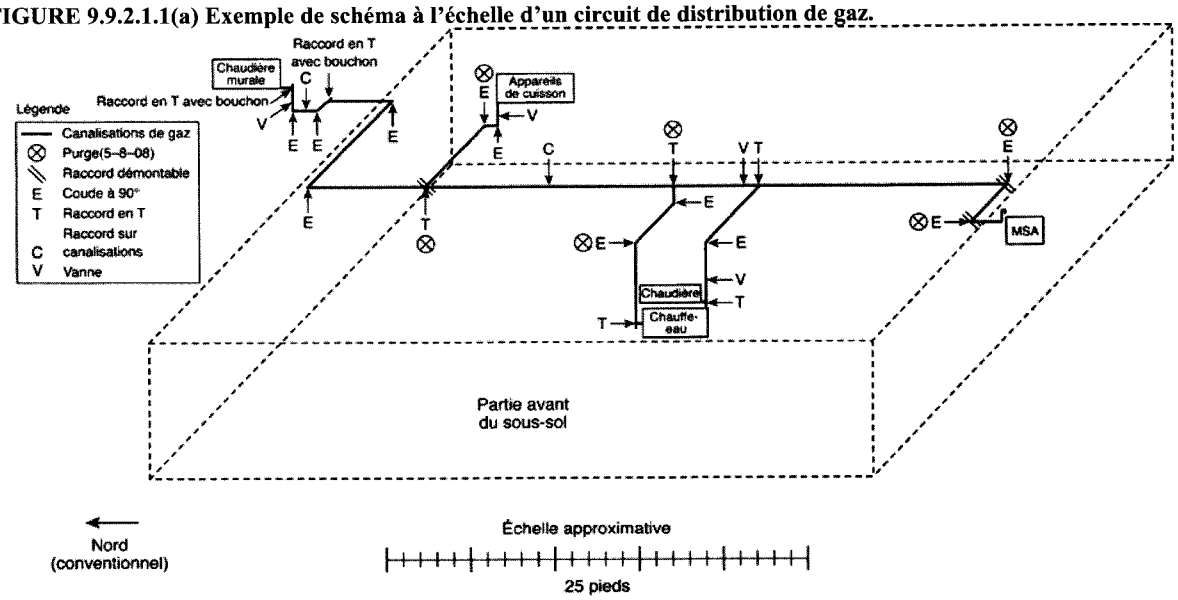


FIGURE 9.9.2.1.1(b) Exemple d'un schéma isométrique à l'échelle d'un circuit d'alimentation de gaz.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

9.9.1 L'investigation relative à un sinistre impliquant un gaz combustible au sein d'un bâtiment peut être une tâche extrêmement compliquée, technique, scientifique et potentiellement dangereuse nécessitant des connaissances de spécialiste, une formation et de l'expérience. Un investigateur se trouvant confronté à l'investigation d'un sinistre impliquant une installation au gaz, dont la complexité est au-delà de ses compétences ou de son niveau d'expertise, devrait sécuriser la scène pour préserver les indices et rechercher l'expertise technique et les ressources adéquates pour réaliser les investigations de façon satisfaisante et en toute sécurité.

9.9.2 Analyse des équipements au gaz. Une telle analyse devrait constituer un examen détaillé du système fonctionnant au gaz. Il faudrait analyser chaque composant du système afin de déterminer si, et dans quelle mesure, il a rempli sa fonction ou s'est trouvé en échec, et de quelle manière il a contribué à l'incendie ou à l'explosion.

9.9.2.1 Mesures et schémas nécessaires. Les mesures et les schémas nécessaires à l'analyse appropriée de l'équipement au gaz comprennent ; les détails du bâtiment concerné ; l'équipement et les canalisations d'alimentation, notamment les matériaux constitutifs, les longueurs et les sections des canalisations ; ainsi que les vannes, les raccords et les pièces associées. Ces mesures et schémas devraient comprendre tout le système de canalisations et les matériels à partir de l'équipement ou de l'installation, au gaz, jusqu'à la source de combustible gazeux incluse (c'est-à-dire réservoir, bouteille, ou conduite d'alimentation). Il faudrait relever les différentes pressions et les différents débits, les brèches visibles sur les canalisations, et les positions et états (ouvert, fermé) des vannes et dispositifs de contrôle.

9.9.2.1.1 Il est possible de faire des schémas à une échelle approximative, mais adaptée, ou des croquis ou encore des vues isométriques. (Voir les figures 9.9.2.1.1(a) et 9.9.2.1.1(b).)

9.9.3 Conformité aux codes et aux normes.

9.9.3.1 Les *National Fire Codes*® de la NFPA, comme beaucoup d'autres codes incendie et normes industrielles relatives au gaz, spécifient de nombreuses exigences de sécurité pour l'installation, la maintenance, le fonctionnement et le remplissage des systèmes au gaz. Une non-conformité par rapport à une ou plusieurs de ces normes peut causer ou contribuer à un feu ou une explosion de gaz.

9.9.3.2 La conformité de la conception, de la fabrication, du montage, de l'installation, et de l'utilisation des différents composants d'une installation au gaz par rapport aux codes et normes les concernant devrait être évaluée. Toute relation entre le non-respect des codes et normes acceptés et le feu ou l'explosion devrait être enregistrée.

9.9.4 Fuite. Les fuites sur les canalisations ou les équipements sont la principale cause des feux et des explosions alimentés par le gaz. Les fuites se produisent couramment aux raccords, parce que la veilleuse ne brûle pas, sur des canalisations et sorties non bouchonnées, au niveau de zones corrodées sur les conduites, ou suite à un dommage mécanique sur la canalisation.

9.9.4.1 Raccords. Des raccords mal réalisés sur une canalisation, tels qu'un filetage inadapté (pas assez long pour un raccord gaz), un filetage mal fait (des filetages qui se croisent ou un filetage à droite qui devient un filetage à gauche), ou l'utilisation inadaptée de matière pour créer le raccord (trop ou trop peu) peuvent être à l'origine de fuites de gaz. Les fuites consécutives à un dommage mécanique se produisent le plus souvent aux jonctions *(Voir 9.9.3.8.)*

9.9.4.2 Flammes pilotes. Les systèmes de flamme pilote modernes sont conçus pour empêcher l'arrivée de gaz au brûleur, grâce à un thermocouple détectant la présence de la flamme, si la flamme pilote ne brûle pas. De telles buses pilotes sont susceptibles de demeurer ouvertes si le mécanisme de fermeture automatique ne fonctionne pas, en laissant le gaz s'écouler. Une fuite à partir d'une veilleuse éteinte n'a pas un débit assez fort pour générer des volumes de gaz suffisant à alimenter des feux importants ou des explosions, sauf dans les zones peu ou pas ventilées. Beaucoup d'installations modernes ont des systèmes de flamme pilote qui n'autorisent pas l'écoulement de gaz si la flamme pilote n'est pas allumée, ou bien elles sont équipées de dispositifs d'inflammation électronique ne nécessitant aucune flamme pilote.

9.9.4.3 Brûleur non allumé. Dans certaines installations au gaz, le brûleur peut émettre du gaz même si la flamme pilote n'est pas allumée. Cet écoulement va généralement produire suffisamment de gaz pour alimenter une explosion ou un feu même dans les locaux ou les bâtiments bien ventilés.

9.9.4.4 Canalisations et sorties non-bouchonnées. Les canalisations et sorties non-bouchonnées constituent une cause de rejet de grandes quantités de gaz, couramment rencontrée. Une telle situation se produit lorsqu'un équipement est retiré et que la sortie ou la canalisation qui la desservait, n'est pas bouchonnée, ainsi que demandé par la NFPA 54, *National Fuel Gas Code*. Une personne non avertie ouvre ensuite l'arrivée de gaz à partir d'une vanne éloignée, causant ainsi l'émission de grandes quantités de gaz.

9.9.4.5 Dysfonctionnement des équipements et des contrôles. Le dysfonctionnement et les fuites au niveau des équipements ou des dispositifs de contrôle, comme les vannes, les régulateurs, et les compteurs, peuvent aussi permettre l'émission de gaz. Les accessoires et les raccords à l'intérieur des équipements peuvent souvent être à l'origine de fuites.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Les vannes d'arrêt peuvent fuir au niveau du système conçu pour étancher le corps de la vanne par rapport à l'actionneur. Les vannes peuvent laisser passer du gaz alors qu'elles devraient être fermées, en raison de la présence de saletés ou de débris dans le mécanisme de manœuvre, d'un dommage mécanique ou du blocage du mécanisme.

9.9.4.6 Régulateurs. La défaillance des régulateurs de gaz appartient souvent à l'une des trois catégories suivantes ; défaut sur le diaphragme interne, défaut sur le joint en élastomère qui contrôle l'arrivée de gaz dans le régulateur, ou défaut sur la soupape. Chacune de ces défaillances est de nature à empêcher le régulateur de réduire la pression de sortie à un niveau acceptable, ou à générer des fuites.

9.9.4.7 Corrosion. Les canalisations métalliques sont vulnérables par rapport au risque de corrosion. On sait que la corrosion est la cause de 30 % de l'ensemble des cas de fuites. La corrosion peut être causée par l'oxydation des canalisations en fer (rouille), par des phénomènes d'électrolyse entre deux métaux différents, par le métal et l'eau, par le métal et la terre, par des courants de fuite ; ou même par des micro-organismes. La corrosion peut se produire sur des canalisations enfouies ou aériennes, et permettre alors l'émission de gaz.

9.9.4.7.1 La taille d'une fuite due à la corrosion va s'accroître dans le temps avec le développement du processus de corrosion ; cela peut donc prendre du temps jusqu'à ce la fuite ait atteint un débit suffisant pour compenser les effets de la ventilation ou de la dispersion dans le sol ou dans l'air.

9.9.4.7.2 Il est reconnu que la fissuration des raccords flexibles en laiton due à de la corrosion sous contrainte joue un rôle dans beaucoup d'incendies et d'explosions dans le domaine résidentiel.

9.9.4.8* Dommages mécaniques. Les dommages mécaniques peuvent être à l'origine de fuites sur les installations à gaz. Les efforts appliqués sur un système de canalisations peuvent apparaître au niveau des jonctions et des raccords. Les coudes, les raccords en T et en ligne sont plus rigides et plus résistants que la canalisation qu'ils équipent ; les extrémités filetées sont plus fragiles, aussi les dommages, du fait des contraintes, se produisent généralement sur les portions filetées juste à proximité des accessoires évoqués ci-avant.

9.9.4.8.1 Les fuites engendrées par ces contraintes peuvent apparaître sur des jonctions éloignées du véritable point d'impact. Par exemple, si une voiture percute un compteur à gaz, l'effort répercuté sur les canalisations enterrées peut causer une fuite sur un raccord éloigné de plusieurs mètres. Le déplacement d'une cuisinière à gaz par rapport au mur peut générer un effort sur les canalisations et engendrer une fuite à la jonction entre le tuyau flexible et la conduite rigide ou sur un raccord à l'intérieur de l'appareil.

9.9.4.8.2 Les canalisations cachées car elles circulent sous la terre ou dans un mur sont souvent endommagées au cours de travaux. Elles peuvent être percées par des outils perforants, des clous, des vis, des forets, des outils coupants, ou d'autres outils. Lorsqu'un clou ou une vis perfore une canalisation de gaz, l'orifice de fuite peut se trouver largement obstrué et demeurer ainsi jusqu'à ce que le clou ou la vis soit retiré, par exemple lorsque la structure fixée par le clou ou la vis est démontée. Par conséquent, les fuites causées par des clous ou des vis peuvent n'être détectées que longtemps après le dommage initial.

9.9.5 Essais de pression.

9.9.5.1 Généralités.

9.9.5.1.1 Les systèmes de canalisations sont conçus pour conserver assez bien la pression. La présence d'une fuite peut être détectée par l'observation d'une chute de pression au sein du système clos. Avant de réaliser un tel essai sur une canalisation, toute portion de canalisation visiblement endommagée devrait être isolée et bouchonnée. Parfois, il pourra être nécessaire de tester la canalisation sur deux sections, voire davantage, une par une.

9.9.5.1.2 Lorsque l'on isole des portions de canalisations qui ont été endommagées par un incendie ou une explosion, il peut être nécessaire de couper, de recréer les filetages et de bouchonner chaque canalisation. Il est possible de fermer hermétiquement les sections de canalisation endommagées en utilisant des tubes flexibles, des pinces à tuyaux et des bouchons, sans être obligé de refaire un filetage et de bouchonner. Pour isoler une section, il faudrait éviter de dévisser les jonctions, les raccords, les T, ou les coudes vissés. En faisant cela, on pourrait détruire les preuves d'un raccord défaillant.

9.9.5.2 Essais sur le compteur à gaz.

9.9.5.2.1 Après s'être assuré de pouvoir utiliser le gaz du système en toute sécurité, on peut se servir du compteur pour détecter un écoulement de gaz. Après avoir d'abord vérifié que le compteur fonctionne correctement et qu'il n'a pas été endommagé par l'incendie ou l'explosion, ou qu'il n'a pas été court-circuité, le gaz est réintroduit dans le système par l'intermédiaire du compteur, et on surveille l'afficheur afin de voir si du gaz s'échappe

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

quelque part en aval. Le compteur devrait être observé avec l'aiguille en position haute, et l'observation devrait être poursuivie pendant 30 minutes.

9.9.5.2.2 La NFPA 54, *National Fuel Gas Code*, recommande que si aucune fuite n'est détectée avec le compteur, on fasse alors un essai avec un petit brûleur à gaz allumé, ce qui permettra de vérifier si le compteur fonctionne bien.

9.9.5.3* Méthode par chute de pression. Un système de canalisations de gaz peut aussi être testé par la méthode de la chute de pression. Dans cette méthode, le système est pressurisé avec de l'air ou un gaz inerte comme l'azote ou le dioxyde de carbone. Pour des systèmes comportant des équipements fonctionnant à des pressions de 3,4 kPa (0,5 psi) ou moins, l'essai peut être réalisé avec le combustible gazeux à une pression comprise entre 2,5 kPa et 3,5 kPa (10 in. w.c. et 14 in. w.c.) pendant 10 minutes. Les méthodes d'essais sont référencées dans la NFPA 54, *National Fuel Gas Code*, 1995, et la NFPA 58, *Liquefied Petroleum Gas Code*, 2003.

9.9.6. Localisation des fuites. On peut déterminer l'endroit des fuites de gaz par une ou plusieurs des méthodes présentées dans les sections 9.9.5.1 à 9.9.5.4.

9.9.6.1 Test à la bulle de savon. Les fuites aux jonctions et accessoires des canalisations et sur les raccords à l'équipement peuvent être détectées en appliquant une solution moussante sur la zone suspecte. Si le système est en pression, la création de bulles permettra de localiser la fuite. Après essai, il faudra rincer la zone à l'eau afin d'éviter un risque de corrosion ou de fissuration sous contrainte.

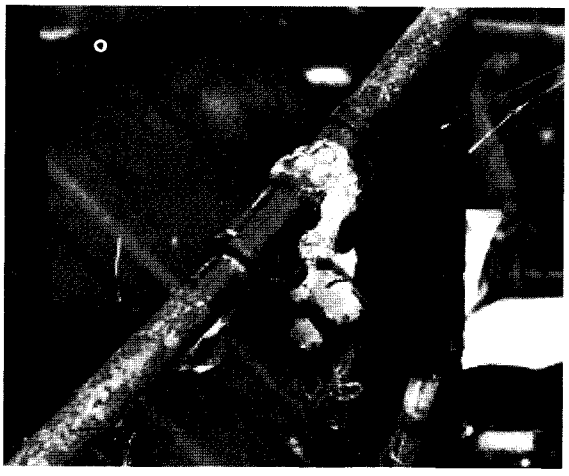


FIGURE 9.9.6.1 Illustration d'un test de fuite de gaz à la bulle de savon sur un raccord de canalisation en T.

9.9.6.2 Usage de détecteurs de gaz. Des dispositifs de détection, connus sous les appellations courantes d'indicateurs de gaz inflammable, d'indicateurs de gaz combustible, d'explosimètres ou de « renifleurs », peuvent être utilisés pour rechercher et détecter la présence d'une fuite de combustible gazeux, d'hydrocarbures gazeux ou de vapeurs dans l'atmosphère. Beaucoup d'équipements détecteront aussi la présence d'autres gaz combustibles ou de vapeurs telles que l'ammoniac, le dioxyde de carbone et d'autres encore, aussi l'opérateur devrait être parfaitement informé des capacités et des limites de l'équipement utilisé.

9.9.6.2.1 A l'extérieur des bâtiments, on teste l'atmosphère au niveau de chaque ouverture disponible sur la chaussée où du gaz, échappé du réseau ou des conduites d'alimentation, pourrait être présent. Les analyses devraient être réalisées le long des fissures de la chaussée, et du trottoir, aux trous d'hommes, aux plaques d'égouts, aux vannes et aux boîtiers au niveau du trottoir, aux captages d'eau, et au niveau des puits à l'aplomb et le long du trajet de la canalisation de gaz.

9.9.6.2.2 La localisation des canalisations enfouies peut être déterminée grâce aux plans de la compagnie de gaz ou en utilisant un dispositif électronique de localisation. Ces équipements envoient des ondes électromagnétiques dans la terre. N'importe quelle canalisation métallique dans le champ de l'onde se comporte comme un cheminement de retour pour le courant, qui est alors capté par le récepteur de l'appareil. Un signal sonore ou un signal analogique indique alors la présence d'une canalisation enterrée. Lorsque des conduites en plastique sont mises en œuvre, un fil de localisation métallique est enterré le long de la canalisation afin d'autoriser l'utilisation de dispositifs de localisation.

9.9.6.2.3 A l'intérieur des bâtiments, on peut tester les jonctions et les raccords des canalisations de gaz. Il faudrait également vérifier les volumes où les gaz peuvent s'accumuler et les poches de gaz potentiellement formées. Il faudrait garder à l'esprit la densité relative des vapeurs du gaz combustible recherché. Si l'on envisage la fuite d'un gaz plus léger que l'air, les parties hautes des locaux dans les bâtiments devraient être analysées. Si au contraire, il peut s'agir d'un GPL plus lourd que l'air, les niveaux bas devraient être vérifiés.

9.9.6.3 Carottage. Les carottes sont des trous que l'on creuse dans la terre ou dans la chaussée à l'aide d'un barreau métallique massif ou d'un outil à carottage. Le carottage consiste à creuser des trous de façon systématique à intervalles

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

réguliers le long et de chaque côté de la canalisation de gaz enterrée et à analyser l'atmosphère des couches sous la surface du sol avec un détecteur de gaz. Les résultats de ces essais sont reportés sur un graphe ou sur un diagramme. La comparaison entre les concentrations en gaz au niveau de chaque espace carotté peut permettre de repérer l'endroit de la fuite de gaz souterraine.

9.9.6.4 Observation de la végétation. Après une certaine période de temps, certains composants des combustibles gazeux provenant de fuites souterraines peuvent être toxiques pour l'herbe, les arbres, les arbustes, ou d'autres types de végétation. Lorsque les racines des plantes sont soumises aux gaz issus de fuites en sous-sol, ces plantes peuvent brunir, cesser leur croissance ou mourir. Les fuites souterraines existant depuis longtemps, qui ont traversé le sol et se sont dissipées dans l'air, peuvent être localisées par la présence d'herbe ou d'autres type de végétaux morts au-dessus de la zone de la fuite.

9.9.7 Mesures de débit et de pression. Si les régulateurs ou d'autres équipements ou composants n'ont pas été sévèrement endommagés par l'incendie, on peut les tester afin de vérifier s'ils fonctionnent correctement. Ces essais peuvent être réalisés avec de nombreux gaz non-inflammables ou inflammables, dont l'air, l'azote, l'hélium, ou le gaz réellement utilisé dans l'équipement (c'est-à-dire le gaz naturel, le propane, ou le butane). Lorsque l'on utilise des gaz inflammables, il faut être sûr d'avoir éliminé toute source de chaleur. En utilisant des équipements de laboratoire ou de terrain adaptés, on peut mesurer la pression statique et la pression dynamique, ainsi que le débit nominal ou le débit de fuite. Les mesures réalisées sur le terrain ne sont pas nécessairement effectuées sur le même gaz que celui pour lequel les appareils de mesure ont été conçus, une correction doit donc être apportée. Le facteur d'ajustement dépend de la densité relative des gaz. *(Voir la figure 9.9.7.)*

9.9.8 Prélèvement de conduites de gaz. Lorsque l'on prélève des conduites de gaz, il faut procéder par étapes pour maintenir la valeur probatoire. Les raccords vissés, les jonctions, les T ou les coudes ne devraient être ni dévissés ni resserrés afin d'isoler une section. Le faire pourrait détruire les preuves d'une mauvaise connexion existante. Il faudrait placer des marques témoins à chaque raccord et de part et d'autre d'un lieu de coupure pour garantir une remise en situation précise de la configuration dans l'espace des canalisations. (Voir le paragraphe 9.9.8.)

9.9.9* Migration des gaz dans le sous-sol.

9.9.9.1 Généralités.

9.9.9.1.1 Il est courant que des combustibles gazeux qui fuient à partir d'une canalisation souterraine migrent dans le sous-sol (parfois sur de longues distances), pénètrent dans un bâtiment, et créent une atmosphère inflammable. Les gaz plus légers que l'air et les gaz plus lourds que l'air sont capables de migrer dans le sol, de cheminer sur l'extérieur des canalisations souterraines, et de s'infiltrer dans les égouts, dans les conduites enfouies pour le téléphone ou l'électricité, ou même directement dans la cave ou le vide sanitaire, aucun de ces endroits n'étant aussi étanche que les canalisations d'eau ou de gaz.

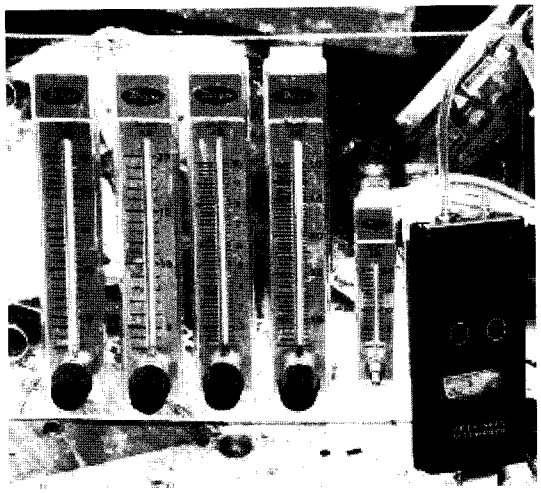


FIGURE 9.9.7 Exemple d'équipement de terrain pour les essais Débit (cinq appareils à gauche) et la pression (manomètre numérique à droite)

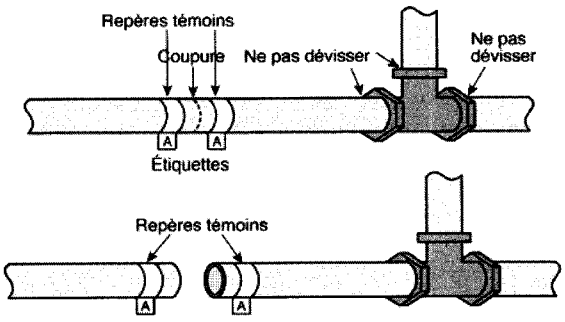


FIGURE 9.9.8 Procédé intrusive non destructif de marquage et de coupe de conduites de gaz de manière que les relations entre les extrémités coupées soient enregistrées.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

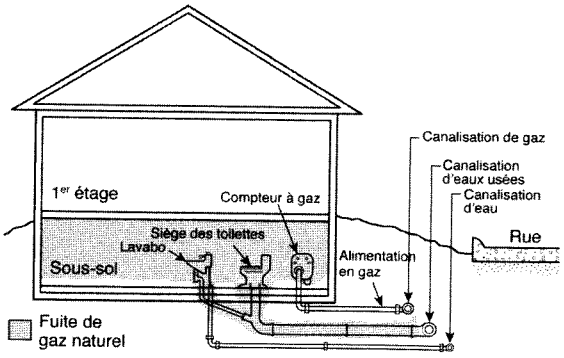


FIGURE 9.9.9.1.1(a) Gaz migrant le long d'une canalisation d'égout jusqu'à l'intérieur de la maison, après avoir fui au niveau du T de distribution.
[Source : U.S. Department of Transportation (DOT) Pipeline Hazardous Material Safety Administration (PHMSA), Office of Pipeline Safety (OPS).]

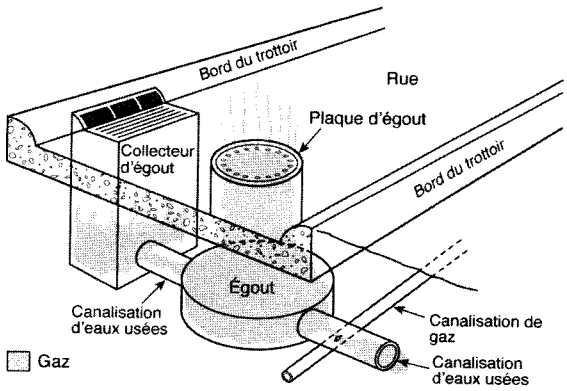


FIGURE 9.9.9.1.1(b) Exemple de la façon dont du gaz fuyard peut pénétrer dans le système d'égouts.
[Source : U.S. Department of Transportation (DOT) Pipeline Hazardous Material Safety Administration (PHMSA), Office of Pipeline Safety (OPS).]

9.9.9.1.2 Ces gaz tendent également à migrer vers le haut en traversant le sol, puis se dissipent dans l'atmosphère sans créer de dommages. Le gaz peut suivre un chemin latéral ou vers le haut, ceci dépend du chemin qui offre le moins de résistance au gaz fuyard, de la profondeur à laquelle se situe la fuite, de la profondeur des canalisations latérales enfouies que le gaz pourrait suivre, et de la nature du sol en surface. En surface si le sol est obstrué par des eaux de pluies, de la neige, un sol gelé, ou des pavés, les gaz peuvent se trouver forcés à migrer latéralement. Il n'est pas rare qu'une fuite existant depuis longtemps, se dissipe sans dommages dans l'air jusqu'à ce que le sol se trouve modifié en surface, par exemple par la mise en place d'un nouveau revêtement, à cause de fortes pluies ou du gel, et soit forcée de migrer latéralement. La fuite pénètre alors dans un bâtiment, pour constituer la source de combustible d'un incendie ou d'une explosion.

9.9.9.2* Perte d'odeur du gaz. Un gaz auquel on a ajouté un produit odorant peut perdre cette odeur par différents mécanismes. On appelle cette perte d'odeur le *flétrissement d'odeur.* Il s'agit d'un sujet complexe, et pour une compréhension approfondie le lecteur peut consulter les références citées à l'annexe B. Parmi les points essentiels relatifs à la perte d'odeur, on trouvera notamment ceux mentionnés dans les sections 9.9.7.2(A) à 9.9.7.2(D).

(A) Perte d'odeur due à la migration du gaz dans le sol. Les substances odorantes peuvent être ôtées par les sols secs de type argileux, mais pas par le sable, le terreau, ou les sols fortement organiques. Certains composés odorants ont une meilleure capacité que d'autres à résister à l'adsorption par les sols de type argileux. Une grosse fuite occasionne un temps de contact avec le sol argileux, plus faible, et perdra donc moins son odeur du fait de l'adsorption.

(B) Perte d'odeur due à l'adsorption du produit odorant sur la canalisation et les parois du réservoir. Tous les composés odorants sont adsorbés par la canalisation ou les parois du réservoir dans une certaine limite. C'est particulièrement vrai pour les canalisations neuves (en acier ou en plastique) et les nouveaux réservoirs de propane. Pour les nouvelles sections de canalisations, la plupart des compagnies de gaz surdosent le gaz en produit odorant, après que la nouvelle section ait été mise en service. Les procédures des industriels du propane, comme indiqué dans le « *National Propane Gas Association safety bulletin T133* », demande que les nouveaux réservoirs destinés au propane, soient purgés de l'air et de la vapeur d'eau avant d'être mis en service. Les produits odorants peuvent s'adsorber sur les canalisations en service continu, si le débit de gaz est inférieur à la normale. Pour beaucoup de compagnies de gaz, ceci se produit typiquement à la transition entre les niveaux de consommation de l'hiver et ceux de l'été. Une diminution de la pression dans le réseau, permettant d'augmenter la vitesse d'écoulement, permet facilement de remédier à ce problème. Toute portion de canalisation où le gaz circule avec un débit faible, entraîne une augmentation de la perte d'odeur du fait de l'adsorption du composé odorant.

(C) Perte d'odeur due à l'oxydation du produit odorant. Les mercaptans peuvent être oxydés par l'oxyde ferrique (rouille de couleur rouge) qui est susceptible de se trouver dans les nouvelles canalisations et dans les réservoirs de GPL neufs ou non utilisés.

(D) Perte d'odeur due à l'absorption. L'absorption est un phénomène qui nécessite la dissolution du produit odorant dans un liquide. Cela peut se produire dans les systèmes au gaz naturel lorsqu'il y a un problème de condensats liquides dans les canalisations de distribution. Le liquide le plus abondant dans l'environnement est l'eau. Tous les produits odorants ont une faible solubilité dans l'eau.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 10 Comportement humain

10.1* Introduction.

L'éclosion, le développement, et les conséquences de nombreux incendies sont directement ou indirectement liés aux actions ou aux omissions dont les personnes concernées par le sinistre sont responsables. Aussi, l'analyse du comportement humain au regard de l'incendie fera-t-elle souvent partie intégrante de l'investigation.

10.1.1 Ce chapitre examine les résultats des recherches sur les facteurs qui ont une influence sur le comportement humain face au feu ; comment les personnes réagissent à la situation créée par le feu, en tant que personne individuelle et en tant que membre d'un groupe ; sur les facteurs liés au départ de feu, sur les facteurs en relation avec le développement et la propagation du feu, sur les facteurs concernant la préservation de la vie, et sur les facteurs liés à la sécurité incendie.

10.1.2 Les informations présentées dans ce chapitre s'appuient sur des travaux de recherche, menés par des experts des domaines de l'analyse des scènes d'incendie et du comportement humain. L'analyse du comportement humain ne se substitue pas à une investigation approfondie et correctement menée. L'analyse du comportement humain peut apporter une vision intéressante, elle doit toutefois être intégrée à l'intérieur de l'ensemble des opérations d'investigations.

10.1.3 Le guide *SFPE Engineering Guide to Human Behavior in Fire*, apporte des informations complémentaires sur le comportement humain face à l'incendie ; on y trouvera notamment une synthèse des travaux de recherche sur les caractéristiques des occupants, l'alerte, la décision d'agir, et la mise en mouvement vers les issues de secours.

10.2 Historique.

Le comportement humain, dans un feu, est né en tant que domaine d'étude à part entière au début des années 1970. En 1972, le chercheur anglais Peter G. Wood, un pionnier dans le domaine, acheva une étude sur le comportement des occupants dans 952 incendies, étude publiée en tant que note de recherche incendie n°953. Quelques années plus tard, John L. Bryan, un chercheur américain et professeur d'ingénierie de protection incendie à l'université du Maryland, publia les résultats de travaux très complets sur le comportement au cours d'un incendie. Bryan a réalisé la synthèse de son propre travail et celle de nombreuses études effectuées par d'autres chercheurs dans le domaine. Cette synthèse figure dans *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, « *Behavioral Response to Fire and Smoke.* »

10.3 Généralités sur le comportement humain face au feu.

Les études couramment acceptées montrent qu'il existe de nombreux facteurs susceptibles d'affecter le comportement d'individus ou de groupes d'individus avant, pendant et après un incendie ou une explosion. Ces facteurs peuvent être, en gros, examinés et classés selon les catégories suivantes ; caractéristiques des individus, caractéristiques des groupes de population, caractéristiques matérielles des lieux, et caractéristiques de l'incendie ou de l'explosion. Une analyse fine et l'évaluation de l'influence de ces facteurs et de leurs interactions mutuelles peut apporter un éclairage utile sur le rôle du comportement humain dans un évènement particulier. Ces paramètres ont été examinés en détails dans la publication de l'U.S. Fire Administration, « *Fire Related Human Behavior*, » (1994). Le contenu de ce document est synthétisé dans les sections 10.3.1 à 10.3.2.4.

10.3.1 Personnes. Le comportement humain par rapport au feu dépend des caractéristiques individuelles des personnes par de nombreux aspects. Ces caractéristiques comprennent des facteurs physiologiques, y compris les limites physiques, et les limites de la compréhension cognitive, ainsi que la connaissance des lieux. Chacune de ces caractéristiques affecte soit la capacité d'un individu à identifier et à évaluer précisément le danger présenté par l'incendie ou l'explosion, soit la capacité de l'individu à apporter une réponse comportementale appropriée à ces dangers.

10.3.1.1 Limites d'ordre physique. Les limites physiques susceptibles d'affecter la capacité d'un individu à reconnaître et à réagir de manière adaptée par rapport au danger constitué par un incendie ou une explosion comprennent l'âge (qui peut affecter la mobilité), les handicaps physiques, l'intoxication, l'incapacité ou des blessures invalidantes ou une situation médicale, ou toute autre circonstance qui limite la mobilité des personnes. De telles limites devraient être prises en compte lorsque l'on évalue le comportement d'un individu face au feu, car elles sont de nature à restreindre ou à réduire la capacité à réagir de manière adaptée lors d'un incendie ou d'une explosion. Les personnes très âgées et les très jeunes enfants sont le plus concernés par ces limites d'ordre physique.

10.3.1.2 Limites de la compréhension cognitive. Les limites relatives à la compréhension cognitive, qui peuvent affecter l'aptitude d'une personne à identifier et à réagir de manière appropriée par rapport aux dangers présentés par un incendie ou par une explosion, incluent l'âge (qui a une influence sur la compréhension mentale), l'état de fatigue, la consommation d'alcool, la consommation de drogues (légalement ou pas), le handicap mental, les maladies mentales, et l'inhalation de fumées et de gaz toxiques. Ces limites d'ordre cognitif vont plus probablement affecter la capacité de l'individu à évaluer précisément les dangers présentés

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

par un incendie ou une explosion. Ces limites vont souvent conduire à une augmentation du délai de réaction ou à un comportement inadapté par rapport au danger. Les enfants peuvent ne pas reconnaître le danger ou adopter un comportement inapproprié comme se cacher ou chercher l'un des parents.

10.3.1.3 Connaissance des lieux. La connaissance qu'a l'individu des lieux dans lesquels se produit un incendie ou une explosion, peut affecter le comportement de cet individu. Par exemple, une personne sera plus apte à analyser le développement et la progression du feu dans sa propre maison que dans un hôtel. Il est important de noter, toutefois, que les limites physiques et cognitives peuvent diminuer l'avantage d'être familier des lieux. Par conséquent, il peut arriver qu'une personne se perde dans sa propre maison.

10.3.2 Groupes. Le comportement d'un individu face au feu est affecté aussi par d'autres facteurs que ses caractéristiques personnelles. Lorsqu'il interagit avec d'autres, l'individu va probablement modifier son comportement et être influencé par l'interaction qu'il a avec le groupe de personnes et par les caractéristiques de ce groupe. Les caractéristiques d'un groupe concernent la taille, l'organisation et la pérennité du groupe, ainsi que son rôle et que ses codes.

10.3.2.1* Taille du groupe. Les études et les données expérimentales montrent que quand un individu fait partie d'un groupe, il a tendance à moins bien reconnaître et à réagir de manière moins adaptée aux signaux sensoriels présentés par un incendie ou par une explosion. Cette tendance augmente avec la taille du groupe. Les études suggèrent que ce comportement se produit car certains individus du groupe retardent la réponse qu'ils vont apporter à ces premiers signaux, le temps que d'autres les reconnaissent aussi et réagissent. La même étude suggère que ceci se produit parce que la responsabilité visant à décider d'une réaction appropriée est réellement diffuse au sein du groupe.

10.3.2.2* Organisation du groupe. L'organisation du groupe peut aussi avoir une influence à la fois sur le comportement du groupe et sur celui de ses membres. Généralement, lorsqu'un groupe a une organisation formalisée avec des chefs nommés et reconnus ou des personnes ayant autorité, le groupe tend à réagir plus vite et de manière plus ordonnée vis à vis d'un incendie ou d'une explosion. Cependant, la réaction n'est pas toujours adaptée. Des exemples de tels groupes peuvent être la population des écoles, des hôpitaux, des maisons de retraite ou des lieux de culte. Les comportements rapportés dans les sections 10.3.2.2.1 à 10.3.2.2.2 sont observés.

10.3.2.2.1 Les études montrent que l'interaction entre les membres du groupe au sein de ce groupe repose sur le sens de la responsabilité pris comme un tout, vis à vis du groupe. Ainsi, une personne appartenant à un groupe déjà constitué, aura plus de chance de convaincre les autres du danger que si elle interagissait avec un groupe d'étrangers.

10.3.2.2.2 Lorsqu'un tel groupe prend conscience du feu ou de l'explosion, l'organisation et la cohésion nécessaire dans un groupe déjà constitué conduit en général à un comportement plus discipliné vis à vis de la menace.

10.3.2.3 Pérennité du groupe.

10.3.2.3.1 La pérennité du groupe fait référence à la cohésion du groupe et à son antériorité. L'influence de la pérennité du groupe est très proche de celle de l'organisation du groupe. Elle affectera aussi, à la fois le comportement des individus au sein du groupe et le comportement du groupe.

10.3.2.3.2 Les études montrent que les groupes bien établis (tels que les familles, les équipes sportives, ou les clubs) seront plus organisés et plus structurés, et par conséquent réagiront différemment au cours d'un incendie ou d'une explosion qu'un groupe nouvellement constitué ou transitoire (tel que la population d'un centre commercial). Les seconds seront davantage susceptibles de présenter une multitude de comportements individuels contradictoires car chaque membre du groupe apporte sa propre réponse et réagit par lui-même.

10.3.2.4 Rôles et codes.

10.3.2.4.1 Les rôles et les codes au sein d'un groupe ont aussi une influence sur le comportement face au feu. Les codes d'un groupe peuvent être fonction du sexe, de la classe sociale, de la formation ou de la profession des personnes.

10.3.2.4.2 Le sexe de la personne est souvent un facteur prédominant au cours d'un incendie ou d'une explosion. Les études indiquent, par exemple, qu'il est probable qu'une femme donne l'alerte immédiatement, alors qu'un homme mettra plus de temps à alerter, s'employant d'abord à tenter d'éteindre ou de limiter les conséquences du feu ou de l'explosion.

10.3.3 Caractéristiques des lieux. Les caractéristiques matérielles du lieu où l'évènement s'est produit ont une influence sur le développement et la propagation de l'incendie ou de l'explosion. Les caractéristiques du lieu affectent également le comportement humain. Parmi ces caractéristiques, on peut citer la localisation et le nombre d'issues de secours, la hauteur du bâtiment, les systèmes d'alarme, et les systèmes d'extinction.

10.3.3.1 Localisation des issues de secours. Au cours d'un incendie ou d'une explosion, la localisation des issues de secours praticables peut affecter le comportement des occupants. Si l'emplacement des issues de secours n'est pas connu des occupants, ou si ces issues ne sont pas correctement signalées, la confusion et l'augmentation du niveau d'anxiété peut alors être ressenties par les personnes.

10.3.3.2 Nombre d'issues de secours. Le nombre d'issues de secours praticables au cours d'un incendie ou d'une explosion peut affecter le comportement des occupants. Un nombre d'issues insuffisant, des issues partiellement ou totalement bloquées, ou des issues non protégées (par exemple des cages d'escaliers non

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

encloisonnées ou non pressurisées) peuvent être la cause de l'exposition des occupants au feu ou à ses effluents.

10.3.3.3 Hauteur du bâtiment. La hauteur du bâtiment peut avoir une influence sur le comportement de ses occupants. Certaines personnes se sentent moins en sécurité dans un immeuble de grande hauteur au cours d'un incendie.

10.3.3.4* Systèmes d'alarme incendie.

10.3.3.4.1 Le système d'alarme incendie fait partie des différents équipements de sécurité incendie qui ont un rôle critique sur la prise de conscience du feu par les personnes. Les études ont montré que des messages audio explicites et directifs peuvent se révéler très efficaces pour déclencher la réponse appropriée, par rapport à des gongs ou à des sirènes seuls.

10.3.3.4.2 Avant le sinistre, des fausses alarmes et des dysfonctionnements du système d'alarme sont de nature à diminuer les avantages de disposer d'un système d'alarme dans le bâtiment, car les occupants pourraient ne pas réagir correctement au déclenchement de l'alarme. De nombreuses fausses alarmes réduisent les comportements appropriés à l'audition de cette alarme.

10.3.3.5 Systèmes d'extinction. L'installation de systèmes d'extinction automatique, si leur présence est connue, peut affecter le comportement. L'effet peut être positif ou négatif. Un effet positif est que la marge de sécurité supplémentaire apportée par ces systèmes donne plus de temps aux occupants de ces bâtiments pour adopter le comportement adapté au danger. Un exemple d'effet négatif est la possible dégradation de la visibilité lors de l'émission de l'agent extincteur, ce qui pourrait gêner l'évacuation.

10.3.4 Caractéristiques du feu. Le comportement humain face à un feu est directement lié à la perception par les individus ou les groupes d'individus du danger ou de la menace présentés pour eux par l'incendie ou l'explosion. Les caractéristiques du feu vont avoir tendance à modeler cette perception et donc à affecter le comportement humain face à l'évènement. Ces caractéristiques sont par exemple la présence de flammes ou de fumées, et les effets des gaz toxiques et du manque d'oxygène.

10.3.4.1 Présence de flammes. La plupart des individus n'ont pas une perception fondée sur une formation ou sur une information des dangers présentés par les incendies et les explosions. Ce problème de perception est particulièrement vrai concernant une personne qui observe la présence de flammes visibles. La vision des flammes rend l'individu conscient qu'il ne s'agit pas d'une fausse alarme et qu'un certain danger est présent ; cependant, comme les personnes ne connaissent pas la dynamique et le comportement du feu, la présence de petites flammes n'est pas perçue comme une menace immédiate, et le comportement qui s'en suit est basé sur cette croyance. Voir le chapitre 5 pour une présentation de la dynamique du feu.

10.3.4.2 Présence de fumée. Comme les flammes visibles, la présence de fumée peut aussi avoir une influence sur le comportement vis à vis du feu. Un déficit de connaissances sur la dynamique et le comportement du feu peut entraîner des perceptions erronées par rapport à la fumée. Les personnes peuvent interpréter la présence de fumées noires et denses comme une menace immédiate pour leur santé, alors que des fumées légères et grises peuvent ne pas être du tout considérées comme une menace.

10.3.4.3 Effets des gaz toxiques et du manque d'oxygène. Au cours d'un incendie ou d'une explosion, les personnes inhalent souvent les produits de combustion, y compris les gaz toxiques présents dans la fumée. De plus, le développement et la progression du feu, ainsi que la présence de ces autres gaz, conduit souvent à une diminution du taux d'oxygène, initialement présent dans l'air ambiant. L'inhalation de gaz toxiques, ou une concentration en oxygène inférieure à environ 15 %, peut affecter le comportement des personnes et conduire à des changements au niveau de la perception et du comportement. Ces changements peuvent se manifester par des réactions tardives ou inadaptées par rapport à l'évènement. La force, la résistance, l'acuité mentale, et la perception peuvent diminuer de façon importante. Voir la section 23.5.5.

10.4 Facteurs relatifs au départ du feu.

Le déclenchement de beaucoup d'incendies et d'explosions peut se trouver facilité ou favorisé par les actions ou les omissions commises par les personnes associées à l'évènement. Le comportement humain est souvent à l'origine de la présence d'une source d'ignition adaptée, à l'endroit et au moment où s'y trouve également du combustible en présence d'une quantité suffisante d'oxygène.

10.4.1 Facteurs responsables des feux accidentels. Les actions ou l'absence d'action des personnes conduisent fréquemment à des incendies accidentels. La négligence, le manque de soin, le défaut de savoir, le mépris des principes de sécurité incendie, ou l'inaptitude des personnes à comprendre les conséquences de telle action ou absence d'action peuvent être classés dans une catégorie de comportements similaires. Ces types de comportements sont par exemple la maintenance mal faite, le manque d'entretien, les questions relatives à l'étiquetage des produits, les procédures et les avertissements et le non respect des codes et des normes de sécurité incendie.

10.4.1.1 Maintenance et fonctionnement incorrects.

10.4.1.1.1 Beaucoup d'équipements, de systèmes, de machines et d'installations constituent des sources potentielles d'ignition ou des sources de combustibles vis à vis du feu et nécessitent un certain niveau d'entretien et de maintenance périodiques. Des instructions se rapportant au type de maintenance ou de procédures

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

d'entretien, ainsi qu'une périodicité de maintenance et d'entretien recommandée, sont le plus souvent fournies par le fabricant ou le fournisseur. Le non respect de ces recommandations peut être à l'origine d'un incendie ou d'une explosion. Il est souvent répondu à l'investigateur que les instructions relatives à l'entretien et à la maintenance d'un appareil donné ne sont pas présentes. Dans ce cas, il est souvent possible d'obtenir les informations directement auprès du fabricant ou du fournisseur. L'investigateur devrait, lorsque cela est possible, examiner les instructions d'entretien et de maintenance et les enregistrements relatifs à la réalisation de ces tâches pour les équipements et les installations situés dans la zone de départ du feu. Ces enregistrements peuvent se révéler utiles lorsqu'un équipement est considéré comme source d'ignition ou de combustible.

10.4.1.1.2 Les manuels de fonctionnement et les consignes d'avertissement concernant les équipements ou les installations sont normalement aussi remis à l'utilisateur final par le fabricant ou le fournisseur. Obtenir et examiner ces informations peut se révéler utile pour l'investigateur, lorsqu'il s'agit d'analyser la situation d'un équipement ou d'une installation au moment de l'incendie.

10.4.1.2 Nettoyage. Un manque de nettoyage adapté peut également contribuer directement ou indirectement à l'éclosion d'un feu. Parmi les exemples de tels manquements, on peut citer une utilisation sans précaution d'un matériel ou la présence d'articles de fumeurs, de déchets ou d'autres combustibles qu'on laisse s'accumuler trop près d'une source d'inflammation, ou de la poussière ou d'autres particules combustibles qui se trouvent en suspension dans l'air (car l'équipement de récupération de la poussière aurait besoin d'être nettoyé ou vidé) à proximité d'une flamme ou d'étincelles produites par un outil, ou des peluches dans un séchoir, ou des amas de graisse dans les cuisines.

10.4.1.3 Étiquettes sur les produits, instructions et mises en garde. L'absence de prise de conscience ou le mépris des étiquettes d'avertissements ou autres instructions relatives à la sécurité peuvent mener à un départ de feu accidentel. Dans de nombreux cas, le facteur de déclenchement d'un incendie résulte d'une action ou d'une omission de la part de l'utilisateur du produit. Les dangers résultant d'une action inadaptée ou d'un oubli ne sont pas toujours évidents pour l'utilisateur d'un produit. Lorsqu'un produit présente un danger potentiel en constituant une source d'énergie, un combustible ou un apport d'oxygène pour le démarrage d'un feu, il incombe au fabricant et au fournisseur de réaliser un étiquetage adapté et de fournir, avec le produit, des instructions et des avertissements en conséquence. De la même façon, il appartient à l'utilisateur de suivre les instructions et les mises en garde.

10.4.1.4 Rôle des étiquettes. Le rôle d'une étiquette est de fournir à l'utilisateur les informations sur le produit en s'approchant au mieux des conditions réelles d'usage. On trouve les étiquettes sous différentes formes ; des étiquettes imprimées, attachées au produit ou sur son emballage, ou un texte moulé, estampillé ou gravé sur le produit ou son contenant.

10.4.1.5 Rôle des instructions. Les instructions relatives à un produit ont pour objectifs d'informer l'utilisateur sur la manière d'utiliser le produit en toute sécurité, sur les risques éventuels présentés par le produit, et sur la façon de limiter ces risques pour l'utilisateur lors de la mise en œuvre du produit.

10.4.1.6 Rôle des mises en garde. L'objectif général d'un avertissement est de fournir à l'utilisateur les informations nécessaires pour utiliser un produit en toute sécurité ou pour choisir, de manière éclairée, de ne pas utiliser le produit en raison des risques présentés. Les mises en garde sur les étiquettes ou sur les instructions devraient répondre à deux motivations ; informer un utilisateur novice des risques présentés par l'utilisation ou par une mauvaise utilisation du produit, et rappeler à l'utilisateur les dangers en relation avec le produit.

10.4.1.7 Éléments clés pour un avertissement adapté. Selon la réglementation fédérale, afin que les mises en garde soient adaptées et efficaces, certains éléments clés doivent être présents ; un mot d'alerte, l'énonciation du danger, la présentation des manières d'éviter le danger, et des explications sur les conséquences du danger.

10.4.1.7.1 Mot d'alerte. Le mot d'alerte ou mot de signalisation est la première indication à l'adresse de l'utilisateur de l'existence d'un danger. « Attention, » « Avertissement » ou « Danger » sont les mots d'alerte approuvés les plus couramment utilisés. A travers sa signification, la police, la taille des caractères et le contraste, le mot d'alerte est conçu pour attirer l'attention de l'utilisateur sur l'avertissement qui suit, et donner une idée du niveau de danger. La plupart des normes soutiennent que les mots d'alerte « Attention », « Avertissement » et « Danger » correspondent respectivement à des niveaux de danger et de risque croissants. La norme ANSI Z535.4, *Product Safety Signs and Labels*, fournit les définitions suivantes :

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

(1) ATTENTION ; Indique une situation potentiellement dangereuse, qui, si elle n'est pas évitée, peut causer des blessures mineures ou modérées.

(2) AVERTISSEMENT ; Indique une situation potentiellement dangereuse, qui, si elle n'est pas évitée, pourrait occasionner la mort ou des blessures sérieuses.

(3) DANGER ; Indique une situation de danger immédiat, qui, si elle n'est pas évitée, occasionnera la mort ou des blessures sérieuses.

10.4.1.7.2 Énonciation du danger. L'énonciation du danger devrait indiquer la nature et l'étendue du danger et la gravité des risques de blessure, par exemple ; « Combustible, » « Inflammable, » ou « Extrêmement inflammable. » Le risque dépend de la probabilité d'occurrence et de la gravité des atteintes. Des phrases complémentaires telles que « peut exploser, » ou « peut occasionner des blessures sérieuses, » peuvent aussi être nécessaires.

10.4.1.7.3 Comment éviter le danger. Les mises en garde devraient fournir aux utilisateurs potentiels les informations sur les manières d'éviter le danger et elles devraient leur dire ce qu'il faut faire ou éviter de faire pour utiliser le produit en toute sécurité.

10.4.1.7.4 Conséquences du danger. Les mises en garde devraient aussi signifier à l'utilisateur ce qui se passerait ou pourrait se passer si les précautions énumérées ne sont pas respectées.

10.4.1.8 Normes relatives aux étiquettes, instructions et avertissements. Au cours des années, le gouvernement et les industriels ont rédigé de nombreuses normes, lignes directrices et réglementations traitant des mises en garde pour la sécurité et de la conception de produits sûrs. Parmi, les normes qui traitent des étiquettes, des instructions et des avertissements, on peut citer les suivantes :

(1) Normes ANSI sur l'étiquetage :

(a) Z129.1, Precautionary Labeling of Hazardous Industrial Chemicals
(b) Z400.1, Material Safety Data Sheets — Preparation
(c) Z535.1, Safety Color Code
(d) Z535.2, Environmental and Facility Safety Signs
(e) Z535.3, Criteria for Safety Symbols
(f) Z535.4, Product Safety Signs and Labels
(g) Z535.5, Accident Prevention Tags

(2) Normes UL standard sur l'étiquetage :

(a) UL 969, Standard for Marking and Labeling Systems

(3) Codes et réglementations fédérales (États-Unis) :

(a) « *Consumer Safety Act* » (15 USC Sections 2051–2084, et 16 CFR 1000)
(b) « *Hazardous Substances Act* » (15 USC Sections 1261 et seq., et 16 CFR 1500)
(c) « Federal Hazards Communication Standard » (29 CFR 1910)
(d) « *Flammable Fabrics Act* » (15 USC Sections 1191–1204 et 16 CFR 1615, 1616, 1630–1632)
(e) « *Federal Food, Drug and Cosmetic Act* » (15 USC Section 321 (m), et 21 CFR 600)
(f) *OSHA Regulations* (29 CFR 1910)

(4) Norme industrielle :

(a) FMC *Product Safety Sign and Label System Manual*

10.4.2 Rappels. Ne pas tenir compte des notices de rappel concernant des éléments susceptibles de constituer une source d'ignition, peut aussi conduire à un départ de feu. La plupart du temps, une notice de rappel est le résultat de feux qui se sont produits, où un élément spécifique a été identifié comme la source d'ignition.

10.4.3 Autres éléments à considérer. Le manque de connaissance d'un individu, l'absence de soin, le mépris des consignes ou la négligence n'apparaissent souvent pas clairement à l'investigateur qui examine les circonstances et les évènements qui ont conduit à l'incendie. L'examen de l'enregistrement des formations, et des entretiens avec les personnes présentes à l'endroit du sinistre, peuvent permettre de mieux comprendre jusqu'à quel niveau un individu peut avoir joué un rôle dans le départ d'un feu.

10.4.4 Non respect des codes et normes de sécurité incendie. Le non respect des codes et normes de sécurité incendie, des normes industrielles ou des règles de l'art peuvent conduire à des incendies ou à des explosions. Le défaut de conformité à différentes prescriptions en matière de sécurité peut être intentionnel ou non.

10.5 Les enfants et le feu.

Jouer avec le feu est une activité qu'un grand nombre d'enfants a expérimentée pour différentes raisons. La raison la plus courante qui pousse les enfants à jouer avec le feu est la curiosité. Pour un jeune enfant, le feu a un caractère intriguant, très puissant, et trop souvent accessible. Mettre le feu peut constituer pour un enfant le moyen d'exprimer de la frustration ou de la colère, de se venger, ou d'attirer l'attention sur lui ou sur une situation difficile. Les études ont montré que le lieu où le feu est allumé et le motif varient souvent en fonction de l'âge de l'enfant. On s'accorde pour définir trois groupes d'âge, comme suit.

10.5.1 Enfants incendiaires. Les enfants

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

incendiaires (âgés de 2 à 6 ans) sont souvent responsables de feux dans leur maison ou dans les environs immédiats. Parfois, les feux se trouvent dans des zones cachées ou en dehors du champ de vision de la personne qui les surveille. Il s'agit généralement de feux motivés par la curiosité.

10.5.2 Préadolescents incendiaires. Les préadolescents incendiaires (âgés de 7 à 13 ans) sont souvent responsables de feux qui démarrent dans leur maison ou dans les environs immédiats. Ils peuvent aussi mettre le feu à leurs établissements scolaires. Leurs actes sont associés à un environnement familial brisé ou à un traumatisme physique ou émotionnel.

10.5.3 Adolescents incendiaires. Les adolescents incendiaires (âgés de 14 à 16 ans) sont souvent responsables de feux qui se produisent ailleurs qu'à la maison. Ils ciblent les écoles, les églises, les bâtiments inoccupés, les terrains vagues, et les terrains à vendre. Leurs actes sont souvent associés à un passé de délinquant, à un environnement perturbé, à un niveau social peu favorisé et à une adaptation émotionnelle à la situation, à une pression de l'entourage, et à une situation d'échec scolaire. Ils agissent souvent à deux ou en petits groupes, avec un chef et des suiveurs. Ils mettent le feu pour exprimer leur stress, leur anxiété et leur colère, ou comme symptôme d'un autre problème.

10.6 Incendie volontaire.

Les facteurs humains concernés par le déclenchement d'un incendie volontaire sont étroitement liés aux motivations examinées à la section 22.4. Voir la section 22.4 pour un complément d'information.

10.7 Facteurs humains en relation avec la propagation de l'incendie.

10.7.1 La propagation du feu peut être influencée de manière significative par les actions ou par les omissions commises par les personnes présentes avant ou pendant le feu. Ces actions peuvent accélérer ou au contraire retarder la propagation du feu. L'investigateur peut avoir besoin d'analyser ces actions afin de déterminer quels impacts elles ont pu avoir sur le feu. Certaines actions comprennent l'ouverture et la fermeture de portes et de fenêtres, les tentatives d'extinction, le déclenchement de systèmes de protection incendie, et le sauvetage de personnes. Certaines de ces actions sont développées dans la section 17.6.1.

10.7.2 Les conditions existant avant le feu, telles que l'état de propreté, le fonctionnement des alarmes et le compartimentage, peuvent être observées et enregistrées en examinant les zones non brûlées du bâtiment. A partir des rapports produits par la personne responsable de la prévention incendie pour les établissements recevant du public, et aussi par les témoignages après l'incendie. L'investigateur ne devrait pas avoir d'*a priori* sur la situation dans le bâtiment avant l'incendie.

10.8 Identification et réponse face à un feu.

Dans un incendie, la survie d'une personne dépend de sa capacité à reconnaître et à apporter une réponse adaptée au danger de différentes manières. L'individu a besoin de percevoir le danger, de décider ce qu'il doit faire et de mener à bien l'action décidée. Ces trois concepts de base sont présentés dans cette section.

10.8.1 Perception du danger (signaux sensoriels).
Les personnes prennent conscience du feu par un ou par une combinaison de signaux sensoriels. La perception sensorielle peut être affectée par des facteurs tels que le fait que la personne soit réveillée, endormie, ou affaiblie. L'état de faiblesse peut être physique, mental, ou résulter de l'effet d'un agent chimique (drogues, alcool ou monoxyde de carbone). On peut citer les signaux sensoriels suivants :

(1) La vue ; vision directe de flammes, de fumée, d'alarmes visuelles, ou de flammèches ;

(2) Le son ; craquements, éclatements de vitres, alarmes sonores, aboiements de chiens, pleurs d'enfants, voix ou cris ;

(3) Le ressenti ; élévation de la température ou effondrement de structures ;

(4) L'odeur ; odeurs de fumées.

10.8.2 Décision d'agir (Réponse). Dès que le danger a été perçu, la décision sur la manière d'agir survient. Cette décision s'appuie sur la sévérité du danger perçu. L'état de la personne constitue un facteur d'influence dans le processus de décision.

10.8.3 Actions entreprises. Les actions entreprises par une personne peuvent prendre différentes formes, et notamment :

(1) Ignorer le problème ;

(2) Chercher ;

(3) Essayer d'éteindre ;

(4) Donner l'alarme ;

(5) Aider les autres à évacuer ;

(6) Pénétrer à nouveau après être sorti une première fois ;

(7) Fuir (s'échapper) ;

(8) Ne pas bouger.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

10.8.4 Facteurs influents sur l'évacuation. Le succès ou l'échec d'une tentative pour évacuer dépend de nombreux facteurs, parmi lesquels :

(1) L'identification des chemins d'évacuation ;

(2) La distance par rapport à une issue ;

(3) Les conditions relatives au feu telles que la fumée, la chaleur ou les flammes ;

(4) La présence de couloirs sans issue ;

(5) Des chemins bloqués par des obstacles ou par des personnes ;

(6) Les handicaps physiques ou l'état de faiblesse des occupants ;

10.8.5 Informations fournies par les survivants. Les informations obtenues après un incendie par l'interrogation des témoins (les survivants, les victimes, les occupants, les passants et les responsables des services de secours) peuvent se révéler utiles pour déterminer certains éléments. Parmi ces informations, on peut citer :

(1) Les conditions avant l'incendie ;

(2) Le développement du feu et la propagation des fumées ;

(3) Les combustibles, leurs emplacements et leurs orientations ;

(4) Les occupations des victimes avant, pendant et après la découverte du feu ;

(5) Les actions entreprises par les survivants et qui leur ont sauvé la vie, c'est-à-dire s'échapper ou trouver refuge ;

(6) Les décisions prises par les survivants et ce qui les a motivées

(7) Les évènements critiques tels qu'un flashover, l'effondrement du bâtiment, l'éclatement d'une vitre, le déclenchement de la sirène, les premières traces de fumée, la première flamme visible, l'arrivée des secours, et les échanges avec les autres dans le bâtiment.

Chapitre 11 Aspects légaux

11.1* Introduction.

Les aspects légaux ont des répercussions sur chaque phase d'une investigation incendie. Quel que soit le statut de l'investigateur (autorité publique ou investigateur privé), il est important qu'il soit parfaitement informé de toutes les limites, exigences, obligations, procédures et devoirs d'ordre juridique en relation avec l'investigation. Ne pas s'y conformer pourrait compromettre la recevabilité des résultats des investigations et exposer l'investigateur à des poursuites en responsabilité civile, voire au niveau pénal. Ce chapitre a pour objet d'avertir l'investigateur sur les domaines requérant généralement des conseils, des connaissances ou une information sur le plan légal. Les aspects légaux traités dans ce chapitre et ailleurs dans le guide se rapportent aux lois des États-Unis. Ce chapitre n'a pas pour objet d'exposer la façon dont les lois sont appliquées dans chaque pays ou chaque juridiction. Une telle tâche dépasserait les objectifs de ce guide. Dans la mesure où une loi ou un cas de jurisprudence est évoqué, il n'y ait fait référence que par le biais d'exemples, et par ailleurs, il est rappelé au lecteur que la réglementation est en constante évolution. A titre d'analogie, la jurisprudence et les lois peuvent être comparées à des organismes vivants. Il y a constamment des créations (par promulgation ou décision), des changements (par modification ou amendement), ou des disparitions (par abrogation, annulation, ou défaut d'application). Il est recommandé à l'investigateur de se faire conseiller par un spécialiste afin de comprendre et de se conformer aux exigences spécifiques de chaque juridiction. La connaissance et la prise en considération des exigences légales applicables facilitera la recevabilité des enregistrements, des données et des avis rapportés par l'investigateur.

11.2 Aspects constitutionnels.

Aux États-Unis et dans ses territoires, les investigateurs devraient avoir conscience des garde-fous qui sont généralement applicables aux investigations et procédures criminelles, comme cela est inscrit dans le quatrième, le cinquième et le sixième amendement de la constitution des États-Unis. Le texte de ces trois amendements est présenté en figure 11.2.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Amendement IV
Il ne sera pas porté atteinte au droit des citoyens d'être exempts de toute perquisition ou saisie déraisonnable concernant leur personne, leur domicile, les documents et biens leur appartenant ; aucun mandat de perquisition ne pourra être délivré s'il ne se fonde sur des motifs plausibles, s'il ne s'appuie sur des déclarations ou des affirmations sous serment et s'il ne mentionne de façon détaillée les lieux qui doivent faire l'objet de la perquisition et les personnes ou objets dont il faut s'assurer.

Amendement V
Nul ne pourra répondre d'un crime capital ou infamant à moins d'avoir été inculpé ou renvoyé devant les tribunaux par un grand jury, à l'exception des poursuites engagées à l'occasion d'actes commis dans les forces armées terrestres ou navales ou dans la milice, dans le cadre d'un service actif en temps de guerre, ou de péril public ; nul ne pourra deux fois pour le même délit se trouver menacé dans sa vie ou dans sa personne ; nul ne pourra être contraint de témoigner contre lui-même dans un procès criminel, ni être privé de sa vie, de sa liberté ou de ses biens sans procédure légale régulière *(due process of law)* ; aucune expropriation dans l'intérêt public ne sera possible sans une juste indemnité.

Amendement VI
Lors de toute poursuite criminelle, l'accusé aura le droit d'être jugé rapidement et publiquement, par un jury impartial de l'État et du district où le crime aura été commis, ledit district ayant été préalablement déterminé par la loi ; d'être informé de la nature et des motifs des charges retenues contre lui ; d'être confronté avec les témoins à charge ; de faire citer des témoins à décharge ; et de bénéficier de l'assistance d'un avocat pour sa défense.

FIGURE 11.2 Quatrième, cinquième, et sixième amendements de la constitution des États-Unis.

11.3 Aspects légaux au cours des investigations.

11.3.1 Autorité pour mener une investigation. L'investigateur devrait vérifier le fondement et les limites de l'autorité qu'il a pour mener les investigations. L'autorité pour faire des recherches est donnée aux officiers de police, aux pompiers, et aux capitaines des pompiers selon les lois de la juridiction concernée. Les investigateurs d'incendie, privés se voient confier l'autorité par contrat ou de gré à gré. Les contrats d'assurance qui obligent l'assuré à coopérer à l'investigation sont un exemple de contrat de gré à gré. Une personne concernée par le bien et sa propriété peut aussi missionner (passer contrat avec) son propre investigateur. L'autorité partagée nécessiterait que l'investigateur missionné par une autre partie soit invité sur le site à participer ou à observer les investigations. L'identification correcte du fondement de son autorité permettra à l'investigateur de se soumettre aux exigences et limites légales applicables. La portée de l'autorité conférée aux investigateurs des services publics ou gouvernementaux est généralement spécifiée dans les codes de lois de chaque juridiction, complétés par la réglementation applicable émise par les bureaux et sections locales. De nombreux états et juridictions locales (les communes, les agglomérations, ou les comtés) exigent que les investigateurs soient certifiés ou possèdent une licence. Si cette exigence n'est pas remplie, les résultats des investigations peuvent être non recevables et l'investigateur peut être sanctionné.

11.3.2 Droit de pénétrer. Le fait que l'investigateur ait autorité à mener les investigations ne signifie pas nécessairement qu'il ait le droit de pénétrer sur la propriété concernée par l'incendie. Les conditions relatives au droit de pénétrer sur la propriété d'autrui sont fréquemment énumérées dans les lois, et les réglementations. Pénétrer illégalement sur une propriété est passible de poursuites à l'encontre de l'investigateur (entrée sans autorisation, entrée par effraction, ou encore obstruction ou entrave dans une enquête criminelle). Une fois que l'investigateur peut légalement pénétrer sur la propriété, il devrait informer l'officier ou l'autorité en charge de surveiller les lieux de son intention de s'y rendre. Une autorisation par ailleurs obtenue légalement ne permet pas de pénétrer sur une scène de crime. D'autres autorisations données par les services concernés ou par l'officier en charge du dossier peuvent être exigées. L'investigateur devrait prendre soin d'éviter de dégrader les indices.

11.3.2.1 Les dispositions réglementaires locales conçues pour préserver la sécurité publique, peuvent rendre obligatoire la démolition rapide d'un bâtiment sinistré par un incendie afin d'éviter tout danger pour les personnes. Cette disposition peut enlever à l'investigateur toute possibilité d'examiner la scène d'incendie. Lorsqu'il est primordial d'y aller, un ordre du tribunal interdisant la démolition jusqu'à une date spécifiée peut être obtenu, généralement sous la forme d'une injonction, afin d'autoriser la présence de l'investigateur sur le site sinistré. Une telle injonction peut se révéler coûteuse, car la partie ayant demandé le délai peut se voir imposer de déposer une caution, d'engager des gardiens, et de sécuriser le bien jusqu'à ce que les investigations soient terminées. Un avocat devrait être capable d'anticiper la demande à cet égard et d'y répondre rapidement. Sur ordre de la cour, il peut être demandé à l'investigateur de produire les preuves conformément à une réquisition. L'investigateur devrait faire preuve de soin et ne pas détruire, jeter ou enlever n'importe quel indice avant qu'il n'en ait reçu l'autorisation clairement formulée. Les cours ont, de plus en plus, la volonté de rédiger des injonctions pour préserver la scène d'incendie afin que puissent aussi être préservés les droits de toutes les parties, d'examiner les indices à l'endroit et dans les conditions dans lesquels ils se trouvaient après l'incendie.

11.3.2.2 Dans l'éventualité où la destruction, la mise à la benne ou le retrait est autorisé ou nécessaire, l'investigateur ne doit entreprendre de telles tâches qu'après avoir correctement enregistré tous les indices et toutes les informations, et après avoir vérifié que ce qu'il a enregistré est précis et complet. Les indices ne devraient pas être dégradés ou dénaturés.

11.3.3 Obtention du droit de pénétrer. Alors que « le droit de pénétrer » dépend de l'autorité légale

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

pour un bâtiment donné ou sur une scène d'incendie, cette section traite de comment obtenir cette autorité. Il y a quatre procédures suivant lesquelles le droit de pénétrer peut être obtenu ; le consentement, les circonstances nécessaires, le mandat d'investigation administrative, ou le mandat d'investigation criminelle.

11.3.3.1 Consentement. Une personne qui de plein droit exerce le contrôle sur la propriété peut donner à l'investigateur la permission ou son consentement pour qu'il pénètre et reste sur la propriété. Il d'agit d'un acte volontaire de la part d'une personne responsable, ce consentement peut être annulé à tout moment. Lorsque le consentement est donné, l'investigateur devrait l'enregistrer. Une méthode efficace consiste à demander à la personne en possession des droits de signer un formulaire de consentement. L'investigateur peut choisir de mener des recherches afin de s'assurer que la personne qui donne son consentement, exerce de plein droit le contrôle du bien. Par exemple, lorsqu'un locataire, du fait d'un bail, a un droit de contrôle du bien loué, le propriétaire de ce bien, peut ne pas avoir un droit d'accès immédiat, et par conséquent ne pas pouvoir légalement donner un consentement.

11.3.3.2 Circonstances nécessaires.

11.3.3.2.1 Il est généralement admis que les pompiers ont l'autorité légale pour entrer dans une propriété et éteindre le feu. Il est également établi que le service incendie à l'obligation de déterminer l'origine et la cause du feu dans l'intérêt et pour le bien-être de la société.

11.3.3.2.2 Le laps de temps au cours duquel les investigations peuvent se poursuivre, ou au contraire devraient se terminer, a fait l'objet d'une décision de la Cour Suprême (*Michigan v. Tyler*, 436 U.S. 499), lorsque la Cour arrêta que les investigations pouvaient se poursuivre pendant une « période de temps raisonnable », qui dépend de nombreuses variables. Lorsque l'investigateur s'interroge sur ce qui est un « temps raisonnable », il devrait requérir les conseils d'un avocat.

11.3.3.3 Mandat d'investigation administrative.

11.3.3.3.1 Le but d'un mandat d'investigation administrative est généralement d'autoriser ceux ayant la responsabilité, par ordonnance ou de façon statutaire, de mener des investigations sur l'origine et la cause d'un incendie et ainsi de remplir leurs obligations vis à vis de la loi. Un mandat d'investigation administrative peut être délivré par un tribunal de la juridiction compétente après avoir démontré que le consentement n'a pas pu être obtenu ou a été refusé. Il n'est pas délivré à partir de la démonstration de la traditionnelle « présomption », bien qu'il soit quand même nécessaire de montrer que la recherche est raisonnable. Les investigations devraient être justifiées en démontrant l'intérêt raisonnable pour l'état et s'appuyer sur un statut, une ordonnance, ou la loi. Si un intérêt valable vis à vis de l'état justifie l'intrusion, alors la présomption valable et raisonnable a été démontrée.

11.3.3.3.2 Le périmètre d'un mandat d'investigation administrative est limité aux investigations relatives au lieu d'origine et à la cause du feu. Si au cours des recherches autorisées par un mandat d'investigation administrative, les indices d'un crime sont découverts, les recherches devront s'arrêter et un mandat d'investigation criminelle devra être obtenu. (*Michigan v. Clifford*, 464 U.S. 287).

11.3.3.4 Mandat d'investigation criminelle. Le but d'un mandat d'investigation criminelle est d'autoriser les agents gouvernementaux à pénétrer sur les lieux afin de rechercher et de recueillir les preuves d'un crime, ainsi que spécifié sur le mandat. Le mandat peut autoriser des recherches dans un bâtiment, dans un véhicule ou sur une personne. Les agents du gouvernement qui ont l'autorité pour demander un mandat ainsi que le tribunal auprès duquel la demande doit être faite sont précisés par les lois fédérales et gouvernementales. Un agent autorisé à demander un mandat, n'est pas nécessairement autorisé du fait de son statut à l'exécuter. Des défauts d'apparence mineure dans la demande ou dans l'exécution du mandat peuvent conduire à la nullité des preuves. Le demandeur potentiel devrait envisager de consulter un avocat pour faire la demande.

11.3.3.4.1 La demande de mandat d'investigation criminelle contient typiquement les informations suivantes :

(1) Le type ou les caractéristiques de la propriété à fouiller ;

(2) Le lieu ou la personne concerné ;

(3) Une allégation de faits, basés sur ce que sait personnellement le demandeur, ou sur les informations qu'il a et ce qu'il croit, ainsi que les fondements qui les étayent, qu'une présomption raisonnable existe par rapport aux points (1) et (2)

11.3.3.4.2 L'exécution du mandat à toute heure du jour ou de la nuit, ainsi que la pénétration sans préavis peuvent aussi être précisées sur la demande si des faits suffisants l'étayent.

11.3.4 Interrogatoire des suspects.

11.3.4.1 A la lumière des charges criminelles pour incendie, l'investigateur devrait vérifier s'il faut informer la personne interrogée de ses droits (« *Miranda rights* ») et si tel est le cas, quand et comment lui lire ces droits. La personne interrogée devrait être informée des éléments suivants, si l'interrogatoire est mené au cours d'une garde à vue, par un investigateur qui représente les services de l'état ou qui agit sur demande des investigateurs de police :

(1) Il a le droit de garder le silence ;

(2) Tout ce qu'il dira, pourra être retenu contre lui ;

(3) Il a le droit d'être assisté par un avocat ;

(4) S'il n'en a pas les moyens, un avocat pourra lui être commis d'office avant l'interrogatoire, s'il le souhaite ;

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

(5) S'il choisit de renoncer au silence, il peut changer d'avis et arrêter l'interrogatoire ou demander un avocat à tout moment au cours de l'interrogatoire.

11.3.4.2 Jusqu'à ces avertissements ou jusqu'à ce que le renoncement aux droits ait été enregistré officiellement, aucun élément obtenu au cours de l'interrogatoire ne pourra être utilisé contre l'accusé (formellement le témoin) (*Miranda v. Arizona*, 384 U.S. 436). Les personnes interrogées au cours d'une garde à vue devraient être avisées de leurs droits constitutionnels. Bien que les interrogatoires menés sur la scène d'incendie ne soient généralement pas menés dans le cadre d'une garde à vue, ils pourraient toutefois l'être, en fonction des circonstances. Le statut de garde à vue dépend de nombreux paramètres, tels que le lieu de l'interrogatoire, la durée de l'interrogatoire, qui est présent et qui participe, et le fait de retenir ou non une personne qui souhaiterait partir. S'il n'y a aucun doute dans l'esprit de l'investigateur, que la personne est interrogée de manière officielle, alors la personne devrait être avisée de ses droits constitutionnels. Lorsqu'une personne est avisée de ses droits constitutionnels comme demandé par le texte Miranda, ils peuvent être énumérés de façon écrite sur un document à signer par la personne.

11.3.5 Détérioration d'une preuve. La détérioration d'une preuve fait référence à la perte, la destruction, ou l'altération matérielle d'un objet ou d'un document, constituant une preuve ou une preuve potentielle dans une procédure légale, du fait d'une personne qui en avait la garde. La détérioration de preuve peut se produire lorsque le déplacement, la modification ou la destruction d'indices, ou encore l'altération de la scène d'incendie compromettent la possibilité pour les autres parties d'obtenir la même valeur probatoire à partir d'une chose, comme le fit un précédent investigateur.

11.3.5.1 Responsabilité. La responsabilité de l'investigateur (ou de toute personne qui manipule ou examine des indices) est de préserver ces indices ; les limites de cette responsabilité varient selon la juridiction, selon le statut de l'investigateur (de police ou privé), s'il s'agit d'une procédure criminelle, et des lois et réglementations applicables. Quoi qu'il en soit, et indépendamment du périmètre et des responsabilités dans l'investigation, les indices et preuves devraient être traités avec soin afin d'éviter leur destruction.

11.3.5.2 Enregistrements. Il est important de photographier, d'enregistrer et de préserver les indices, non seulement ceux qui étayent l'opinion d'un investigateur, mais aussi ceux qui étayent des hypothèses alternatives sensées qui ont été examinées puis abandonnées.

11.3.5.3 Dispositions en cas de détérioration de preuve. Les tribunaux civils et criminels appliquent différentes dispositions lorsqu'il y a détérioration de preuve. Les dispositions appliquées par les tribunaux comprennent des sanctions sur l'accessibilité au dossier, des amendes, l'exclusion de la déposition d'expert, le rejet des interventions à charge ou à décharge, la poursuite pour destruction intentionnelle ou par négligence de preuves, et même la poursuite pour obstruction à la justice dans une procédure criminelle. Les investigateurs devraient mener leurs investigations de façon à minimiser les risques de perte ou de destruction des preuves, et donc minimiser aussi les risques d'allégations pour destruction de preuve.

11.3.5.4 Convocation des parties intéressées. On peut minimiser le risque de plainte pour destruction de preuve en convoquant toutes les parties intéressées connues aux investigations sur le site sinistré afin de leur permettre de nommer leurs experts et d'assister aux investigations. Une telle convocation peut être faite par téléphone, par courrier ou par courriel. Une notification orale devrait être confirmée par écrit. La convocation devrait comprendre la date du sinistre, la nature du sinistre, la localisation du sinistre, la nature et l'étendue des pertes, les dommages, blessures ou décès connus, le lien entre les différentes parties et le sinistre, les dates des prochaines actions, les conditions susceptibles d'affecter le site (demande de démolition imminente ou des conditions liées à l'environnement), une date limite de réponse, les coordonnées de la personne à qui répondre, et les coordonnées de la personne ou de l'organisme chargé de la surveillance de la scène. La convocation devrait aussi inclure une liste des destinataires. Les investigateurs de la police ne sont pas nécessairement assujettis aux mêmes règles concernant les convocations que les investigateurs privés. La responsabilité au regard de la convocation varie en fonction des juridictions, du périmètre de l'investigation, des procédures et des circonstances de l'incendie. Les parties intéressées devraient informer les responsables légaux, de leurs intérêts. Un consentement pour faire des recherches émanant du secteur privé n'a pas valeur de convocation sauf si elle est conforme à la présente section.

11.3.5.5 Enregistrement avant examen destructif. A chaque fois que l'investigateur détermine qu'une altération significative de la scène d'incendie sera nécessaire pour achever les opérations d'investigation, cela ne devrait être réalisé qu'après notification à toutes les parties, et que ces dernières aient eu la possibilité d'y assister. Avant toute altération de la scène d'incendie, on prendra des photographies, on réalisera les enregistrements et on préservera tout indice pertinent, tout ceci avec un soin particulier. Le démontage destructif de tout équipement suspecté d'être à l'origine du feu devrait être évité lorsque c'est possible, afin de permettre ultérieurement un examen par un laboratoire de sciences légales en présence des parties.

11.3.5.6 Modification et déplacement des indices.

11.3.5.6.1 Les investigations nécessitent souvent de déplacer des indices ou de modifier la scène d'incendie. De tels déplacements ou modifications ne devraient pas, intrinsèquement, être considérés comme une destruction des preuves. On a parfois besoin de déplacer des indices matériels avant la découverte de la cause du feu. En

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

outre, on sait qu'il est parfois nécessaire de retirer de la scène d'incendie un équipement potentiellement responsable du feu, et même d'opérer certains démontages afin de déterminer si le matériel est réellement à l'origine de l'incendie, et quelles sont les parties en cause. Par exemple, le fabricant d'un appareil peut ne pas être connu jusqu'à ce qu'on examine cet appareil pour l'identifier. Ces manipulations ne devraient pas être considérées comme des destructions.

11.3.5.6.2 La protection des indices constitue un autre élément à prendre en compte. Il y a des cas, où il est nécessaire de prélever un indice intéressant de la scène d'incendie afin qu'il soit protégé des dommages ultérieurs ou du risque de vol. Les dispositions visant à protéger les indices ne devraient pas être considérées comme une destruction de ces indices.

11.3.5.7 Notification avant essai destructif. Une fois qu'un indice matériel a été enlevé d'une scène d'incendie, il devrait être conservé et ne pas être détruit ni altéré avant que les parties intéressées aient été prévenues. Tout essai ou examen destructif d'un indice matériel qui pourrait être nécessaire ne devrait être réalisé qu'après que toutes les parties connues aient été prévenues et qu'on leur ait offert l'opportunité de participer ou d'observer les essais. Cette section n'a pas pour objet de s'appliquer aux indices recueillis dans la cadre d'une investigation criminelle. A partir du moment où un indice n'est plus requis dans le cadre d'une procédure criminelle il devrait être mis à disposition dans les règles. Des conseils concernant la notification aux parties peuvent être trouvés dans la norme ASTM E 860, *Standard Practice for Examining and Testing Items That Are or May Become Involved in Litigation*, et ASTM E 1188, *Standard Practice for Collection and Preservation of Information and Physical Items by a Technical Investigator*. Des conseils concernant la conservation des indices peuvent être trouvés à la section 16.11 de ce guide. Des conseils pour l'étiquetage des indices peuvent être trouvés dans la norme ASTM E 1459, *Standard Guide for Physical Evidence Labeling and Related Documentation*.

11.4 Dispositions légales avant procès.

11.4.1 Introduction. Entre le moment où l'investigation est terminée et celui où l'affaire passe au tribunal, il peut y avoir une procédure légale au cours de laquelle des informations et des documents sont échangés entre les parties, des témoins sont entendus, et des autorisations sont demandées. Ces procédures peuvent être mises dans la catégorie « communication des pièces ». Elles visent à permettre aux parties de bâtir leurs dossiers, de prendre connaissance des indices et des faits en possession des autres parties, et d'analyser leurs dossiers en vue d'un accord éventuel le cas échéant. Ces procédures se produisent plus souvent au tribunal civil, mais peuvent également avoir lieu au tribunal pénal dans certaines juridictions. Bien que la communication des pièces soit régie par des règles juridiques, cette partie du litige n'est généralement pas traitée par un juge, à moins que les parties soient incapables de résoudre une question particulière. D'autres questions avant le procès peuvent nécessiter un juge ou un magistrat, susceptible d'anticiper des décisions de justice sur quels objets, documents, ou avis seront recevables comme élément de preuve au cours du procès.

11.4.2 Communication des pièces. La communication des pièces est un processus ayant lieu au cours des phases préliminaires dans une procédure légale où chaque partie faisant partie du litige obtient des informations, des documents, et des éléments de preuve des parties opposées ou de personnes n'appartenant à aucune des parties afin que ces éléments puissent être utilisés pour préparer le procès. La communication des pièces, qui est régie par des lois applicables à chaque juridiction, peut prendre différentes formes.

11.4.2.1 Demande de production de pièce. La demande de production de pièce est une demande écrite, adressée à une autre partie ou à un témoin, de produire certains documents. Généralement, lorsque la demande est faite auprès de quelqu'un qui n'est pas dans la cause, cette demande prend la forme d'une réquisition. La demande ou la réquisition précisent les documents ou les types de documents spécifiques à produire, et quand et où les documents doivent être produits.

11.4.2.2 Questionnement. Le questionnement correspond à des questions écrites qu'une des parties adresse à une autre partie. On doit répondre à un questionnement par écrit, sous serment, la réponse devant être signée par la partie ou son représentant.

11.4.2.3 Déposition. La déposition est un moyen pour obtenir un témoignage sous serment, au cours duquel le témoin (celui qui dépose) doit répondre à une ou plusieurs questions posées par les avocats représentant les parties. Il y a plusieurs raisons de prendre une déposition, notamment celle de découvrir quels sont les faits, opinions, ou indices connus par le témoin et que ce dernier sera susceptible de faire valoir lors du procès, d'obtenir un témoignage qui pourra être utilisé plus tard au cours du procès, ou de faire enregistrer les dires d'un témoin qui pourrait être dans l'incapacité de témoigner lors du procès. Un sténographe du tribunal (greffier), enregistre les dépositions qui seront transcrites dans la procédure de déposition. Il est également courant que les dépositions soient enregistrées par des moyens vidéo.

11.4.2.3.1 Procédure. Indépendamment des objectifs de la déposition, la procédure pour prendre une déposition est presque toujours la même. Lors d'une déposition, le témoin a obligation de jurer de dire toute la vérité sous peine de parjure. Le greffier note la prestation de serment et enregistre tout ce qui est dit par le témoin et les avocats au cours de la déposition. La méthodologie suivie pour une déposition est celle d'une question suivie d'une réponse et ainsi de suite. Un avocat pose une question au témoin qui a l'obligation de répondre, sauf si le contraire lui est demandé.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

11.4.2.3.2 Déposition pour information. Une déposition pour information est réalisée afin de découvrir les faits, les opinions ou les informations dont dispose un témoin. L'avocat qui a demandé la déposition démarre le questionnement. Souvent, mais pas toujours, après que le premier avocat a fini de poser ses questions, les avocats des autres parties peuvent aussi poser des questions. En général, la stratégie dans une déposition pour information est de découvrir tous les faits et opinions dont le témoin dispose, la teneur du dossier de ce témoin, les biais s'il y en a, et quel sera le contenu du témoignage lors du procès à venir. Plus tard, lors du procès, si le témoignage est différent ou est incohérent par rapport à la déposition, la déposition peut être utilisée pour récuser le témoin. Les dépositions pour information sont susceptibles de couvrir une large gamme de sujets, dont les antécédents du témoin, sa formation, son expérience, ses qualifications, et sur quels fondements le témoin formule un avis d'expert. Dans de telles situations, un investigateur incendie doit exposer ses avis de façon claire et compréhensible. La difficulté qui se pose pour présenter un avis dans ce contexte est que l'investigateur doit évoquer des faits et des opinions en réponse aux questions posées par un avocat qui peut représenter une partie adverse dans une procédure sur laquelle l'investigateur a peu de contrôle. Par conséquent, l'investigateur devrait comprendre de quelle façon sa déposition pourrait être utilisée dans le futur, et l'importance de créer un enregistrement qui établit clairement l'opinion de l'investigateur et les bases valables qui étayent cette opinion.

11.4.2.3.3 Déposition au tribunal. Une déposition au tribunal est généralement réalisée pour enregistrer le témoignage d'une personne qui serait dans l'incapacité de se déplacer au moment du procès. A la différence de la déposition pour information, la déposition au tribunal est menée par l'avocat de la partie qui souhaite faire valoir le témoignage au cours du procès, à charge ou à décharge. Au lieu de prendre une déposition afin de prendre connaissance de faits et d'hypothèses, la stratégie dans une déposition au tribunal est de questionner l'investigateur sur ses références, et d'établir les bases sur lesquelles l'investigateur se fonde pour formuler ses hypothèses.

11.4.2.4 Rapports. Le code de procédures civiles au niveau fédéral et certaines cours d'appel peuvent demander à ce que les experts qui auront à témoigner au procès en tant que témoin, rédigent des rapports, qui constituent la base pour l'examen contradictoire au cours de leur déposition. Ces rapports contiennent les informations suivantes :

(1) La liste de ce qui a été examiné, et des investigations menées ;

(2) La liste des avis que l'expert compte exprimer au procès ;

(3) Les arguments qui étayent ces avis ;

(4) La liste des publications rédigées par l'expert dans les dix dernières années ;

(5) La liste des témoignages effectués au cours de procès ou de dépositions dans les quatre dernières années ;

(6) La rémunération que le témoin reçoit en échange de son travail ;

11.4.3 Motions. Une motion est une demande adressée au tribunal. Les faits, les documents et les indices matériels qui sont mis en évidence au cours de la phase de communication des pièces constituent la base des motions qui viseront à exclure certains indices ou certains témoignages, ou à limiter la portée ou à exclure du procès les dépositions de certains individus. Ces motions peuvent revendiquer que les droits constitutionnels ont été violés, ou que les preuves ont été obtenues illégalement, ou que les dépositions d'experts ne sont pas pertinentes ou pas fiables. Il peut être demandé à l'investigateur de faire une déclaration sous serment ou une déposition concernant la motion.

11.5 Procès.

Lorsque les parties sont dans l'impossibilité de résoudre le litige à travers une condamnation dans un cas criminel ou un règlement hors cour lors de poursuites au civil, l'affaire passe alors au procès. Un procès est présidé par un juge, qui établit les faits ; cependant, dans beaucoup de procès concernant des incendies, ce sont les jurés qui établissent les faits. Le juge éclaire les jurés sur les lois applicables, et tranche sur la recevabilité des preuves au regard de la loi.

11.5.1* Règles relatives aux indices et preuves.

11.5.1.1 Ces règles régissent la recevabilité des preuves aux procès. L'objectif des règles sur les indices et preuves est de s'assurer que les preuves proposées sont fiables. Lors de chaque investigation incendie l'objectif est, en principe, de fournir des documents, des prélèvements, des dires, des informations, des données et des conclusions qui soient fiables. Il n'est pas nécessaire que chaque investigateur incendie devienne un expert des règles sur les indices et preuves. Si les pratiques et les procédures recommandées dans ce guide sont suivies, les résultats issus des investigations seront recevables sur le plan juridique.

11.5.1.2 Les exigences portant sur les indices et les preuves, les normes et les règles varient largement d'une juridiction à l'autre. Pour cette raison, il faudrait consulter les règles applicables dans chaque état, territoire, province ou au niveau international. Dans ce guide, les règles fédérales des États-Unis, applicables sur les indices et les preuves, servent de base pour la présentation des critères généraux de pertinence et d'identification. Les règles fédérales sur les indices et les preuves ont pris effet le 2 janvier 1975, et ont été amendées plusieurs fois depuis. L'amendement le plus récent date du 28 janvier 2002. Les règles fédérales s'appliquent pour toutes les affaires d'ordre civil ou criminel dans toutes les cours d'appel des États-Unis, les tribunaux d'instance et les tribunaux administratifs ; elles priment sur l'avis des magistrats. Il est reconnu

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

que les règles fédérales ont principalement codifié les règles bien établies sur les indices et les preuves, et de nombreux états les ont adoptées en totalité ou en partie.

11.5.2 Types d'indices. Il existe principalement trois types d'indices, qui tous ont, d'une certaine façon, un lien avec les investigations incendie. Il s'agit des « indices à caractère démonstratif », « des indices documentaires » et « des indices de type déposition ». Ils sont décrits en détails dans les sections 11.5.2.1, 11.5.2.2, et 11.5.2.3.

11.5.2.1 Indices à caractère démonstratif. Ces indices sont constitués d'éléments tangibles qui doivent être distingués des dépositions que pourraient faire les témoins à propos des mêmes éléments. Il s'agit d'indices à partir desquels chacun peut faire sa propre analyse en observant, touchant, reniflant, ou en écoutant l'indice. Les indices à caractère démonstratif devraient être authentifiés. Un indice matériel peut être authentifié d'une ou deux manières ; l'identification faite par un témoin (c'est-à-dire une attestation indiquant la reconnaissance de la chose), ou en établissant la traçabilité de la garde (la chaîne de la garde de l'indice ne doit pas être interrompue entre le prélèvement sur site et la présentation de l'indice).

11.5.2.1.1 Photographies/Représentations de l'indice. Parmi les indices démonstratifs de type illustration fréquemment utilisés, on trouve les cartes, les esquisses, les schémas et les modèles. Ils sont généralement admis sous réserve que le témoin atteste que l'illustration constitue une représentation relativement précise de ce qu'il s'efforce de décrire. Les photographies et les vidéos sont considérées comme des illustrations de dépositions orales ; elles deviennent recevables à partir du moment où un témoin atteste que ces enregistrements constituent des représentations correctes et précises des faits qu'il a observés. Le témoin n'a pas besoin d'être le photographe, mais il faudrait qu'il soit au courant des faits représentés ou de la scène ou des objets photographiés. Une fois que le témoin a démontré qu'il avait connaissance des faits, il peut dire si une photographie représente correctement et précisément ces faits.

11.5.2.1.2 Prélèvements. La traçabilité est particulièrement importante concernant les prélèvements. Pour assurer la recevabilité d'un prélèvement, il faudrait établir que la chaîne de garde du prélèvement n'a pas été rompue.

11.5.2.2 Indices documentaires. Tout indice se présentant sous une forme écrite est un indice documentaire. Il s'agit notamment de documents commerciaux tels que les bons de livraison, les inventaires, les factures, et les documents bancaires tels que relevés de comptes ou bordereaux de dépôt, les polices d'assurance, les documents personnels tels que les agendas, les calendriers, ou les relevés de téléphone, les enregistrements du département incendie tels que le rapport de l'investigateur incendie, ses notes, le rapport d'accident, et les comptes-rendus écrits des témoignages, ou tout rapport émanant des forces de l'ordre, y compris les rapports d'investigation, les rapports opérationnels des officiers de police, ou les notes d'affectation de la police ou des pompiers, les enregistrements relatifs aux véhicules, et les transcriptions écrites d'enregistrements audio ou vidéo. Toute information relative à un incendie ou à une explosion, sous une forme écrite est à considérer comme un indice documentaire. Les indices documentaires sont généralement admis s'ils font partie des documents commerciaux usuels. Tout dire d'un témoin devrait être daté, signé par celui-ci et si possible réalisé en présence d'une tierce partie. Il est important de noter le nom (en entier), l'adresse, et le numéro de téléphone du témoin. Toute information supplémentaire (par exemple date de naissance, numéro de sécurité sociale et numéro du permis de conduire) peut se révéler utile ultérieurement au cas où on rencontrerait des difficultés à localiser le témoin. Des dires écrits en main propre par le témoin peuvent être exigés dans certaines juridictions.

11.5.2.3 Indices de type déposition. La déposition est faite par le témoin en personne, s'exprimant sous serment. Il est souvent demandé aux investigateurs de venir déposer concernant la nature, la portée, le déroulement et le résultat de leurs investigations. Il incombe à tous les témoins de répondre honnêtement et de manière exhaustive à toutes les questions. Deux catégories de témoins peuvent déposer au cours d'une procédure légale ; « les témoins de faits » et « les experts ».

11.5.2.3.1 Témoignages relatifs à des faits. Le témoin d'un fait est une personne dont le témoignage ne repose pas sur des connaissances scientifiques, techniques ou spécialisées. Le témoin d'un fait est par exemple le voisin qui a découvert le feu et qui va déposer sur ce qu'il a observé. Un investigateur sera souvent appelé à faire une déposition sur les faits avant que n'interviennent la cour, l'administration, et les représentants de la loi. En plus de cette déposition sur les faits, il peut être demandé à l'investigateur de donner ses conclusions ou ses hypothèses concernant l'incendie, en tant qu'expert. Les témoins de faits sont autorisés à donner une opinion dans certaines circonstances. Ces circonstances sont explicitées dans le règlement fédéral sur les indices et preuves, Règle 701, ou par le règlement au niveau de chaque état.

11.5.2.3.2 Témoignages d'expert. Un expert est généralement défini comme une personne qui possède des compétences, des connaissances ou une expérience dans un domaine donné lui permettant de faire des déductions, de tirer des conclusions ou de formuler une opinion, ce qu'un individu ordinaire serait incapable de

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

faire. Le témoignage de l'expert devrait aider le juge ou le jury à comprendre les faits en question et ainsi les aider dans la recherche de la vérité.

(A) Avant de faire une déposition donnant un avis sur le lieu d'origine et la cause du feu, l'investigateur incendie doit être reconnu par la cour en tant qu'expert. La meilleure garantie sur la valeur des avis ou des conclusions d'un investigateur faisant une déposition en tant qu'expert, repose sur la cohérence avec laquelle l'investigateur expose et souligne les différents faits et leurs liens de causalité. Les indices sur lesquels se fondent tout avis ou toute conclusion devraient être pertinents et fiables et, par conséquent, recevables. La réalisation des investigations de manière appropriée permettra de satisfaire les critères de fiabilité et de crédibilité. La recevabilité des témoignages d'experts est décrite dans les règles 702, 703, 704, et 705 du règlement fédéral des indices et preuves pour les cours fédérales, ou dans le règlement de la juridiction dont dépend le cas examiné. La règle 702 est présentée dans la section 11.5.2.3.2(B).

(B) Si des connaissances scientifiques, techniques ou tout autre savoir spécifique peuvent permettre d'aider à interpréter un indice ou à résoudre une question, un témoin qualifié en tant qu'expert par ses connaissances, ses compétences, son expérience, et sa formation, peut faire une déposition sous la forme d'un avis à condition que (1) le témoignage soit basé sur des faits et des données suffisantes, (2) le témoignage s'appuie sur des principes et des méthodes fiables, et (3) le témoin applique correctement les principes et les méthodes aux faits de l'affaire concernée.

11.5.2.3.3 Recevabilité d'un témoignage d'expert. Pour que le témoignage d'un expert soit recevable comme élément de preuve dans une procédure légale, la cour doit statuer que le témoignage est pertinent, que le témoin est qualifié, et que le témoignage est fiable.

11.5.2.3.4 Pertinence. Le tribunal considérera qu'un témoignage d'expert est pertinent si des connaissances scientifiques, techniques ou tout autre savoir spécifique sont susceptibles d'aider la cour ou le jury à interpréter les indices ou à conclure à partir des faits dans l'affaire concernée. Par exemple, dans une affaire où la problématique concerne l'origine et la cause de l'incendie, le témoignage d'un expert incendie sera jugé pertinent pour aider le tribunal à comprendre les différentes questions relatives à l'origine et à la cause de l'incendie dans l'affaire concernée.

11.5.2.3.5 Qualifications de l'expert. Le tribunal décide si un témoin qui s'apprête à déposer en tant qu'expert possède les qualifications nécessaires pour formuler un avis. Typiquement, le tribunal examine la formation, l'expérience, et les compétences de l'expert.

11.5.2.3.6 Fiabilité des avis. Si le tribunal décide que le témoignage est pertinent et que l'expert possède les qualifications nécessaires pour émettre un avis, il reste une troisième exigence à satisfaire pour que l'avis puisse être admis comme élément de preuve. Le tribunal doit considérer que l'avis de l'expert est fiable.

(A) L'analyse de la fiabilité d'un avis d'expert est souvent appelée l'examen « Daubert », à partir de la décision de la Cour Suprême des États-Unis dans l'affaire *Daubert v. Merrell Dow* (509 U.S. 579, 113 S.Ct. 2786). Les dispositions arrêtées dans le cas *Daubert* s'appliquent dans les cours fédérales et dans les tribunaux des états qui ont reconnu les règles établies après cette affaire. Tous les tribunaux ne suivent pas les règles *Daubert* au niveau des états.

(B) Dans l'affaire *Daubert* la Cour Suprême a établi des principes sur lesquels une cour peut s'appuyer pour déterminer si l'avis d'un expert est suffisamment fiable pour être recevable. Des décisions ultérieures de la Cour Suprême ont précisé que l'examen de la fiabilité pouvait être adapté et que la liste complète des principes ne s'appliquait ni nécessairement ni exclusivement à tous les experts et dans tous les cas. Ces principes sont les suivants :

(1) Qu'une théorie ou une technique puisse (et ait été) testée ;

(2) Qu'une théorie ou une technique ait été soumise à une analyse par les pairs et ait été publiée (bien que l'absence de publication, ne soit pas une condition éliminatoire) ;

(3) Le degré d'erreur connu ou l'estimation de l'erreur associée à toute technique scientifique spécifique, l'existence de normes encadrant la mise en œuvre de la technique, et la révision régulière de ces normes ;

(4) Qu'une « évaluation de la fiabilité » ne nécessite pas, bien que cela soit autorisé, l'identification d'une communauté scientifique pertinente et l'acceptation par cette communauté de la théorie ou de la technique.

(C) Il est important de noter que la Cour Suprême des États-Unis a arrêté que les principes *Daubert* utilisés pour évaluer la fiabilité ne s'appliquent pas seulement aux dépositions scientifiques mais aussi aux dépositions reposant sur des connaissances techniques ou sur un savoir spécifique. L'enquête de la cour sur la fiabilité du témoignage d'expert peut aller jusqu'à l'évaluation de la méthodologie à partir de laquelle l'avis technique est bâti. La méthodologie sera validée en démontrant que des techniques d'investigation reconnues ont été mises en œuvre et que la méthodologie et le raisonnement ont été appliqués de façon correcte à l'affaire dont il est question. Le témoin potentiel peut utiliser ce guide, tout autant que d'autres documents, pour montrer que la méthodologie utilisée pour formuler l'avis, est fiable.

11.5.3 Types d'interrogatoires. L'audition d'un témoin est effectuée selon l'une des deux procédures suivantes ; l'interrogatoire direct ou l'interrogatoire contradictoire.

11.5.3.1 Interrogatoire direct. L'interrogatoire direct correspond à la première audition d'un témoin dans un procès ou dans une procédure légale. Il est mené par l'avocat de la partie qui a cité le témoin.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

11.5.3.2 Interrogatoire contradictoire. Au cours d'un interrogatoire contradictoire, dans un procès ou dans une procédure légale, le témoin est interrogé par la partie adverse. L'objectif de l'interrogatoire contradictoire est de développer davantage le témoignage réalisé au cours de l'interrogatoire direct, et de tester la véracité ou de récuser la déposition du témoin.

11.5.4 Formalisation des témoignages. Un témoignage peut être réalisé oralement comme par écrit. Qu'il soit écrit ou oral, le témoignage est toujours fait sous prestation de serment.

11.5.4.1 Déclaration sous serment. Une déclaration sous serment correspond à un dire écrit relatant des faits ou faisant état d'une opinion, rédigé volontairement par un témoin et signé par lui, sous prestation de serment.

11.5.4.2 Réponses aux questions. Les questions sont des demandes formulées par écrit auxquelles doivent répondre les témoins cités par les parties ou tout autre personne disposant d'informations susceptibles d'intéresser l'une ou l'autre partie au cours d'une procédure légale. Les réponses doivent être signées avec prestation de serment.

11.5.4.3 Dépositions et témoignages au cours d'un procès. Il s'agit de déclarations orales faites par un témoin sous serment lors d'une déposition ou au procès.

11.5.5 Charge de la preuve. La charge de la preuve pour les affaires traitées au civil diffère de celle des affaires criminelles. Dans une affaire criminelle, s'agissant des libertés civiles du prévenu, le procureur doit prouver la culpabilité de ce dernier au-delà du doute raisonnable. Les affaires civiles concernent typiquement des litiges liés à de l'argent. Dans la plupart des affaires traitées au civil, le plaignant doit prouver la légitimité de sa réclamation par une prépondérance d'indices, ce qui signifie, « plus probable que ». Dans certaines juridictions, et pour certains types de procès civils (par ex. ceux concernant une plainte pour fraude) la preuve doit être « claire et convaincante ». Cela signifie que ceux qui ont à juger des faits, doivent avoir été convaincus par les indices, de la probabilité très forte que la plainte soit légitime ou que les arguments de la défense soient véridiques. Le caractère clair et convaincant constitue une charge de preuve plus lourde que la prépondérance des indices mais plus faible qu'au delà du doute raisonnable.

11.5.6 Poursuite pour crime. Bien que certains crimes en liaison avec l'incendie soient communs à toutes les juridictions (par ex. l'incendie volontaire), l'étendue complète des charges criminelles envisageables varie avec les juridictions, leurs ressources, leur histoire, leurs intérêts et leurs préoccupations.

11.5.6.1 Incendie volontaire.

11.5.6.1.1 L'incendie volontaire est le crime en relation avec le feu, le plus couramment reconnu.

11.5.6.1.2 Incendie volontaire. Le *Black's Law Dictionary* définit l'incendie volontaire comme étant, selon les lois coutumières, la mise à feu malveillante de la maison d'autrui. Cette définition a cependant été élargie par les statuts des états et par le code de procédures criminelles. Par exemple, le *Model Penal Code*, Section 220.1(1), prévoit qu'une personne est coupable pour incendie volontaire, un crime du second degré, si elle a allumé un feu ou causé une explosion avec l'intention de ; (a) détruire un bâtiment ou une structure occupée par autrui ; ou (b) détruire ou endommager un bien, qu'il lui appartienne ou appartienne à autrui, afin de toucher les indemnités d'assurance correspondant à la perte du bien. Dans plusieurs états, ce crime se décompose en incendie volontaire du premier, du second, et du troisième degré : le premier degré couvre la mise à feu d'une habitation occupée, au cours de la nuit ; le second degré couvre la mise à feu (au cours de la nuit) d'un bâtiment autre qu'une habitation, mais situé de telle manière à menacer une habitation ; le troisième degré couvre la mise à feu de n'importe quel bâtiment ou structure ne correspondant pas aux cas des premiers et seconds degrés, ou la mise à feu d'un bien propre ou appartenant à autrui, avec l'intention de frauder ou de causer un préjudice à l'assureur du bien.

11.5.6.2 Statut de l'incendie volontaire. Il conviendrait de rechercher et d'étudier soigneusement les lois de chaque juridiction concernant les exigences, la charge de la preuve et les peines encourues pour un crime d'incendie volontaire. L'incendie volontaire, tout du moins pour les premiers et seconds degrés (pour un cas ainsi classé), est considéré comme un crime. Pour un tel crime, il faut apporter la preuve que la personne a intentionnellement causé des dommages à un bien en initiant ou en entretenant un feu ou en causant une explosion. L'incendie volontaire du troisième degré (pour un cas ainsi classé) ne nécessite généralement que la reconnaissance d'un comportement imprudent ayant entraîné des dommages à un bien, et est souvent considéré comme un délit.

11.5.6.3 Paramètres à prendre en compte. Lorsque l'on envisage la possibilité d'un acte criminel d'incendie volontaire, les questions suivantes sont pertinentes dans la plupart des investigations :

(1) Le démarrage du feu ou son maintien, ou la cause de l'explosion, sont-ils intentionnels ?

(2) Une autre personne était-elle présente dans ou sur la propriété ?

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

(3) A qui appartient la propriété ?

(4) Si le bien concerné est un bâtiment, de quel type de bâtiment s'agit-il et quelle type d'activité est concerné par l'incendie ?

(5) Le responsable a-t-il agit par négligence, bien que conscient des risques ?

(6) Y-a- t-il eu présence de flammes ?

(7) Les dommages aux biens ou les atteintes aux personnes ont-ils été causés par un incendie ou par une explosion ?

11.5.6.4 Autres délits en relation avec le feu.

11.5.6.4.1 Les bases relatives aux poursuites judiciaires en relation avec le feu varient énormément d'une juridiction à l'autre. Il est impossible de lister tous les délits possibles. La liste suivante d'exemples d'actes susceptibles de donner lieu à des poursuites judiciaires n'est pas exhaustive, elle a simplement pour objectif d'alerter l'investigateur sur les différentes possibilités en terme de poursuites dans une juridiction donnée ; fraude à l'assurance ; feux laissés sans surveillance, feux non contrôlés, propagation de feux, brûlage sans autorisation, départ de feu par imprudence, opérations de brûlage réalisées avec négligence, mise en danger par imprudence, tort causé à autrui ; menaces d'incendie ou d'explosion, absence d'alerte en présence d'un incendie, absence d'alerte en présence d'un feu couvant, sabotage des matériels, équipements ou de la signalisation utilisés pour la détection, la prévention ou l'extinction d'un feu, non assistance pour éteindre ou maîtriser un feu, vente ou installation de matériels de détection ou d'extinction du feu, illégaux ou inopérants, et mise en œuvre de certains équipements ou installations sans dispositifs de sécurité appropriés, en l'absence d'extincteurs ou de toute autre précaution de nature à éviter l'éclosion d'un feu. Des sanctions sont presque toujours appliquées pour non obéissance aux consignes émanant des responsables des services incendie ou d'autres services publics, et qui ont été mises en place afin d'assurer la prévention et la maîtrise du feu et la sécurité des personnes.

11.5.6.4.2 Les industries ou activités réputées à risques au sein de chaque juridiction ont souvent conduit à la promulgation de dispositions particulières et détaillées en matière de poursuite judiciaire. Par exemple, il existe des lois faisant explicitement référence aux feux dans les mines de charbon, les bois, les prairies, les forêts et les parcs. Des dispositions particulières existent également en fonction du type d'activité ou de l'utilisation d'un bâtiment (comme les institutions pénitentiaires ou les centres de correction, les hôpitaux, les maisons de retraite, les jardins d'enfants ou les écoles). Le transport de matières dangereuses ou explosives est réglementé dans presque toutes les juridictions.

11.5.6.5 Loi sur la déclaration des incendies volontaires. De nombreuses juridictions ont promulgué des lois rendant obligatoire la communication aux services publics des informations concernant la suspicion d'incendies criminels. La loi sur la déclaration des incendies volontaires, couramment désignée « *arson immunity acts* » (loi d'exemption pour l'incendie volontaire) prévoit qu'une compagnie d'assurance devrait, sur demande écrite d'un représentant désigné des services publics ou des autorités, communiquer les informations et les documents demandés concernant n'importe quel sinistre ou sinistre potentiel dû à un feu d'origine « suspecte » ou volontaire. L'information est confidentielle jusqu'à ce que son utilisation soit nécessaire dans une procédure civile ou criminelle. La compagnie d'assurance a l'immunité par rapport à sa responsabilité civile ou d'éventuelles poursuites judiciaires du fait de la divulgation d'information, normalement passible de poursuites aux yeux de la loi. Le nombre de juridictions qui ont une loi sur la déclaration des incendies volontaires augmente, et on peut s'attendre à ce que ce nombre augmente encore. Comme cette loi est promulguée au niveau de la juridiction, elle peut différer assez largement d'une juridiction à l'autre, à la fois sur les exigences et sur les sanctions. Chaque loi impose des sanctions pour ceux qui ne s'y conforment pas. Afin d'éviter des poursuites judiciaires, les compagnies d'assurances et les investigateurs qui travaillent pour elles devraient avoir connaissance de toute loi applicable sur la déclaration des incendies volontaires. Chacun devrait être attentif aux variantes, présentées dans les sections 11.5.6.5(A) à 11.5.6.5(E), qui sont couramment rencontrées.

(A) Certaines juridictions exigent que non seulement les compagnies d'assurance respectent cette loi, mais également leurs employés, leurs agents, leurs investigateurs, leurs assurés et leurs avocats.

(B) En plus de répondre à une demande écrite particulière d'information ou de documents, certaines juridictions ont arrêté que les compagnies d'assurance pouvaient informer les autorités de toute suspicion d'incendie « d'origine douteuse ». D'autres juridictions ont arrêté que les compagnies d'assurance devaient informer les autorités de toute suspicion d'incendie « d'origine douteuse ». Notons que le terme *origine douteuse*, comme il est employé dans cette section, se rapporte au vocabulaire réellement utilisé dans les lois sur la déclaration de l'incendie volontaire. Ce guide ne reconnaît

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

pas une simple suspicion comme un niveau de preuve acceptable et suffisamment précis pour la détermination de l'origine ou de la cause d'un incendie, de même il ne reconnaît pas « l'origine douteuse » comme une description acceptable et suffisamment précise de la cause ou de l'origine d'un sinistre. Ce guide ne recommande pas l'usage de ce terme.

(C) En plus d'exiger la fourniture d'éléments d'information et de documentation spécifiquement identifiés, certaines juridictions demandent la fourniture de l'ensemble des informations et des documents.

(D) Bien que certaines juridictions garantissent une confidentialité absolue sur les informations et les documents fournis, faisant dépendre leur utilisation à une éventuelle procédure civile ou criminelle, d'autres juridictions autorisent leur communication à d'autres services publics susceptibles d'êtres intéressés.

(E) Dans de nombreuses juridictions, l'immunité vis à vis de la responsabilité civile et d'une éventuelle poursuite judiciaire, n'est pas applicable au cas où l'information aurait été diffusée de façon malveillante ou en faisant preuve de mauvaise foi.

11.5.7 Procès au tribunal civil. De nombreux cas d'incendies sont traités au tribunal civil. Ces procès concernent typiquement des demandes d'indemnités pour décès, blessures, dommages aux biens, ou pertes financières du fait d'un incendie ou d'une explosion. La majorité des procès au civil sont fondés sur une allégation de négligence. Un nombre significatif de procès au civil sont basés sur le principe légal de responsabilité ou de non respect des codes et des normes applicables.

11.5.7.1 Négligence.

11.5.7.1.1 La négligence s'applique à des situations au cours desquelles une personne ne s'est pas conduite de façon raisonnablement prudente. La responsabilité pour négligence nécessite plus qu'une attitude. Les conditions à réunir pour que soit retenue la responsabilité légale de négligence peuvent être énumérées ci-après ;

(1) Devoir ; nécessitant qu'une personne se conforme à un comportement standard pour la protection des autres contre un risque excessif ;

(2) Défaillance ; échec de conformité à une norme ;

(3) Cause ; connexion causale raisonnable entre le comportement d'une personne et les blessures subies par une autre personne (généralement appelée « cause légale ») ;

(4) Perte ; perte ou dommages subis par un tiers

11.5.7.1.2 Exemple de négligences. Le directeur d'une maison de retraite a le *devoir* de faire installer des détecteurs de fumée pour la protection des pensionnaires. Un directeur de maison de retraite raisonnablement prudent aurait fait installer des détecteurs de fumée. Le directeur de la maison de retraite s'est montré *défaillant* à installer des détecteurs de fumée. Un feu a démarré dans un local d'entreposage. Du fait de l'absence de détecteurs de fumée, le personnel et les pensionnaires ne furent pas alertés de l'incendie suffisamment tôt pour que tous les pensionnaires puissent être mis en sécurité, et un pensionnaire qui aurait pu être sauvé autrement décéda à cause du feu. Le décès de cette personne fut *causé* par la défaillance à installer des détecteurs de fumée. Ce décès constitue *une perte* ou *un dommage* subi par le pensionnaire décédé et sa famille. A partir du moment les quatre conditions sont établies, une condamnation en responsabilité pour négligence peut être infligée.

11.5.7.2 Codes, réglementation, et normes. Les nombreux codes, réglementations, et normes évoluent au fil des années afin de protéger les vies et les biens des effets de l'incendie. Le non respect de ces codes, réglementations, règles, exigences ou normes peut donner lieu à responsabilité civile dans le cas d'incendies ou d'explosions. En outre, de nombreuses juridictions ont traduit en droit que ces non respects pouvaient permettre d'établir la négligence ou d'envisager une présomption de négligence. De par la loi, la violation du code de procédures pénales ou criminelles peut aussi donner droit à la partie qui a subi le préjudice à un montant de dommages multiplié par deux ou par trois.

11.5.7.3 Responsabilité du fournisseur. La responsabilité fournisseur concerne la responsabilité légale qu'ont les fabricants et les vendeurs de dédommager les acheteurs, les utilisateurs, et même les spectateurs en compensation de préjudices ou de blessures subis du fait des produits achetés. Les fabricants sont responsables si leur produit a un défaut qui le rend excessivement dangereux (non sécuritaire) pour l'utilisateur ou le consommateur. Bien que la responsabilité ultime pour blessures ou dommages doive être assumée la plupart du temps par le fabricant, la responsabilité peut aussi incomber à un commerçant, parfois à un grossiste ou à un intermédiaire, à un dépositaire ou à un bailleur, et plus rarement à une partie totalement en dehors des processus de fabrication et de distribution, comme un certificateur. Cette responsabilité ultime peut être imposée au fabricant par un recours direct du plaignant contre lui, ou au moyen d'un dépôt de plainte à des fins d'indemnisation ou de compensation contre des tiers qui pourraient être tenus pour responsables des préjudices causés par le produit défectueux.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

11.5.7.4 Responsabilité inconditionnelle.

11.5.7.4.1 Les tribunaux appliquent le concept de responsabilité inconditionnelle dans les cas relatifs à la responsabilité fournisseur où le vendeur est responsable de produits tous défectueux et dangereux et qui ont anormalement menacé la sécurité des consommateurs. Ce concept s'applique à toutes les personnes impliquées dans la fabrication et la vente du produit. Le concept de responsabilité inconditionnelle se fonde sur le principe qu'un fabricant qui présente à la vente un produit ou une marchandise déclare que le produit ou la marchandise convient pour l'utilisation revendiquée. Pour faire appliquer la responsabilité inconditionnelle, il est essentiel de prouver que le produit était défectueux quand il a été mis sur le marché, et qu'il était par conséquent excessivement dangereux.

11.5.7.4.2 On reconnaît les différents types de défaillance suivants ; défaut de conception, défaut de fabrication, défaut d'étiquetage, et non respect des normes, codes, règles ou réglementations applicables. Les trois types de défaillance les plus souvent rencontrés sont décrits dans les sections 11.5.7.4.2(A) à 11.5.7.4.2(C).

(A) Défaut de conception. Le produit est par conception défectueux, ce qui le rend excessivement dangereux.

(B) Défaut de fabrication. La conception du produit peut être correcte, cependant un défaut ou une erreur au cours de la fabrication ou de l'assemblage ont rendu le produit dangereux.

(C) Défaut d'étiquetage. Le consommateur n'a pas été correctement informé sur la façon d'utiliser le produit en toute sécurité ; il n'a pas été non plus averti des dangers inhérents au produit, ou des conséquences de l'utilisation ou de l'usage incorrect mais raisonnablement prévisible du produit. La responsabilité inconditionnelle s'applique, même si le vendeur a pris toutes les précautions possibles pour la préparation et la vente du produit. Il n'est pas nécessaire d'établir qu'il y a eu négligence.

Chapitre 12 Sécurité

12.1* Généralités.

Les scènes d'incendie sont, par nature, des endroits dangereux. Les investigateurs incendie ont une responsabilité vis-à-vis d'eux-mêmes et par rapport aux autres ; autres investigateurs, techniciens, ouvriers, propriétaires des sites sinistrés qui pourraient se trouver en danger sur la scène d'incendie, au cours des investigations. Ce chapitre se propose de fournir aux investigateurs quelques recommandations basiques concernant différentes questions relatives à la sécurité, y compris les équipements de protection individuelle (EPI). Il faudrait garder en mémoire, toutefois, que les investigateurs devraient connaître et suivre les exigences des lois relatives à la sécurité (OSHA, au niveau fédéral ou de l'État) ou les politiques et les procédures établies par leurs agences, entreprises ou organismes. En outre, une trousse de premiers soins devrait être présente sur toutes les scènes d'incendie et l'adresse de l'hôpital le plus proche devrait avoir été identifiée avant de démarrer l'examen de toute scène d'incendie.

12.1.1* Statistiques globaux sur les blessures et la santé.

Après un sinistre incendie, l'atmosphère à laquelle sont soumis par les investigateurs incendie et explosion, dans le cours normal de leurs activités, varie rapidement avec le temps, est susceptible de présenter de multiples risques pour les voies respiratoires et de porter atteinte à leur santé (seuil IDLH ; Immediately Dangerous to Life and Health). L'inhalation de poussières nocives, de gaz toxiques, et de vapeurs constitue un risque courant sur les scènes d'incendie et d'explosion pour les investigateurs qui arrivent sur site et débutent leurs investigations après la fin des opérations d'extinction et de déblai.

12.1.1.1* De nombreux chercheurs ont analysé dans quelle mesure les pompiers sont exposés à des substances dangereuses au cours des opérations d'extinction. Ces études constituent la base sur laquelle des normes qui protègent mieux les investigateurs peuvent être développées et abordent les questions relatives aux effets sur la santé à court et à long terme.

12.1.1.2 Bien que limitées, certaines recherches ont tenté de quantifier les risques présents au cours des investigations incendie. Le « National Institute for Occupational Safety and Health » (NIOSH) en collaboration avec le « Bureau of Acohol, Tobacco, Firearms and Explosives » (ATF) ont reconnu les risques présentés par les opérations de déblais réalisées

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

par les investigateurs incendie lors de l'examen des débris dans un rapport datant de 1998 sur l'évaluation des risques pour la santé, et ont publié en 2007 les résultats d'une étude portant sur la contamination des vêtements portés sur les scènes d'incendie.

12.1.1.2.1 L'étude réalisée en 1998 quantifiait les composés présents sur une scène d'incendie après l'extinction. Bien que présents en faible concentration, les composés détectés comprennent des poussières, des hydrocarbures aliphatiques, de l'acétone, de l'acide acétique, de l'acétate d'éthyle, de l'isopropanol, du styrène, du benzène, du toluène, du xylène, du furfural, du phénol et du naphtalène. Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) cancérigènes incluent le benzo(a)anthracène, le benzo(b) fluoranthène et le benzo(a)pyrène. Alors que les composés précédents ont été mis en évidence à des concentrations inférieures aux limites d'exposition recommandées par le NIOSH, on a mesuré une concentration en formaldéhyde presque deux fois supérieure à son seuil de 0,1 ppm.

12.1.1.2.2 L'étude réalisée en 2007 quantifiait les risques présentés pour les investigateurs et leur famille du fait de la contamination de leurs vêtements pendant les investigations sur site. Les chercheurs ont mis en évidence la possibilité d'une contamination des vêtements propres avec les vêtements de travail souillés. Sur la base des conclusions du rapport, les chercheurs ont recommandé que des vêtements de protection soient portés au cours des investigations sur site après incendie, et pour réduire les risques de ramener des agents contaminants à la maison, les investigateurs devraient utiliser des combinaisons jetables ou faire nettoyer leurs vêtements de travail auprès d'une laverie industrielle.

12.1.2 Plans santé et sécurité. Les employeurs des secteurs publics et privés sont responsables de la mise à disposition d'un lieu de travail « sûr » et de la protection de leurs employés contre les risques connus, selon les exigences de la loi de 1970 de l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) *(Ndt ; équivalent du code du travail).* Les investigateurs et leurs employeurs doivent se conformer à toutes les lois, normes, et pratiques de l'OSHA, applicables aux tâches et activités réalisées sur leur lieu de travail, qui se trouve être le plus souvent une scène d'incendie ou d'explosion. La clé pour satisfaire les exigences des lois OSHA et la base d'une organisation en matière de procédures opérationnelles, de politique et de plan de formation des salariés est de disposer d'un manuel exhaustif sur la sécurité et la santé au travail.

12.1.2.1 L'OSHA a identifié cinq points critiques, qui de manière récurrente aident les organisations à réduire la fréquence des blessures, maladies et décès professionnels et qui sont nécessaires pour développer et mettre en place un véritable plan de sécurité et de santé au travail pour les investigateurs incendie.

12.1.2.1.1 Responsabilité de l'employeur et contribution des employés. Les organisations doivent posséder une déclaration écrite clairement exprimée, portant sur la politique en matière de sécurité et de santé au travail, destinée à être comprise par l'ensemble du personnel. Il est essentiel que chacun comprenne les priorités en matière de sécurité et de protection de la santé en lien avec les autres valeurs de l'organisation.

12.1.2.1.2 Évaluation des dangers et des risques. L'identification des dangers potentiels sur une scène d'incendie ou d'explosion nécessite un examen et une analyse sérieuse et suivie des processus, des pratiques, des procédures, des équipements, et des conditions de travail. L'identification des dangers permet non seulement de déterminer le niveau requis pour les vêtements et équipements de protection individuelle (EPI) pour protéger efficacement les investigateurs, mais peut servir également à identifier les besoins en formation et en communication.

12.1.2.1.3 Prévention et maîtrise des risques. La prévention et la maîtrise des risques sont basées sur le fait qu'un danger potentiel est toujours présent sur chaque scène d'incendie. On élimine les dangers ou on les gère par la mise en place de procédures de sécurité et de travail qui mettent l'accent sur les contrôles et les EPI. Ce processus comprend l'identification, l'évaluation, la prévention, et le contrôle systématique des risques courants sur les scènes d'incendie et également des risques moins prévisibles qui pourraient survenir au cours des opérations sur site.

12.1.2.1.4 Formation et information sur la santé et la sécurité. Un programme de formation et de communication efficace concerne les responsabilités en matière de sécurité et de santé de tout le personnel d'une organisation, y compris celles de la hiérarchie. Les organismes devraient envisager d'intégrer certains aspects relatifs à la formation et à la communication sur la santé et la sécurité dans toutes les sessions de formation et de communication sur les aspects organisationnels afin de souligner l'importance de la sécurité.

12.1.2.1.5 Engagement à long-terme. La hiérarchie et les salariés doivent s'engager sérieusement pour faire vivre le plan sécurité et santé de l'organisation et en faire une priorité absolue. En l'absence d'un tel niveau d'engagement, le plan sécurité et santé est voué à l'échec. Les organisations devraient s'attacher à rechercher en permanence des pratiques, des méthodes, des programmes, des technologies nouvellement développés et améliorés et des équipements spécialement adaptés aux tâches et à la charge de travail des investigateurs.

12.1.2.2 Un manuel de sécurité et santé au travail adapté aux investigateurs incendie comprend des dispositions pour l'identification, l'évaluation, et la prévention ou la maîtrise systématiques des risques courants sur leur lieu de travail et des risques moins prévisibles qui pourraient surgir au cours des

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

opérations sur site. Les investigateurs devraient se reporter à la NFPA 1500, *Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program,* afin de trouver des conseils adaptés pour la mise en place d'une gestion des risques ou d'un plan santé et sécurité efficace au sein de leur organisation.

12.1.3 Vêtements et équipements de protection. L'investigateur devrait porter un équipement de protection individuelle et adapté, qui comprend des chaussures ou des bottes de sécurité ayant un embout de protection, des gants, un casque de sécurité, des lunettes de protection, et des vêtements de protection, pendant tout le temps qu'il se trouve sur la scène d'incendie. Le type de vêtement de sécurité dépend du type et du niveau du danger présent. Lorsqu'il existe des risques de blessures dus à des chutes d'objets ou des risques de coupures ou d'égratignures par des objets pointus, les vêtements de protection des pompiers ou des vêtements similaires peuvent constituer un bon choix. Lorsque l'investigateur peut être potentiellement exposé à des substances ou à des débris toxiques, le port de combinaisons jetables, comme demandé par certaines réglementations relatives à la sécurité, peut être nécessaire. Pour les environnements particulièrement hostiles, le port de protections adaptées peut être nécessaire. Lorsqu'un EPI est utilisé pour protéger contre un environnement dangereux, cet EPI devrait être correctement décontaminé ou jeté afin d'éviter toute exposition aux résidus. Même si l'on décide de porter une combinaison de protection classique ou une tenue intégrale de lutte contre l' incendie, il conviendrait de revêtir ces vêtements de manière à ne pas engendrer d'exposition supplémentaire.

12.1.3.1* Le port de protections respiratoires adaptées est nécessaire pour la plupart des scènes d'incendie. Immédiatement après l'extinction du feu, il peut y avoir présence de gaz imbrûlés et de fumées, une concentration appauvrie en oxygène, des particules toxiques ou cancérigènes transportées par l'air, et des températures encore élevées. Dans de tels environnements, l'investigateur devrait utiliser un APR (appareil de protection respiratoire) ainsi que tout autre EPI nécessaire et être conscient que les masques filtrants ne devraient pas être utilisés dans des ambiances où la concentration en oxygène est inférieure à 19,5 % ou bien dans des atmosphères présentant un danger immédiat pour la vie et la santé (*Immédiatly dangerous for life and health* -IDLH). Le fait de remuer des débris incendie peut générer de la poussière et des émissions de vapeurs organiques, qui sont potentiellement dangereuses. L'investigateur devrait donc porter selon les cas un masque à filtre à particules ou un masque à cartouches chimiques. La décision de porter un masque couvrant entièrement le visage ou un demi-masque dépend de l'employeur et des risques rencontrés. En sélectionnant un masque, il faut aussi prendre en compte la protection des yeux, car beaucoup de substances toxiques peuvent être absorbées par la membrane extérieure du globe oculaire (sclérotique). Si l'on choisit un demi-masque, alors porter des lunettes de protection permettra de se protéger contre ce type de risque. L'investigateur ou tout autre personne qui doit porter une protection respiratoire, devra être correctement formé, ainsi que médicalement et physiquement capable de la supporter. Si des protections respiratoires particulières sont nécessaires, elles devront avoir été testées. Des conseils supplémentaires concernant les masques à gaz et les responsabilités de l'employeur et de l'employé figurent dans le document ; Occupational Safety and Health Administration (OSHA) Regulation 29 CFR, Section 1910.134 (Respiratory Protection).

12.1.3.2 Il conviendrait également de sélectionner des gants adaptés qui apportent une protection contre les blessures et contre les risques de contamination biologique ou chimique. Lorsque l'on fouille la scène d'incendie ou qu'on effectue des prélèvements, des gants de pompiers résistants mécaniquement ou des gants plus légers en cuir devraient être utilisés. Pour se protéger du risque d'infiltration de produits toxiques, il conviendrait de porter en-dessous des gants en latex (ou similaire), ou alors l'investigateur peut sélectionner des gants qui seraient plus adaptés aux différents risques présents.

12.1.3.3 D'autres équipements peuvent aussi être requis en vue de garantir un certain niveau de sécurité. On peut citer des torches électriques ou des lampes portatives, des équipements de protection contre les chutes, des équipements de contrôle et de prélèvement de l'air ambiant, et tout autre outil ou équipement spécifique. Certains de ces équipements nécessitent une formation particulière pour les utiliser.

12.2 Aspects généraux de la sécurité sur une scène d'incendie. L'investigateur devrait demeurer conscient des dangers généraux et spécifiques présentés par une scène d'incendie en cours d'investigation. L'investigateur devrait garder en permanence à l'esprit les risques de blessures sérieuses et ne pas être désinvolte ou prendre des risques inutiles.

12.2.1 Investigations en solitaire. L'examen d'une scène d'incendie ne devrait pas être entrepris seul. Deux personnes au minimum devraient être présentes afin d'être sûr qu'une assistance soit à portée de main au cas où l'investigateur se retrouverait coincé ou blessé. Dans le cas où la scène d'incendie ne serait examinée que par un seul investigateur, un protocole de communication clair devra être établi entre l'investigateur sur site et un contact à l'extérieur du site. Il conviendrait de définir la durée prévisible des opérations sur site, et des contacts entre l'investigateur sur site et la personne à extérieur, devraient être établis à intervalles réguliers. S'il ne lui est pas possible d'être accompagné, l'investigateur devrait au moins informer un responsable de l'endroit où il compte aller et de l'heure où il pense raisonnablement avoir fini.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

12.2.2 Fatigue ressentie par l'investigateur.

12.2.2.1 Il est courant pour les investigateurs d'effectuer de longues heures de travail personnel fatigant au cours des investigations menées sur une scène d'incendie. Ce travail peut causer chez l'investigateur une certaine fatigue susceptible de diminuer sa coordination physique, sa résistance, ou son aptitude à reconnaître et à faire face à des situations ou à des conditions dangereuses. Il faut garder à l'esprit que le port de vêtements de sécurité pesants et de protection respiratoire vont accroître la fatigue ressentie par l'investigateur.

12.2.2.2 Des repos périodiques devraient être pris, des boissons et de la nourriture devraient être à disposition dans un environnement sûr, suffisamment éloigné mais pratique par rapport à l'emplacement de la scène d'incendie. Sur des sinistres majeurs, des sanitaires incluant des toilettes et de quoi se laver, sont nécessaires. Pour un investigateur incendie, les dangers résultant d'un sinistre incendie ne concernent pas que les voies de pénétration par inhalation ou par absorption cutanée mais aussi celles par ingestion, aussi il est essentiel que l'investigateur puisse se désaltérer et s'alimenter dans un endroit à l'écart de la scène d'incendie après s'être débarrassé de la tenue contaminée et s'être lavé le visage et les mains.

12.2.3 Travaux en hauteur ou souterrains. Lorsque les investigateurs doivent travailler en hauteur ou au-dessous du niveau du sol, ils doivent avoir conscience des risques spécifiques susceptibles d'être présents.

12.2.3.1 L'eau qui stagne génère différents risques pour l'investigateur. Les flaques d'eau en présence d'un équipement électrique peuvent se révéler mortelles si l'investigateur touche un fil sous tension, une installation non reliée à la terre, ou d'autres parties d'équipements alors qu'il a les pieds dans l'eau.

12.2.3.2 Les nappes d'eau qui semblent n'être profondes que de quelques centimètres peuvent en fait être si profondes que l'on n'y a plus pieds. Les nappes d'eau peuvent aussi dissimuler des embûches telles que des trous ou des objets dangereux qui pourraient faire trébucher ou blesser l'investigateur.

12.2.3.2.1 Pour éteindre le feu des mousses sont utilisés par les pompiers pour les feux de classe A et ceux de classe B. Les mousses peuvent générer des risques sur les scènes d'incendie pour les investigateurs. La mousse peut dissimuler des trous dans le sol, des obstacles susceptibles de faire trébucher, des débris, des objets pointus, des outils, et divers autres éléments laissés sur le site sinistré. La mousse peut rendre les surfaces où on marche, glissantes, et occasionner des chutes. Si de la mousse a été utilisée, il est, alors recommandé de laisser la mousse se dissiper ou de l'évacuer soigneusement à l'extérieur de la scène d'incendie avant de pénétrer afin de minimiser les risques d'altérer cette scène ou de détruire des indices.

12.2.3.3 Il peut être nécessaire d'analyser la qualité de l'air dans les caves ou dans les zones souterraines. Il faudrait mesurer la concentration en oxygène et analyser la présence éventuelle d'autres produits dans l'atmosphère le cas échéant.

12.2.3.4 Lorsqu'un investigateur travaille en hauteur, il devrait tenir compte de la nécessité d'utiliser des équipements de protection contre le risque de chute. Il faudrait consulter et suivre les prescriptions réglementaires de l'OSHA (au niveau des états ou au niveau fédéral) concernant la protection contre les risques de chute.

12.2.3.5 Lorsqu'il travaille sur une plateforme en hauteur, l'investigateur devrait déterminer si cette plateforme ou cette partie d'un équipement a été conçue (qualifiée) pour supporter la présence de personnes. Les équipements qui n'ont pas été conçus pour supporter la présence de personnes ne devraient pas être utilisés.

12.2.4 Interventions autour d'équipements mécaniques. Le recours à des engins mécaniques lourds sur une scène d'incendie ou d'explosion soulève des questions et des préoccupations particulières pour les investigateurs présents et pour l'ensemble de la sécurité sur le site.

12.2.4.1 Lorsqu'un engin mécanisé est à l'œuvre, la zone concernée devrait être isolée par des barricades pour empêcher que quiconque y pénètre, ou bien s'il était nécessaire que les investigateurs soient présents à l'intérieur de cette zone, ils devraient porter des vestes ou des vêtements appropriés hautement visibles, et un équipement de communication de sécurité permettant de communiquer avec l'opérateur et d'avertir les investigateurs de la modification des risques et des conditions environnantes, devrait être à disposition.

12.2.4.2 La zone de balancement de la grue et le chemin suivi pour retirer les débris devrait être défini et balisé à l'aide de barricades pour empêcher que quiconque y pénètre et se trouve blessé. Personne ne devrait travailler en-dessous d'une grue en train de transporter une charge.

12.2.5 Sécurité des spectateurs.

12.2.5.1 Les scènes d'incendie ou d'explosion suscitent souvent l'intérêt de spectateurs. Leur sécurité, ainsi que la préservation de la scène d'incendie et de ses indices devraient être prises en charge par l'investigateur.

12.2.5.2 La scène d'investigation devrait être sécurisée afin d'empêcher la pénétration de spectateurs curieux. Cette sécurisation peut être réalisée en interdisant simplement l'accès et en mettant un cordon et un panneau « interdiction d'entrer », ou elle peut nécessiter la participation des officiers de police, des personnels des services de secours, ou d'autres personnes faisant offices de gardiens. Toute personne non-autorisée retrouvée sur une scène d'incendie devrait être identifiée et son identité devrait être relevée ; puis elle devrait être escortée à l'extérieur du site afin d'éviter tout risque potentiel d'être blessée.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

12.2.6 Extinction.

12.2.6.1 Si l'investigateur doit pénétrer à l'intérieur d'un bâtiment avant que le feu soit complètement éteint, il devrait au préalable obtenir l'autorisation auprès du chef des opérations de secours. L'investigateur devrait coordonner son travail avec celui des pompiers et informer le chef des opérations, des zones dans lesquelles il pénètre et travaille. L'investigateur ne devrait pas se déplacer vers d'autres zones du bâtiment sans en informer le chef des opérations. L'investigateur ne devrait pas pénétrer dans un bâtiment en feu à moins d'être accompagné par un pompier, et d'avoir été suffisamment formé pour le faire.

12.2.7 Trousse de premiers secours et numéros d'appel des services d'urgence. La personne responsable d'une scène d'incendie ou d'explosion devrait au minimum disposer d'une trousse de premier secours, des numéros d'appel des services d'urgence locaux et de l'adresse d'un centre de soins d'urgence, au cas où une urgence se présenterait au cours du processus d'investigation.

12.2.8 Alerte d'urgence. La personne responsable d'une scène d'incendie ou d'explosion devrait disposer d'un signal d'alerte convenu pour l'évacuation et d'un point de rassemblement identifié à destination des autres investigateurs susceptibles de travailler sur le site. La nature du signal d'alerte et la localisation du point de rassemblement devraient être abordés au cours de la première réunion concernant la sécurité et ultérieurement si de nouveaux investigateurs se présentent sur site.

12.3 Dangers présentés par une scène d'incendie. L'investigateur devrait demeurer conscient des dangers généraux et spécifiques présentés par une scène d'incendie en cours d'investigation. L'investigateur devrait garder en permanence à l'esprit les risques de blessures sérieuses et ne pas être désinvolte ou prendre des risques inutiles. Il est particulièrement important d'être conscient de cela lorsque le degré de stabilité de la structure n'est pas connu ou lorsque les investigations exigent que l'investigateur opère au-dessus ou en-dessous du niveau du sol. Même dans les cas où l'investigateur incendie pense que le bâtiment est stable, il faudrait toujours prendre des précautions, les observations visuelles relatives à la stabilité d'un bâtiment n'étant pas toujours représentatives de la stabilité réelle du bâtiment. La chaleur ou les opérations d'extinction peuvent entraîner la ruine ou l'affaiblissement des éléments de la structure d'un bâtiment. Il est conseillé que les investigateurs travaillent par équipes de deux ou plus. En travaillant en équipes les investigateurs peuvent s'entraider et assurer leur sécurité mutuelle. Bien que travailler seul ne soit pas conseillé, lorsque les circonstances exigent qu'il en soit ainsi, il faudrait informer quelqu'un de l'endroit, du moment, et de la durée pendant laquelle l'investigateur travaille en cas d'accident ou de problème.

12.3.1 Dangers physiques. Les glissades, les faux-pas, et les risques de chute ; les trous dans les sols ; les surfaces pointues ; le verre brisé, ou d'autres dangers encore, peuvent constituer une panoplie de dangers potentiels pour l'investigateur. La fatigue augmente le risque de blessure, lorsque l'investigateur examine la scène d'incendie. Lors de l'utilisation d'outils à mains, d'outils à moteur portables, et d'échelles, il faudrait être attentif à suivre toutes les consignes de sécurité et le mode d'emploi afin de réduire le risque de blessure. La mise en œuvre de lampes électriques ou de projecteurs portatifs (antidéflagrants si nécessaire) réduira les risques de glissade ou de chute. En outre le repérage, la signalisation, ou la mise d'une plaque sur les trous et sur tout élément susceptible de constituer un danger physique réduira le risque de blessure. Les zones comportant des eaux stagnantes et des surfaces mouillées ou glissantes devraient être correctement signalées et barricadées pour empêcher que les investigateurs y pénètrent.

12.3.2 Dangers induits par l'instabilité du bâtiment. Par nature, la plupart des bâtiments qui ont subi un incendie ou une explosion sont structurellement affaiblis. La solidité des toitures, des plafonds, des cloisons, des murs porteurs ou des planchers peut avoir été éprouvée par l'incendie ou par l'explosion.

12.3.2.1 La chaleur a des effets divers sur les différents constituants d'un bâtiment, certains effets n'étant pas forcément visibles à l'œil nu. Il faudrait toujours faire attention et évaluer la stabilité d'un bâtiment avant d'y pénétrer ainsi que pendant toute la durée des investigations sur site. Si l'examen du site dure plus d'un jour, l'évaluation de la stabilité du bâtiment devrait être réalisée plusieurs fois, les conséquences de l'incendie sur le bâtiment pouvant évoluer au cours des opérations sur site. Les conditions météorologiques peuvent avoir une influence sur la stabilité du bâtiment, nécessitant des réévaluations régulières de la stabilité tout au long des investigations sur site.

12.3.2.2 La mission de l'investigateur nécessite qu'il pénètre à l'intérieur d'un bâtiment et souvent aussi qu'il enlève des débris ce qui peut déplacer ou affaiblir davantage des structures en mauvais état. Avant d'entrer dans un tel bâtiment ou de commencer à retirer des débris, l'investigateur devrait réaliser une évaluation soigneuse de la stabilité et des conditions de sécurité dans le bâtiment. Si nécessaire, l'investigateur devrait rechercher une assistance auprès d'experts bâtiment qualifiés afin d'évaluer s'il y a besoin de retirer certaines parties de la structure affaiblies et dangereuses ou de prendre des dispositions pour étayer des murs porteurs, des planchers, des plafonds ou des toitures.

12.3.3 Dangers électriques. Sur une scène d'investigation, les dangers d'origine électrique peuvent provenir de l'alimentation électrique du bâtiment, des sources de secours, ou des outils ou équipements que l'investigateur amène sur site. L'alimentation électrique ou les circuits concernés devraient être disjonctés.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

12.3.3.1 Bien que les investigateurs incendie peuvent arriver sur le site des heures voire des jours après, ils devraient être capables d'identifier les dangers potentiels afin d'éviter les risques de blessures ou de décès. Les chocs ou les brûlures électriques sont susceptibles d'occasionner de sérieuses blessures voire des décès. Les investigateurs, tout comme les officiers de pompiers devraient apprendre à se protéger par rapport au risque électrique encouru alors qu'ils examinent une scène d'incendie. Le risque est particulièrement élevé au cours des investigations menées juste après un feu. Lorsque les conditions le justifient, l'investigateur devrait s'assurer que l'alimentation électrique du bâtiment ou de la zone concernée a été coupée avant de pénétrer dans une zone potentiellement dangereuse. L'investigateur devrait aussi savoir que les bâtiments peuvent avoir plusieurs alimentations distinctes et il devrait s'assurer que toutes les alimentations sont coupées avant de pénétrer dans une zone dangereuse. L'investigateur incendie ne devrait pas disjoncter l'alimentation électrique mais il devrait s'assurer que les personnes autorisées le font.

12.3.3.2 Consignation. Lorsque l'alimentation électrique a été coupée, un avertissement ou un verrouillage devrait être apposé au niveau du disjoncteur approprié, indiquant que l'alimentation électrique a été disjonctée. Si plus d'une personne ou d'un groupe mènent des investigations sur site, chaque personne ou groupe devrait apposer son panneau d'avertissement ou son système de verrouillage sur le disjoncteur concerné. Ceci peut permettre d'éviter que le disjoncteur soit remis en service par inadvertance par une personne ou un groupe de personnes quittant la zone alors qu'une seconde personne ou un second groupe est toujours occupé à mener des investigations. Concernant les risques électriques, il faut considérer que le danger est toujours présent. L'investigateur devrait vérifier personnellement que l'alimentation a été coupée. Cette vérification peut être effectuée en utilisant un voltmètre. Certains instruments permettent la mesure précise de la tension et de la résistance. D'autres dispositifs sont conçus simplement comme des indicateurs de courant alternatif. Ces matériels de la taille d'un stylo fournissent une alarme audio ou visuelle lorsque l'extrémité du système est placée sur le câble (nu ou isolé). Lorsque l'on utilise un voltmètre, son étendue de mesure doit correspondre à la tension délivrée dans le bâtiment qui fait l'objet des investigations. L'utilisation d'un équipement, qui n'est pas adapté, expose l'investigateur à un risque d'électrocution et expose les autres investigateurs situés dans la zone des essais à un risque important. S'il demeure un doute pour déterminer si un équipement est sous tension, les services techniques du fournisseur l'électricité devraient être appelés pour vérification.

12.3.3.3 L'investigateur peut se retrouver à travailler sur des scènes d'incendie où un câblage temporaire a été installé. Il devrait avoir à l'esprit que ce type d'installation destinée à alimenter l'éclairage ou d'autres équipements n'est pas toujours correctement montée, reliée à la terre, ou isolée et par conséquent elle peut ne pas être sûre.

12.3.3.4 L'investigateur devrait prendre en compte les dangers électriques énumérés du 12.3.3.4.1 au 12.3.3.4.12 lorsqu'il examine une scène d'incendie.

12.3.3.4.1 Tous les câbles devraient être considérés sous tension, même si le compteur a été retiré ou déconnecté.

12.3.3.4.2 Lorsqu'il s'approche de la scène d'incendie, l'investigateur devrait faire attention aux éventuels câbles électriques tombés dans la rue ; sur le sol ; ou en contact avec une barrière en métal, une rampe, ou un autre matériau conducteur y compris l'eau.

12.3.3.4.3 L'investigateur devrait rechercher les antennes qui ont pu tomber sur des lignes sous tension, les revêtements métalliques qui peuvent se trouver sous tension, et les câbles enterrés.

12.3.3.4.4 L'investigateur devrait se montrer prudent lorsqu'il utilise une échelle ou lorsqu'il monte du matériel à proximité de lignes électriques aériennes.

12.3.3.4.5 Il conviendrait de noter que les alimentations électriques des bâtiments sont capables de délivrer des intensités élevées et qu'un court-circuit peut occasionner un flash électrique important, entraînant le cas échéant des blessures et des brûlures sérieuses.

12.3.3.4.6 Les chaussures en caoutchouc ne devraient pas être considérées comme un isolant satisfaisant.

12.3.3.4.7 Il ne faudrait pas pénétrer dans une cave inondée si l'alimentation électrique est sous tension. Il ne faudrait pas disjoncter des équipements électriques sous tension manuellement alors qu'on se trouve dans l'eau.

12.3.3.4.8 Il faudrait éviter de manœuvrer tout interrupteur électrique ou tout équipement non-antidéflagrant dans une zone où la présence de gaz ou de vapeurs inflammables est suspectée car cela pourrait déclencher une explosion. *(Voir paragraphe 12.3.4.)* Lorsque l'alimentation électrique doit être coupée, il faudrait le faire en un point éloigné de toute atmosphère explosive.

12.3.3.4.9 Il faudrait prendre contact avec la compagnie d'électricité et coopérer étroitement avec elle. Leur personnel dispose de l'expertise et des équipements pour traiter les situations d'urgence en matière électrique.

12.3.3.4.10 L'investigateur devrait identifier la localisation des câbles électriques enterrés et les éviter en creusant et en fouillant la scène d'incendie.

12.3.3.4.11 L'investigateur devrait être attentif aux différentes alimentations électriques qui pourraient ne pas avoir été déconnectées, comme une rallonge multiprise avec cordon provenant d'un bâtiment voisin, ou d'autres installations du même type.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

12.3.3.4.12 Un voltmètre devrait toujours être utilisé pour s'assurer que l'électricité est coupée.

12.3.4 Dangers chimiques. Les incendies et les explosions génèrent souvent des gaz nocifs ou toxiques. La présence de matières dangereuses dans les bâtiments est certaine. Les maisons abritent des produits chimiques dans la cuisine, la salle de bain, et le garage qui peuvent générer des risques importants pour l'investigateur s'il s'y trouve exposé. Les bâtiments commerciaux et ceux des entreprises sont généralement mieux organisés pour le stockage des matières dangereuses, mais l'investigateur ne peut pas présumer que le risque y est moindre. De nombreux bâtiments construits avant 1975 contiennent de l'amiante. L'investigateur devrait être averti de la possibilité qu'il puisse être exposé à des atmosphères dangereuses au cours de la réalisation d'une investigation sur site.

12.3.4.1 Les atmosphères des scènes d'incendie sont susceptibles de contenir des gaz, des vapeurs, et des liquides inflammables. Il faudrait réaliser des tests sur l'air ambiant en utilisant un équipement adapté pour identifier s'il existe un danger ou des conditions d'atmosphère inflammable avant de travailler ou d'apporter des sources d'ignition dans la zone. Ces sources d'ignition pourraient être les arcs électriques de flashs, de radios, de caméras et de leurs flashs, et les matières incandescentes.

12.3.4.2 L'investigateur devrait être conscient que la qualité de l'air peut évoluer au cours des opérations d'investigation. Du fait que l'investigateur déplace des objets au cours des fouilles qu'il réalise sur site, des poches de gaz peuvent s'ouvrir ou bien des réservoirs ou des conduites peuvent se rompre. En conséquence, il est nécessaire que la qualité de l'air ambiant soit analysée en permanence.

12.3.4.3 Il est nécessaire de prendre en compte les produits chimiques normalement présents sur le site et ceux qui sont consécutifs à l'accident. Pour les produits manufacturés, l'investigateur peut demander une copie des fiches de données de sécurité (FDS), afin d'évaluer les dangers présentés par les produits. L'identification des substances chimiques dont la présence peut résulter de l'accident, est plus difficile. Il existe de nombreux documents de référence que l'investigateur peut consulter pour déterminer les risques présentés par des produits chimiques dont la présence est suspectée sur la scène d'investigation, tel que le *Pocket Guide to Chemical Hazards* du National Institute of Safety and Health (NIOSH).

12.3.4.4 Les alimentations en gaz qui desservent le bâtiment ou le process industriel devraient être identifiées, coupées au niveau du compteur, et consignées ou signalisées. S'il n'est pas possible d'isoler complètement le bâtiment, l'investigateur devrait s'assurer que la zone du bâtiment ou du process en cours de fouille et d'investigation soit isolée de toute partie de l'installation encore alimentée au gaz.

12.3.4.5 Il faudrait également prendre en compte la présence éventuelle de produits chimiques tels que des pesticides à la fois dans les locaux à usage d'habitation et dans ceux à usage commercial. S'ils sont correctement emballés, ils ne constitueront généralement pas une menace. Toutefois si le contenant a été endommagé avant ou au cours des investigations, l'investigateur devra prendre des mesures adéquates telles que l'évitement de la zone ou le port d'EPI adaptés.

12.3.5 Dangers biologiques. Les sources de risques biologiques comprennent les bactéries, les virus, les insectes, les plantes, les oiseaux, les animaux et les humains. De telles sources peuvent causer différents effets sur la santé de la simple irritation de la peau ou allergie jusqu'à des infections (tuberculose, maladies contagieuses), le cancer etc. Certains de ces risques sont susceptibles de ne pas être identifiés sans assistance spécialisée.

12.3.5.1 Il existe des sources de dangers biologiques courants auxquels on peut être confronté dans les locaux à usage d'habitation ou commercial, tels que la nourriture en décomposition, les ordures, les animaux n'ayant pas survécu à l'incendie, et les équipements et conduites d'eaux usées endommagés ou rompus. L'investigateur ne devrait pas ouvrir un réfrigérateur ou un congélateur, sans prendre en compte l'état de la nourriture, en particulier si l'électricité a été coupée depuis plusieurs jours.

12.3.5.2 S'il est nécessaire que l'investigateur travaille à proximité de dangers biologiques, il faudrait qu'il porte des EPI adaptés et qu'une décontamination adéquate et qu'un enlèvement des déchets soient réalisés à l'issue des opérations. L'utilisation de combinaisons jetables est utile, car elles assurent une protection efficace et limitent la nécessité de décontaminer les vêtements qui sont portés en-dessous.

12.3.6 Dangers mécaniques. Les machines et les équipements présents sur le site peuvent avoir stocké de l'énergie. Avant de travailler autour des machines et des équipements, l'investigateur aura besoin de vérifier si ces machines sont à l'arrêt ou si elles sont encore en fonctionnement. Pour les équipements spécifiques, l'investigateur pourra avoir besoin de faire appel au propriétaire ou à des techniciens afin de contrôler l'énergie emmagasinée.

12.3.7 Dangers divers. Outre les dangers précédemment énumérés, il existe des dangers spécifiques à l'activité exercée.

12.3.7.1 Dangers radiologiques. Ces dangers sont susceptibles d'être présents dans les cabinets médicaux et sur certains sites industriels. Les centres médicaux peuvent détenir de petites quantités de produits radioactifs.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

12.3.7.2 Énergies et fluides. L'investigateur devrait déterminer l'état de toutes les énergies et de tous les fluides (électricité, gaz, et eau) à l'intérieur du bâtiment soumis à l'investigation. Il lui faudrait déterminer, avant de pénétrer, si les circuits électriques sont sous tension (le circuit principal, les circuits secondaires ou les installations provisoires), si les conduites de gaz sont pleines, et si la conduite d'eau principale et les circuits de distribution sont en service. Il est nécessaire de déterminer l'état des différents circuits de distribution des énergies et des fluides afin d'éviter que se produise un choc électrique, une fuite accidentelle de gaz ou d'eau au cours des opérations d'investigations.

12.3.7.3 Dangers liés aux équipements mécanisés. L'usage d'équipements mécanisés au cours des investigations sur la scène d'incendie amène des dangers additionnels sur site. Des précautions devraient être prises lorsque l'on opère sur site, alors qu'il est fait usage d'engins mécanisés. L'investigateur devrait surveiller le déplacement des équipements et engins et savoir que le conducteur de ces matériels peut ne pas avoir conscience que l'investigateur puisse être en danger.

12.4 Procédures de sécurité. Il peut exister nombre de procédures de sécurité que l'investigateur puisse être amené à fournir en tant que partie intégrante de la mission d'investigation. La complexité et les sujets abordés dans les plans varieront en fonction des dangers et risques identifiés sur site. D'autres facteurs doivent être pris en considération tels que le nombre d'investigateurs et de personnel support, la sévérité des dangers et risques présents, l'utilisation d'EPI particuliers, la mise en œuvre d'engins mécanisés, et les politiques et procédures administratives et organisationnelles.

12.4.1 Évaluation des dangers et des risques. L'une des premières tâches à accomplir avant de démarrer les opérations d'investigation incendie ou explosion sur site, est l'évaluation des dangers et des risques. L'investigateur sera à même de déterminer les dangers présents et de maîtriser ces dangers par des solutions techniques, par un contrôle d'ordre administratif ou par la sélection et le port d'EPI adaptés.

12.4.1.1 Identifier les dangers. Le processus d'évaluation des dangers et des risques commence par l'identification des dangers. Dans le but de simplifier le processus d'identification des dangers et afin de permettre une identification systématique et exhaustive, les dangers peuvent être regroupés par type.

12.4.1.1.1 Dangers physiques. Les dangers de glissade, de faux-pas, et de chute, ou les surfaces pointues, le verre brisé, ou d'autres dangers encore, peuvent constituer une panoplie de dangers potentiels pour l'investigateur.

12.4.1.1.2 Dangers dus à l'instabilité des structures. La plupart des dangers liés aux structures peuvent être identifiés facilement sans l'aide d'un spécialiste, cependant sur des sites complexes ou lourdement endommagés, l'investigateur pourrait souhaiter l'assistance d'un ingénieur spécialisé en structures.

12.4.1.1.3 Dangers électriques. Les dangers d'origine électrique sur une scène d'incendie peuvent venir de l'installation électrique du bâtiment, de l'alimentation électrique de secours, ou des outils et équipements que l'investigateur a amenés avec lui. L'installation électrique devrait être coupée ou tout au moins les circuits électriques concernés devraient être isolés.

12.4.1.1.4 Dangers chimiques. Il est nécessaire de prendre en compte les produits chimiques normalement présents sur le site et ceux qui sont consécutifs à l'accident. Pour les produits manufacturés, l'investigateur peut demander une copie des fiches de données de sécurité (FDS), afin d'évaluer les dangers présentés par les produits. L'identification des substances chimiques dont la présence peut résulter de l'accident, est plus difficile. Il existe de nombreux documents de référence que l'investigateur peut consulter pour déterminer les risques présentés par des produits chimiques dont la présence est suspectée sur la scène d'investigation, tel que le *Pocket Guide to Chemical Hazards* du National Institute of Safety and Health (NIOSH).

12.4.1.1.5 Dangers biologiques. Les sources de risques biologiques comprennent le sang, les fluides corporels, et les restes humains, les bactéries, les virus, les insectes, les plantes, les oiseaux, les animaux et les humains. De telles sources peuvent causer différents effets sur la santé de la simple irritation de la peau ou allergie jusqu'à des infections (tuberculose, maladies contagieuses), le cancer etc. Certains de ces risques sont susceptibles de ne pas être identifiés sans assistance spécialisée.

12.4.1.1.6 Dangers mécaniques. Les machines et les équipements présents sur le site peuvent avoir stocké de l'énergie. Avant de travailler autour des machines et des équipements, l'investigateur aura besoin de vérifier si ces machines sont à l'arrêt ou si elles sont encore en fonctionnement. Pour les équipements spécifiques, l'investigateur pourra avoir besoin de faire appel au propriétaire ou à des techniciens afin de contrôler l'énergie emmagasinée.

12.4.1.2 Déterminer le risque associé au danger. Suivant la nature des dangers identifiés, l'analyse du risque associé au danger peut varier d'une simple évaluation qualitative jusqu'à des évaluations quantitatives complexes. Une partie de cette analyse, consistera à déterminer la probabilité que le risque se réalise. Par exemple, pour un produit chimique (même si c'est un produit

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

dangereux) contenu dans un fût fermé, le risque est minimal. Sur cet exemple, isoler la zone où se trouve le conteneur, permettrait de prévenir tout risque potentiel de dommage ou de fuite.

12.4.1.3 Maîtrise du danger. Après avoir déterminé le niveau de risque, il faudrait comparer ce niveau de risque à un niveau de référence ou à des critères d'acceptation. Dans certains cas, les critères d'acceptation ont été établis par la réglementation (OSHA). Pour maîtriser le danger, l'investigateur peut suivre différentes méthodologies qui comprennent la maîtrise technique, des contrôles administratifs ou la sélection et l'utilisation d'EPI adaptés.

12.4.1.3.1 Maîtrise technique. La maîtrise technique du risque peut être aussi basique que de placer des étais pour renforcer les éléments de structure endommagés ou de démolir les zones concernées après qu'elles aient été correctement examinées et que les enregistrements aient été effectués. Ou bien, les solutions peuvent être très complexes et nécessiter un ingénieur en structures pour mener l'évaluation, concevoir les mesures correctives, et organiser la mise en place de ces mesures correctives.

12.4.1.3.2 Contrôles administratifs. Les contrôles administratifs comprennent l'isolation de la zone par la mise en place d'une signalisation ou de barrières, par l'information de ceux qui auront à travailler dans la zone de dangers, en les avertissant qu'ils ne doivent pas pénétrer dans la zone interdite, par l'obtention de ressources spécialisées qui ont la connaissance du danger présent, ou par la combinaison des différentes méthodologies.

12.4.1.3.3 Choix et utilisation des équipements de protection individuelle (EPI). Le recours à un EPI est en général considéré comme la mesure de maîtrise des risques la moins efficace. Cependant, compte-tenu des conditions que l'investigateur peut rencontrer et de la durée du travail, l'EPI peut être un moyen de maîtrise des risques tout à fait adapté. Il faut évaluer soigneusement les dangers afin d'être sûr que l'EPI retenu protège efficacement contre les risques encourus et que l'utilisateur est formé et capable d'utiliser l'EPI.

12.4.2 Procédures de sécurité spécifique au site. Après la fin du processus d'évaluation des dangers et des risques, il peut être nécessaire d'élaborer des procédures de sécurité spécifiques. S'il n'existe aucun danger qui nécessiterait une procédure de sécurité spécifique, alors il n'est pas nécessaire d'en rédiger un. L'entité responsable devra définir les procédures applicables telles que celles énumérées ci-après.

12.4.2.1 Procédure d'information des dangers sur site. La procédure d'information des dangers sur site comprend l'identification et la localisation des matières dangereuses, l'emplacement des FDS, de quelle façon l'exposition aux produits chimiques peut se produire, ainsi que l'étiquetage ou l'identification des produits. La procédure d'information des dangers sur site inclut également la formation et les preuves de la réalisation de cette formation.

12.4.2.2 Plan d'intervention en espace confiné. Si l'investigation nécessite de pénétrer dans un espace confiné comme défini par le 29 CFR 1910.146, alors il faudrait élaborer un plan d'intervention en espace confiné. Les personnes qui n'entrent pas à l'intérieur de l'espace confiné n'ont pas besoin de formation.

12.4.3 Gestion des procédures et de la sécurité sur le site. Selon la complexité de la scène d'incendie, il peut être nécessaire de mettre en place une organisation formelle pour gérer les éléments participant à la sécurité. Pour les scènes d'incendie de petite taille, comportant des enjeux très limités en matière de sécurité, les éléments concourant à la sécurité peuvent être gérés de façon informelle, en mettant en œuvre seulement l'évaluation de la scène d'incendie et l'élaboration d'une procédure pour maîtriser les risques. Pour les scènes « d'investigations complexes », la sécurité devient alors une fonction majeure qu'il faudra attribuer en tant que fonction organisationnelle spécifique avec un lien direct au responsable des investigations. La figure 12.4.3 constitue un exemple de la façon dont la fonction sécurité peut être intégrée dans la gestion d'une investigation complexe.

12.4.4 Réunions et instructions relatives à la sécurité. Les réunions sur la sécurité générales sont menées deux à trois fois par journée de travail. Elles peuvent être plus fréquentes en fonction du besoin. Les moments que l'investigateur ou la personne en charge des questions de sécurité pourrait considérer comme opportuns pour organiser de telles réunions sont le début de la journée et après le déjeuner. Les réunions sur la sécurité générale devraient être organisées aussi fréquemment que besoin, souvent deux à trois fois par jour. Une réunion sécurité spécifique peut être nécessaire avant de débuter une nouvelle phase ou une nouvelle tâche. Un débriefing sécurité peut aussi être réalisé à l'issue des tâches spécifiques ou à la fin des investigations.

12.5 Exposition aux produits chimiques et aux agents de contamination. Afin de déterminer le type et le niveau d'un EPI, l'investigateur devrait maîtriser la terminologie basique associée à l'exposition aux produits chimiques et aux substances qu'il est susceptible de rencontrer sur les scènes d'incendie ou d'explosion.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

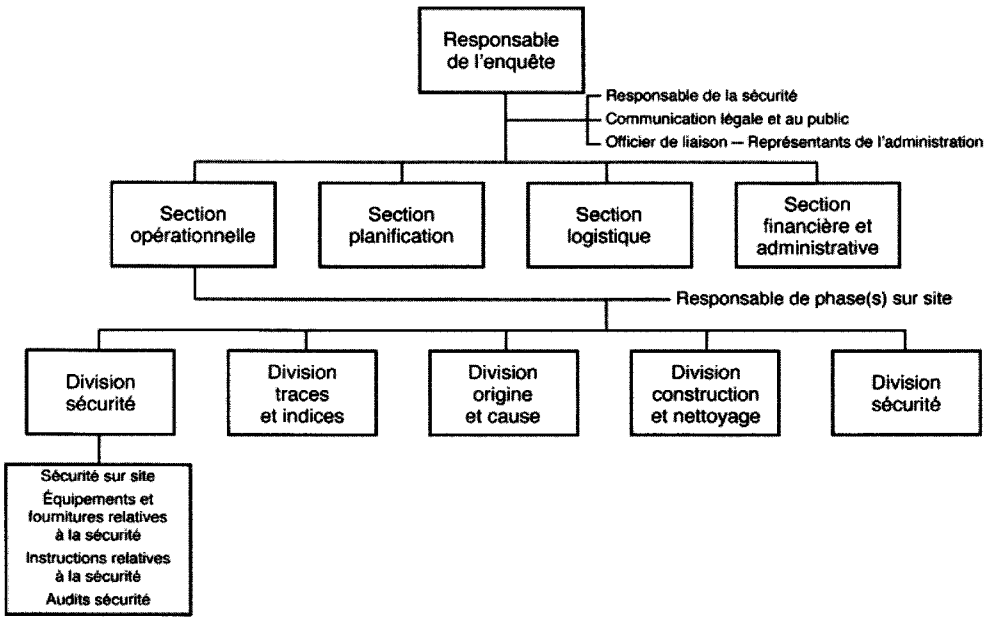


FIGURE 12.4.3 Un exemple de la façon dont la fonction sécurité peut être intégrée dans la gestion d'une investigation complexe

12.5.1 Type d'effet suite à une exposition

12.5.1.1 Effet local. Les effets locaux se produisent à l'endroit du contact, comme par exemple avec une brûlure par un acide ou une base, ou lors d'une contamination par des poussières ou des liquides.

12.5.1.2 Effet systémique. Les effets systémiques se produisent à un endroit qui peut être éloigné du point d'entrée du produit, agissant au final sur un organe cible ou un ensemble d'organes.

12.5.2 Voies d'exposition

12.5.2.1 Inhalation. L'inhalation est la voie de pénétration des toxines la plus commune sur un lieu de travail. L'inhalation est également la voie d'exposition la plus rapide et la plus efficace, par introduction directe des substances chimiques toxiques dans les voies respiratoires et dans le flux sanguin. Elle est donc considérée comme la voie d'exposition prépondérante et potentiellement la plus grave. Elle peut entraîner à la fois des effets locaux et systémiques.

12.5.2.2 Cutanée. L'absorption par la peau se produit lorsque le produit passe directement à travers la peau. La première fonction de la peau est d'agir comme une barrière empêchant la pénétration de matières étrangères dans le corps. Cette barrière, qui est efficace contre de nombreuses substances chimiques, permet à certains produits toxiques de passer facilement à travers. Généralement la présence de coupures ou d'éraflures augmentera fortement la vitesse d'absorption. L'absorption à travers une muqueuse est plus efficace qu'à travers la peau. L'absorption cutanée peut conduire à des effets locaux et systémiques.

12.5.2.3 Ingestion. La pénétration de substances toxiques par ingestion se produit généralement du fait de la contamination de la nourriture ou des boissons, ou en fumant. Ce type d'exposition est le plus souvent le fait d'une piètre décontamination ou de l'absence de décontamination. Prendre soin de se laver les mains, les bras et le visage ainsi que décontaminer les vêtements limitera le risque d'ingérer une substance dangereuse. De la même façon, se déplacer loin d'un endroit potentiellement contaminé pour manger ou pour faire une pause participera à réduire le risque d'exposition croisée.

12.5.2.4 Injection. Des produits chimiques sont susceptibles de pénétrer à l'intérieur du corps lorsque la peau est transpercée par un objet contaminé. Des déchirures mineures comme une coupure par une feuille de papier, si le papier est contaminé, peuvent en fait causer des problèmes. La contamination peut être importante, si la blessure se produit à proximité de produits chimiques. Il faudrait soigner même les petites blessures afin d'éviter tout risque de contamination. Lorsque c'est possible, il faudrait porter des vêtements de protection adaptés pour diminuer le risque de blessure et de contamination.

12.5.2.5 Voie d'exposition oculaire. Les produits chimiques peuvent être absorbés directement par les yeux. Dans certains cas, les substances chimiques ne peuvent pas être détectées, seuls les symptômes des effets toxiques peuvent être diagnostiqués. Dans d'autres cas, la substance chimique entraîne un effet nocif par contact.

12.5.3 Niveaux d'exposition à la toxicité.

12.5.3.1 Exposition aigüe. L'exposition aigüe correspond typiquement à un niveau d'exposition élevé unique sur une courte période de temps. Ce type d'exposition se produit habituellement par inhalation de fortes concentrations, ou par un contact direct de la peau

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

suite à des éclaboussures ou à une immersion. Les symptômes et les effets sont généralement visibles immédiatement. Cependant, il arrive que les symptômes n'apparaissent que lorsque la substance chimique atteint un organe cible. Les effets peuvent être réversibles ou irréversibles ;

12.5.3.2 Exposition chronique. L'exposition chronique correspond typiquement à des niveaux d'exposition faibles répétés ou continus sur une longue période de temps (des semaines jusqu'à des années). Avec ce type d'exposition, les concentrations inhalées sont généralement faibles, ou le contact direct avec la peau se produit avec des substances faiblement absorbées par la peau. Les symptômes et les effets se produisent généralement avec retard, dans certains cas 20 à 30 ans plus tard. Les effets peuvent être réversibles ou irréversibles.

12.5.3.3 Effets cumulatifs. Une exposition répétée, sur une courte période ou sur une plus longue durée, peut permettre à la substance chimique de s'ajouter au dosage initialement absorbé. Le monoxyde de carbone constitue un exemple de produit pour lequel l'exposition est cumulative. Cependant, dans ce cas, au cours du temps, le monoxyde de carbone s'évacue du corps. Le plomb a, quant à lui, un effet cumulatif qui ne peut pas être annihilé grâce aux fonctions du corps humain.

12.5.3.4 Période de latence. Certaines expositions aux produits chimiques n'entraîneront pas de symptômes avant un certain temps après l'exposition. On appelle cela la période de latence. Les produits cancérigènes constituent des exemples de substances qui présentent une période de latence.

12.6 Équipements de protection individuelle (EPI).

12.6.1 Choix et utilisation des équipements de protection individuelle (EPI). Le recours à un EPI est en général considéré comme la mesure de maîtrise des risques la moins efficace. Cependant, compte-tenu des conditions que l'investigateur peut rencontrer et de la durée du travail, l'EPI peut être un moyen de maîtrise des risques tout à fait adapté. Il faut évaluer soigneusement les dangers afin d'être sûr que l'EPI retenu protège efficacement contre les risques encourus, que l'utilisateur est formé et capable d'utiliser l'EPI, et qu'il connaît les limites de l'équipement, la nécessité d'une décontamination personnelle efficace après utilisation, et la manière de le contrôler et de le nettoyer

12.6.1.1 Vêtements et équipements de protection. L'investigateur devrait porter un EPI adapté, qui comprend des chaussures ou des bottes de sécurité ayant une semelle résistante et une protection des orteils en acier, des gants, un casque de sécurité, des lunettes de protection, et des vêtements de protection, pendant tout le temps qu'il se trouve sur la scène d'incendie. Le type de vêtement de sécurité dépend du type et du niveau du danger présent. Lorsqu'il existe des risques de blessures dus à des chutes d'objets ou des risques de coupures ou d'égratignures par des objets pointus, les vêtements de protection des pompiers ou des vêtements similaires peuvent constituer un bon choix. Lorsque l'investigateur peut être potentiellement exposé à des substances ou à des débris toxiques, le port de combinaisons jetables peut être nécessaire. Pour les environnements particulièrement hostiles, le port de protections adaptées peut être nécessaire.

12.6.1.2 Utilisation des EPI. Lorsqu'un EPI est utilisé se pour protéger contre un environnement dangereux, celui qui le porte devrait doit être correctement formé à le mettre, l'enlever, l'utiliser ainsi qu'aux limites et à la décontamination d'un tel équipement afin d'être sûr qu'il soit porté et mis en œuvre de façon adaptée.

12.6.1.3 Décontamination. L'investigateur devrait être formé à la méthodologie adaptée pour se décontaminer entièrement ainsi qu'à la méthodologie adaptée de décontamination ou d'élimination des EPI portés afin d'éviter toute exposition ultérieure aux résidus encore présents sur les vêtements et les équipements. Il est facile de réduire les tâches de décontamination en utilisant des vêtements de protection jetables tels que les combinaisons Tyvek® et des surbottes en latex sur les chaussures.

12.6.1.3.1 Vêtements classiques en tissu. Même si on choisit de porter des combinaisons classiques en tissu, ou des tenues de pompier, il faudrait faire attention en manipulant ces vêtements de façon à ne pas créer d'exposition additionnelle.

12.6.1.3.2 Les investigateurs devraient décontaminer tous les Équipements de Protection Individuelle (EPI) potentiellement contaminés avant de quitter la scène d'incendie afin de limiter le risque de contaminer leurs véhicules, bureaux, et habitations (ou changer de vêtements pour ne pas propager les contaminants à des zones « propres » éloignées du site).

12.6.1.3.3 Si les investigateurs choisissent de laver leurs tenues à la maison, les vêtements contaminés ne devraient pas être nettoyés avec les vêtements « non contaminés », pour éviter le risque de contamination croisée. Les investigateurs devraient examiner la possibilité d'utiliser régulièrement les services de nettoyage spécialisé, pour s'assurer au mieux que leurs vêtements de protection ne contiennent pas de contaminants dangereux susceptibles de générer des effets à court terme ou à long terme sur leur santé.

12.6.1.3.4 Dans les situations où ces préconisations ne sont pas mises en œuvre ou pas d'application pratique, les investigateurs devraient utiliser une méthode de décontamination basique qui consiste à frotter et à rincer la tenue et l'équipement avec du savon (détergent) et de l'eau. Il faudrait appliquer cette méthode en accord avec les recommandations particulières des fabricants concernant leurs équipements respectifs tels que les masques à gaz.

12.6.2* Exemples d'équipements de protection individuels (EPI). Le tableau 12.6.2 présente des exemples d'EPI et indique la partie du corps qu'ils protègent.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Table 12.6.2 Protection du corps par des EPI

Parties du corps	Exemples d'EPI
Yeux	Lunettes de sécurité, des lunettes, UV, soudage et laser
Visage	Masque facial
Tête	Chapeau dur, casque
Pieds	Chaussures de sécurité, bottes
Les mains et les bras	Gants
Corps (torse)	Gilets, tabliers, combinaisons de protection chimique
Audition	Bouchons Bouchons de canal, et cache-oreilles
Respiratoire	Appareils respiratoires filtrants (*APR*) Appareils respiratoires adduction d'air filtré respirateurs (*PAPR*) Appareil respiratoire autonome, à adduction d'air (*SCBA*)

12.7 Plans d'action d'urgence. Un certain nombre de situations d'urgence sont susceptibles de se présenter lors des investigations sur une scène d'incendie. La mise en œuvre d'actions adaptées par les personnes présentes sur site diminuera les conséquences potentielles de ces cas d'urgence. Dans les normes OSHA 1910.38 applicables à l'industrie d'une façon générale, on trouve l'exigence d'élaborer et de mettre en place un plan d'action d'urgence. Cette norme mentionne ce qu'il est nécessaire de faire lors d'une urgence de type incendie, mais traite également d'autres situations d'urgence. Un plan d'action d'urgence lorsque deux investigateurs mènent les investigations peut être simple et leur être communiqué oralement. Sur les scènes d'incendie plus étendues et plus complexes où il y aura un grand nombre d'investigateurs présents et susceptibles de travailler à différents endroits du bâtiment ou du site, il peut être nécessaire d'élaborer un plan d'action plus formel. Les exemples de procédures présentées du 12.7.1 au 12.7.5 ont pour objectif de fournir à l'investigateur les informations de base qu'on devrait retrouver dans les plans d'action d'urgence.

12.7.1 Procédures d'évacuation d'urgence. Il faudrait élaborer et mettre en place une procédure d'évacuation d'urgence dans l'éventualité où le site sinistré aurait besoin d'être évacué à cause d'un mouvement de la structure du bâtiment, d'une fuite accidentelle de matière dangereuse, de mauvaises conditions météorologiques, ou de toute autre condition périlleuse inattendue. La procédure devrait comprendre un mode d'alerte, des chemins d'évacuation, un point de rassemblement, et un mode de comptabilisation de toutes les personnes qui travaillaient sur le site. Cette procédure peut être formelle et écrite ou discutée entre tous ceux présents au cours des opérations d'investigation. Ces informations devraient être communiquées aux investigateurs supplémentaires ou aux groupes de visiteurs au fur et à mesure qu'ils arrivent sur site.

12.7.2 Procédures d'urgence médicale. Cette procédure peut être écrite ou simplement communiquée aux participants au cours d'une réunion sur la sécurité. Cette procédure d'urgence médicale devrait comprendre l'adresse des hôpitaux ou de tout autre cabinet médical assurant les urgences, les numéros de téléphone des services d'urgence (SAMU), l'emplacement de la trousse de premiers secours placée sur le site, et les coordonnées des responsables de la scène sinistrée. On peut y trouver des éléments complémentaires en fonction des nécessités dictées par les conditions ou la localisation du site.

12.7.3 Procédures liées aux fortes intempéries. Comme pour les procédures précédemment évoquées du 12.7.1 au 12.7.2 la procédure intempéries ne sera à prendre en compte qu'en cas de risque sur le site considéré. Lorsque les conditions météorologiques sont susceptibles de changer rapidement, il est utile d'avoir organisé et discuté du mode d'alerte et de l'endroit où se trouve le point de rassemblement.

12.7.4 Procédure d'urgence en cas d'incendie. A supposé que l'incendie objet des investigations ait été éteint, il existe néanmoins au cours des opérations d'investigation sur une scène d'incendie ou d'explosion des circonstances susceptibles de mener à un départ de feu. La mise en œuvre d'engins mécanisés, d'outils portatifs, d'équipements de découpage et de soudage peuvent tous constituer des sources d'ignition possibles. On peut trouver sur site des substances inflammables autres que les combustibles ordinaires telles que des matières dangereuses ou les gaz alimentant le bâtiment. Cette procédure d'urgence incendie devrait comprendre le numéro de téléphone et l'adresse de la caserne de pompiers la plus proche, le mode d'alerte des autres personnes travaillant sur le site, les chemins d'évacuation et points de rassemblement, et un mode de comptage des personnes. Ces informations devraient être communiquées à toutes les personnes qui travailleront sur le site indépendamment de leur niveau de responsabilité.

12.7.5 Plans d'action d'urgence complémentaires. On peut avoir besoin d'élaborer des plans d'action d'urgence complémentaires à partir de problématiques spécifiques à une scène d'incendie. Si des plans complémentaires étaient nécessaires, l'entité responsable sur site aurait la charge d'élaborer ces plans et de communiquer l'information relative à ces plans à tous ceux qui travaillent sur le site.

12.8 Tâches relatives à la sécurité à accomplir à l'issue des investigations. Il y a un certain nombre de tâches concernant la sécurité qui doivent être réalisées à l'issue des investigations sur une scène d'incendie ou d'explosion. Deux de ces tâches font l'objet des paragraphes 12.8.1 et 12.8.2.

12.8.1 Décontamination. La décontamination des personnes, des EPI, des vêtements, des outils et des équipements utilisés sur la scène d'incendie devrait être réalisée de manière à ne pas engendrer de contamination croisée et à ne pas exposer d'autres personnes. Le degré et l'ampleur de la décontamination devraient être en rapport avec les dangers identifiés et le niveau d'exposition à la contamination.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

12.8.2 Examen médical. L'exposition à des dangers pour la santé au cours des opérations d'investigation incendie ou explosion devrait être enregistrée sur un document médical approprié. Si un investigateur a été exposé à des dangers pour sa santé, au cours des investigations, un examen médical complémentaire peut être nécessaire. Le rapport relatif à l'exposition et l'examen médical devraient être réalisés selon la politique et les procédures administratives. L'investigateur devrait également savoir que le rapport administratif et les exigences d'enregistrement sont également susceptibles de s'appliquer. (Voir l'OSHA 29 CFR 1910.120.)

12.9 Sécurité relative aux tâches réalisées en dehors de la scène d'incendie.

12.9.1 Les dispositions relatives à la sécurité s'appliquent aussi aux tâches auxiliaires liées à l'investigation mais ne concernant pas directement l'examen de la scène d'incendie ou d'explosion. Ces tâches auxiliaires comprennent la manipulation et le stockage des indices matériels, les analyses et les essais de laboratoires, et les reconstitutions ou démonstrations d'incendie ou d'explosions. Les consignes de sécurité basiques, telles le port de vêtements et d'équipements de protection, le stockage approprié et l'étiquetage visible des indices matériels dangereux, la maîtrise des risques liés à la température, aux produits toxiques, et à l'électricité, lors des reconstitutions ou des démonstrations devraient faire partie des protocoles de stockage des indices matériels, et des procédures d'analyse et d'essais.

12.9.2 Entretiens menés à l'extérieur du site sinistré. L'investigateur peut avoir à mener des interviews en dehors de la scène d'incendie à des endroits dont l'investigateur n'a pas la maîtrise totale. Dans une telle situation, l'investigateur devrait faire attention aux conditions environnantes ainsi qu'à tout autre élément de nature à présenter un risque pour lui. Les dangers liés à l'environnement comprennent notamment ; les chiens ou tout autre animal dangereux, un témoin armé, la présence de gang en activité dans le voisinage, ou toute autre situation qui pourrait mettre l'investigateur en danger.

12.9.3 Des informations utiles, relatives à la sécurité, à l'attention de ceux qui réalisent des travaux d'expertise sans rapport direct avec l'examen de la scène d'incendie ou d'explosion ou l'interview des témoins, peuvent être trouvées dans la NFPA 30, *Flammable and Combustible Liquids Code*, la NFPA 45, *Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals*, la NFPA 1403, *Standard on Live Fire Training Evolutions*, et la NFPA 1500, *Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program*. Des informations supplémentaires peuvent aussi être obtenues dans les différentes réglementations spécialisées telles que les documents OSHA (Occupational Safety and Health Administration), les documents EPA (Environmental Protection Agency), et les réglementations locales ou au niveau des états, et dans les documents rédigés par d'autres organismes de normalisation tels que le CGA (Compressed Gas Association), l'API (American Petroleum Institute), l'ASTM (American Society of Testing and Materials), l'ANSI (American National Standards Institute), et tout autre document susceptible d'être utile pour les activités d'investigation.

12.10 Dangers particuliers.

12.10.1 Actes criminels ou actes de terrorisme. L'incendie est un évènement qui peut résulter d'un acte criminel. Le dispositif de mise à feu peut ne pas être le seul objet laissé sur le site par l'auteur. Un dispositif incendiaire ou un explosif secondaire peut avoir été laissé sur le site dans l'intention de blesser les pompiers, les personnels des secours, ou les investigateurs. Un autre aspect à prendre en compte concerne les produits chimiques mis en œuvre dans le dispositif, qui peuvent avoir laissé des résidus, générant une exposition supplémentaire.

12.10.1.1 Dispositifs secondaires. La mise en danger potentielle du fait d'un dispositif incendiaire ou explosif secondaire est faible comparée à tous les autres dangers créés sur le site par le dispositif initial. Toutefois, l'investigateur devrait toujours se méfier de paquets ou de conteneurs insolites sur une scène criminelle. S'il existe une raison de penser qu'un tel dispositif peut être présent, il est nécessaire de contacter les autorités compétentes afin que des spécialistes « nettoient » la zone. Une coopération étroite entre les investigateurs et les spécialistes des services de déminage peut empêcher la destruction inutile de la scène de crime.

12.10.2 Résidus chimiques. Après que l'engin incendiaire ou explosif ait été sécurisé par le personnel approprié, il faudrait faire attention en manipulant le dispositif sécurisé ou tout résidu provenant de ce dispositif. L'exposition à des résidus chimiques peut être dangereuse pour l'investigateur. Des vêtements de protection adaptés et un appareil de protection respiratoire devraient être portés pour prélever de tels indices.

12.10.3 Terrorisme biologique et radiologique. Il peut être envisagé qu'au cours d'un acte terroriste soient également émises des particules biologiques ou radioactives. Généralement le personnel de secours sera averti de la situation alors qu'il intervient pour la maîtriser. Si on suspecte qu'une substance dangereuse de ce type a été émise, le site doit d'abord être sécurisé avant que les investigateurs puissent y pénétrer. S'il n'est pas possible de sécuriser la zone, et que l'investigation doive avancer, seuls des personnels

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

d'investigation formés pour travailler dans de telles conditions, devraient être autorisés à pénétrer sur la scène.

12.10.4 Laboratoires de préparation de stupéfiants. La réalisation d'investigations sur le site d'un laboratoire de préparation de stupéfiants peut exposer l'investigateur à des substances chimiques dangereuses. L'investigateur devrait prendre des dispositions adaptées pour éviter la contamination, notamment en portant un EPI approprié, en s'assurant que la décontamination a été effectuée, et que le site a été isolé pour empêcher le contamination d'autres personnes.

12.10.5 Exposition des outils et des équipements. La plupart des outils et des équipements mis en œuvre au cours des investigations peuvent avoir été contaminés après avoir été utilisés dans une atmosphère dangereuse. Les procédures, les équipements, les outils et les fournitures nécessaires au nettoyage de l'équipement doivent être en place avant d'entreprendre les investigations. Des dispositions doivent également être en place pour éliminer en toute sécurité les outils qu'on ne peut pas nettoyer.

12.11 Paramètres ayant une influence sur la sécurité sur le site. De nombreux paramètres différents sont susceptibles d'avoir une influence sur les dangers potentiels d'une scène d'incendie ou d'explosion. L'investigateur devrait rester constamment vigilant par rapport aux risques potentiels et s'assurer que les dispositions relatives à la sécurité sont suivies par toutes les personnes travaillant sur le site sinistré.

12.11.1 L'investigateur devrait déterminer l'état de toutes les énergies et de tous les fluides (électricité, gaz, et eau) à l'intérieur du bâtiment soumis à l'investigation. Il lui faudrait déterminer, avant de pénétrer, si les circuits électriques sont sous tension (le circuit principal, les circuits secondaires ou les installations provisoires), si les conduites de gaz sont pleines, et si la conduite d'eau principale et les circuits de distribution sont en service. Il est nécessaire de déterminer l'état des différents circuits de distribution des énergies et des fluides afin d'éviter que se produise un choc électrique, une fuite accidentelle de gaz ou d'eau au cours des opérations d'investigations.

12.11.2 Dangers électriques. Bien que les investigateurs incendie peuvent arriver sur le site des heures voire des jours après, ils devraient être capables d'identifier les dangers potentiels afin d'éviter les risques de blessures ou de décès. Les chocs ou les brûlures électriques sont susceptibles d'occasionner de sérieuses blessures voire des décès. Les investigateurs, tout comme les officiers de pompiers devraient apprendre à se protéger par rapport au risque électrique encouru alors qu'ils examinent une scène d'incendie. Le risque est particulièrement élevé au cours des investigations menées juste après un feu. Lorsque les conditions le justifient, l'investigateur devrait s'assurer que l'alimentation électrique du bâtiment ou de la zone concernée a été coupée avant de pénétrer dans une zone potentiellement dangereuse. L'investigateur devrait aussi savoir que les bâtiments peuvent avoir plusieurs alimentations distinctes et il devrait s'assurer que toutes les alimentations sont coupées avant de pénétrer dans une zone dangereuse. L'investigateur incendie ne devrait pas disjoncter l'alimentation électrique mais il devrait s'assurer que les personnes autorisées le font.

12.11.2.1 Lorsque l'alimentation électrique a été coupée, un marquage ou un verrouillage devrait être apposé au niveau du compteur, indiquant que l'alimentation électrique a été disjonctée. Concernant les risques électriques, il faut considérer que le danger est toujours présent. L'investigateur devrait vérifier personnellement que l'alimentation a été coupée. Cette vérification peut être effectuée en utilisant un voltmètre. Certains instruments permettent la mesure précise de la tension et de la résistance. D'autres dispositifs sont conçus simplement comme des indicateurs de courant alternatif. Ces matériels de la taille d'un stylo fournissent une alarme audio ou visuelle lorsque l'extrémité du système est placée sur le câble (nu ou isolé). Lorsque l'on utilise un voltmètre, son étendue de mesure doit correspondre à la tension délivrée dans le bâtiment qui fait l'objet des investigations. L'utilisation d'un équipement, qui n'est pas adapté, expose l'investigateur à un risque d'électrocution et expose les autres investigateurs situés dans la zone des essais à un risque important. S'il demeure un doute pour déterminer si un équipement est sous tension, les services techniques du fournisseur l'électricité devraient être appelés pour vérification.

12.11.2.2 L'investigateur peut se retrouver à travailler sur des scènes d'incendie où un câblage temporaire a été installé. Il devrait avoir à l'esprit que ce type d'installation destinée à alimenter l'éclairage ou d'autres équipements n'est pas toujours correctement montée, reliée à la terre, ou isolée et par conséquent elle peut ne pas être sûre.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 13 Sources d'information

13.1* Généralités.

13.1.1 Objectifs de la recherche d'information. Une investigation incendie approfondie comprend toujours l'examen de la scène d'incendie, soit par la visite du site réel, soit par l'étude des enregistrements précédemment effectués.

13.1.1.1 Par nécessité, une investigation incendie approfondie comprend aussi les entretiens ainsi que la recherche et l'analyse d'autres sources d'information. Ces tâches ne se substituent pas à l'examen de la scène d'incendie, elles viennent en complément.

13.1.1.2 L'examen de la scène d'incendie, les entretiens ainsi que la recherche et l'analyse d'autres sources d'information sont des tâches qui apportent à l'investigateur incendie de meilleures chances d'établir l'origine, la cause et les responsabilités d'un incendie.

13.1.2 Fiabilité de l'information obtenue.

13.1.2.1 Généralement, une information sollicitée ou obtenue par un investigateur incendie au cours d'une investigation incendie est aussi fiable que la source de l'information elle-même. Aussi, il est essentiel que l'investigateur incendie évalue la précision de la source de l'information. Assurément, aucune information ne peut être considérée précise ou fiable sans analyse préalable de sa provenance.

13.1.2.2 Cette évaluation peut se baser sur de nombreux paramètres différents, dépendant du type et de la forme de l'information. Ces paramètres concernent par exemple le bon sens de l'investigateur, les connaissances et l'expérience de l'investigateur, la réputation de la source d'information ou l'intérêt particulier de la source par rapport au résultat des investigations.

13.2 Dispositions légales.

13.2.1 Liberté de l'information.

13.2.1.1 La loi sur la liberté de l'information prévoit que l'information détenue par les agences fédérales soit accessible au public, sauf si la divulgation de certaines informations fait partie des exemptions prévues par la loi. La plupart des agences du gouvernement fédéral ont mis en place des procédures conçues pour satisfaire les dispositions de la loi. Ces procédures ont pour objectif d'informer le public de l'endroit où sont disponibles certaines sources d'information, et quels sont les recours pour le public si l'information demandée ne peut pas être divulguée.

13.2.1.2 A l'instar du gouvernement fédéral, la plupart des états ont promulgué des lois similaires qui offrent au public l'opportunité d'accéder à des sources d'information relatives au fonctionnement du gouvernement et aux travaux réalisés par celui-ci. Toutefois, les dispositions prévues par ces lois varient largement d'un état à l'autre.

13.2.2 Communications privées.

13.2.2.1 Les communications privées concernent les déclarations faites par les personnes dans le cadre d'une relation protégée comme celle entre mari et femme, avocat et client, prêtre et pénitent, et autres. De telles communications sont protégées par la loi contre la divulgation forcée vis-à-vis d'un témoin tenant lieu d'époux, de client ou de pénitent.

13.2.2.2 Les communications privées sont généralement définies par les lois des états. De ce fait, les dispositions prévues par ces lois varient largement d'un état à l'autre.

13.2.3 Communications confidentielles. Proches de la communication privée, la communication confidentielle est une déclaration faite dans des circonstances montrant que la personne qui fait la déclaration s'adresse à une personne en particulier et à personne d'autre.

13.3 Présentation de l'information.

Les sources d'information peuvent se présenter sous différentes formes. Généralement, l'information est disponible sous quatre formes ; orale, écrite, visuelle et électronique.

13.3.1 Information orale. Les sources d'information orale sont limitées par définition au langage parlé. Ces informations sur lesquelles l'investigateur peut s'appuyer concernent notamment les déclarations orales au cours des entretiens, les conversations téléphoniques, les enregistrements audio, les transmissions par radio, la diffusion sur les radios commerciales, et autres.

13.3.2 Information écrite. L'investigateur incendie peut compter sur des sources d'information écrite aux différentes étapes des investigations. Ces sources comprennent, sans s'y limiter, les rapports écrits, les documents écrits, les documents de référence, les journaux, et autres.

13.3.3 Information visuelle. Les sources d'information visuelle se limitent, par définition à celles qui sont réunies en utilisant le sens de la vue. De telles sources comprennent, sans s'y limiter, les photographies, les vidéos, les films, et les animations sur ordinateur.

13.3.4 Information électronique. Les ordinateurs font partie intégrante de l'information moderne et des systèmes de données. Aussi, un système informatique alimenté par toute source d'information est susceptible de fournir une profusion d'informations susceptibles d'être pertinentes pour l'investigateur incendie.

13.4 Entretiens.

13.4.1 Objectifs des entretiens. L'objectif d'un entretien est de réunir des informations à la fois précises et utiles. Les témoins sont susceptibles de fournir de telles informations sur l'incendie ou l'explosion, même s'ils n'étaient pas des témoins visuels du sinistre.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

13.4.1.1 L'investigateur devrait s'appliquer à identifier les paramètres séquentiels de l'inflammation le plus tôt possible. Les questions posées devraient couvrir les sujets abordées aux sections 18.3, 18.4 et 18.5.

13.4.1.2 Il est de la responsabilité de l'investigateur d'évaluer la qualité des renseignements fournis par le témoin au moment de l'entretien.

13.4.2 Préparation de l'entretien. L'investigateur incendie devrait se préparer soigneusement avant de mener n'importe quel type d'entretien, s'il veut obtenir des informations pertinentes et utiles. L'aspect le plus important de la préparation est la compréhension fine de toutes les facettes de l'investigation.

13.4.2.1 L'investigateur incendie devrait aussi organiser les modalités de l'entretien, c'est-à-dire quand et où aura lieu l'entrevue. Bien que le moment auquel l'entretien est organisé dépende de nombreux facteurs, le mieux serait de le faire le plus tôt possible après le sinistre incendie ou l'explosion.

13.4.2.2 Il peut être utile à l'investigateur de mener des entretiens préliminaires avant de commencer à examiner la scène d'incendie, bien que dans de nombreux cas, ceci ne soit pas réalisable.

13.4.2.3 Celui qui mène l'entretien et la personne interrogée devraient être soigneusement identifiés. L'entretien devrait donc débuter avec la déclinaison de l'identité de la personne qui conduit l'entretien. Il faudrait également enregistrer la date, l'heure et le lieu, ainsi que la présence éventuelle d'un témoin de l'entrevue.

13.4.2.4 La personne interrogée devrait aussi être complètement et clairement identifiée. Une identification formelle comprend notamment le patronyme complet de la personne, la date de naissance, le numéro de sécurité sociale, le numéro du permis de conduire, une description physique, l'adresse du domicile, le numéro de téléphone du domicile, l'employeur, l'adresse du lieu de travail, le numéro de téléphone professionnel et tout autre information jugée pertinente pour établir une identification formelle.

13.4.2.5 Enfin, l'investigateur incendie devrait également établir un plan modulable ou brosser les grandes lignes de ce qu'il souhaite aborder au cours de l'entrevue.

13.4.3 Enregistrements relatifs aux entretiens. Tous les entretiens, quelle que soit leur nature, devraient faire l'objet d'enregistrements. Les deux méthodes les plus couramment utilisées sont l'enregistrement audio ou la prise de notes au cours de l'entretien. Toutefois, ces deux méthodes tendent à distraire ou à ennuyer la personne interrogée, ce qui peut conduire à une rétention d'information. Le recours à des enregistrements vidéo peut constituer une méthode alternative. Ces enregistrements doivent être réalisés dans le respect des lois et de la réglementation applicable. L'investigateur devrait obtenir des déclarations écrites du plus grand nombre de témoins possible pour accroître leur recevabilité au tribunal.

13.5 Sources d'information administratives.

13.5.1 Municipalité.

13.5.1.1 Secrétaire de mairie. Le secrétaire de mairie gère les enregistrements administratifs relatifs aux permis du ressort de la municipalité et l'administration générale de la municipalité.

13.5.1.2 Responsable du cadastre. Le responsable du cadastre gère les enregistrements administratifs relatifs aux cartes et plans réels des biens privés, y compris les dimensions, les adresses, les propriétaires ainsi que la valeur imposable du bien et aussi les demandes de permis de travaux.

13.5.1.3 Trésorier municipal. Le trésorier municipal gère les enregistrements administratifs relatifs aux noms et adresses des propriétaires, noms et adresses des contribuables, description administrative des biens, montant des taxes payées ou dues sur l'immobilier et sur les biens personnels et propriétaires antérieurs du bien.

13.5.1.4 Département municipal de la voirie. Le département municipal de la voirie gère les enregistrements administratifs relatifs à la cartographie des rues, la cartographie des réseaux d'eau, des égouts, et des conduites gaz et électricité, la numérotation dans les rues, les noms des rues, les rues à l'abandon et les droits de passage, les allées et les droits de passage.

13.5.1.5 Département municipal des bâtiments. Le département municipal des bâtiments gère les enregistrements administratifs relatifs aux permis de construire, aux permis pour l'électricité ou pour les travaux sur les canalisations, aux projets et aux plans de détails constructifs et aux enregistrements réalisés par les différents inspecteurs municipaux.

13.5.1.6 Département municipal de la santé. Le département municipal de la santé gère les enregistrements relatifs aux certificats de naissance, aux rapports d'investigations sur la pollution et autres dangers pour la santé et les rapports des inspecteurs de la santé.

13.5.1.7 Commission municipale de l'éducation. La commission municipale de l'éducation gère les enregistrements administratifs concernant tous les aspects du système scolaire.

13.5.1.8 Département de la police municipale. Le département de la police municipale gère les enregistrements administratifs relatifs aux investigations criminelles locales et aux autres aspects des activités de ce département.

13.5.1.9 Département municipal de sécurité incendie. Le département municipal de sécurité incendie gère les enregistrements administratifs relatifs aux rapports d'incendies, aux rapports des urgences médicales, aux rapports d'inspection incendie et aux autres aspects des activités de ce département.

13.5.1.10 Autres services municipaux. Beaucoup d'autres bureaux, départements, et services existent au niveau municipal de l'administration. L'investigateur

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

incendie peut rencontrer plusieurs structures municipales dans chaque municipalité. Il peut avoir besoin d'informations émanant de ces sources complémentaires.

13.5.2 Comté.

13.5.2.1 Archiviste du comté. Le service de l'archiviste du comté gère les enregistrements administratifs relatifs aux transactions immobilières, aux hypothèques, aux certificats et aux contrats de mariage, aux divorces, aux testaments, aux contrats, aux droits de gages, aux certificats de naissance, aux certificats de décès, aux documents liés aux faillites et autres écritures exigées ou autorisées par la loi.

13.5.2.2 Secrétaire du comté. Le secrétaire du comté gère les enregistrements administratifs relatifs aux naturalisations, aux litiges civils, aux homologations, aux procès criminels et aux affaires générales du comté.

13.5.2.3 Responsable du cadastre. Le responsable du cadastre gère les enregistrements administratifs relatifs aux cartes et aux plans des biens immobiliers dans le comté, incluant les dimensions, les adresses, les propriétaires et les valeurs imposables.

13.5.2.4 Trésorier du comté. Le trésorier du comté gère les enregistrements administratifs relatifs aux noms et adresses des propriétaires, aux noms et adresses des contribuables, aux descriptions administratives des biens, aux montants des taxes payées ou dues sur les biens mobiliers et personnels, et à toutes les transactions fiscales du comté.

13.5.2.5 Coroner du comté/Médecin-légiste. Le coroner du comté/médecin-légiste gère les enregistrements administratifs relatifs aux noms et identifications des personnes décédées, aux dates d'investigation, aux biens retrouvés sur les personnes décédées, à la cause et aux circonstances des décès et aux documents concernant les volontés des personnes décédées.

13.5.2.6 Département du shérif du comté. Le département du shérif du comté gère les enregistrements administratifs relatifs aux investigations criminelles du comté et aux autres aspects des activités de ce département.

13.5.2.7 Autre services du comté. De nombreux autres services, départements et bureaux existent dans l'administration du comté. L'investigateur incendie peut rencontrer différentes structures administratives dans chaque comté. Il peut avoir besoin d'informations émanant de ces sources complémentaires.

13.5.3 État.

13.5.3.1 Secrétaire d'État. Le secrétaire d'État gère les enregistrements administratifs relatifs aux statuts et rapports annuels des sociétés, aux statuts des villes, des villages et des agglomérations, aux marques déposées et aux enregistrements de ces marques, aux actes notariés et aux codes commerciaux.

13.5.3.2 Trésorier d'État. Le trésorier d'État gère les enregistrements administratifs relatifs à l'ensemble des transactions fiscales au niveau de l'État.

13.5.3.3 Département d'État chargé des statistiques démographiques. Le département d'État chargé des statistiques démographiques gère les enregistrements relatifs aux naissances, décès et mariages.

13.5.3.4 Département d'État chargé des recettes. Le département d'État chargé des recettes gère les enregistrements administratifs relatifs aux recettes des taxes d'État pesant sur les contribuables, aux recettes des taxes d'État pesant sur les entreprises, ainsi qu'aux investigations passées, en cours ou à venir.

13.5.3.5 Département d'État chargé des règlements. Le département d'État chargé des règlements gère les enregistrements administratifs relatifs aux noms des détenteurs de licences professionnelles et de leurs antécédents, aux résultats des commissions de délivrance des licences, aux réclamations des consommateurs, aux investigations passées, en cours ou à venir et aux rapports annuels des organismes de charité.

13.5.3.6 Département d'État chargé du transport. Le département chargé du transport gère les enregistrements administratifs relatifs à la construction des autoroutes et aux travaux d'amélioration, à l'information sur les accidents de véhicules à moteurs, aux immatriculations des véhicules et aux examens du permis de conduire.

13.5.3.7 Département d'État chargé des ressources naturelles. Le département d'État chargé des ressources naturelles gère les enregistrements administratifs relatifs à la réglementation sur le poisson et le gibier, aux données concernant les permis de pêche et de chasse, aux données concernant les permis pour les camping-cars, à la réglementation sur les déchets et à la réglementation pour la protection de l'environnement.

13.5.3.8 Bureau du commissaire d'État chargé des assurances. Le bureau du commissaire d'État chargé des assurances gère les enregistrements administratifs relatifs aux compagnies d'assurances autorisées à exercer au sein de l'État, aux représentants des assurances possédant une licence professionnelle, aux réclamations des consommateurs et aux investigations passées, en cours ou à venir.

13.5.3.9 Police d'État. La police de l'État gère les enregistrements administratifs relatifs aux investigations criminelles du ressort de l'État et aux autres aspects des activités de ce service.

13.5.3.10 Bureau du capitaine des pompiers (*State fire marshal's office*). Le bureau du capitaine des pompiers gère les enregistrements

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

administratifs relatifs aux inspections incendie et aux activités de prévention, aux bases de données sur les incendies, et aux investigations après incendie.

13.5.3.11 Autres services de l'État. De nombreux autres services, départements et bureaux existent dans l'administration de l'État. L'investigateur incendie peut rencontrer différentes structures administratives dans chaque état. Il peut avoir besoin d'informations émanant de ces sources complémentaires.

13.5.4 Administration fédérale.

13.5.4.1 Ministère de l'agriculture. A l'intérieur de ce ministère, les services des subventions agricoles et de la nutrition gèrent les enregistrements administratifs relatifs aux subventions agricoles.

13.5.4.1.1 Le service de la consommation et des marchés gère les enregistrements administratifs relatifs aux inspections vétérinaires, aux entreprises d'abattage et de conditionnement de viande, aux inspections des élevages de volailles, et aux inspections des produits laitiers.

13.5.4.1.2 Le service des forêts gère les enregistrements administratifs relatifs aux activités forestières et aux exploitations minières.

13.5.4.1.3 Les activités d'investigations du département de l'agriculture sont rattachées au bureau de l'inspecteur général. La partie investigation du secrétaire de l'agriculture correspond au bureau des investigations.

13.5.4.2 Ministère du commerce. Au sein de ce ministère, le bureau des réseaux routiers gère les enregistrements administratifs relatifs aux programmes autoroutiers auxquels le gouvernement fédéral a participé.

13.5.4.2.1 Le service national de la pêche marine gère les documents administratifs relatifs aux noms, adresses et enregistrements de tous les bateaux pêchant dans les eaux territoriales.

13.5.4.2.2 Le bureau du renseignement commercial gère les enregistrements administratifs relatifs aux listes du commerce, aux études de contrats commerciaux, et aux rapports sur le commerce mondial.

13.5.4.2.3 Le bureau des brevets US gère les enregistrements relatifs à tous les brevets déposés aux États-Unis, ainsi qu'à la liste des avocats et agents enregistrés et travaillant pour ce bureau.

13.5.4.2.4 La division des missions commerciales gère les enregistrements administratifs relatifs aux informations sur les membres des missions commerciales.

13.5.4.2.5 Les activités d'investigation du département du commerce sont réalisées par le bureau des investigations et de la sécurité.

13.5.4.3 Ministère de la défense. Le ministère de la défense surveille toutes les branches militaires des services de l'armée, y compris l'armée de terre, la marine, le corps des marines, l'armée de l'air, et les gardes-côtes. Chacune de ces branches de l'armée gère les enregistrements administratifs relatifs à ses activités et à ses personnels. Chacune de ces branches possède des services qui mènent les investigations criminelles au sein de chaque branche de l'armée.

13.5.4.4 Ministère de la santé et des services aux personnes. Au sein de ce ministère, la FDA (*Food and Drug Administration*) gère les enregistrements administratifs relatifs à l'application des lois fédérales sous sa juridiction.

13.5.4.4.1 La sécurité sociale gère les enregistrements administratifs relatifs à ses activités.

13.5.4.4.2 Les activités d'investigation du département de la santé et des services aux personnes sont réalisées par le bureau de la sécurité et des investigations.

13.5.4.5 Ministère du logement et du développement urbain. Le ministère du logement et du développement urbain gère les enregistrements administratifs relatifs à tous les programmes de logement sociaux financés par le gouvernement fédéral. Les activités d'investigation du département du logement et du développement urbain sont réalisées par la division fiscale.

13.5.4.6 Ministère de l'intérieur. Au sein de ce ministère, le service de la faune aquatique et terrestre gère les enregistrements administratifs relatifs aux violations des lois fédérales sur le poisson et le gibier.

13.5.4.6.1 Le bureau des affaires indiennes gère les enregistrements administratifs relatifs au recensement dans les réserves indiennes, les noms, le degré de sang indien, la tribu, l'antériorité de la famille et l'adresse actuelle de tous les indiens, en particulier de ceux qui vivent dans les réserves fédérales.

13.5.4.6.2 Le service des parcs nationaux gère les enregistrements administratifs relatifs aux parcs et terres appartenant à l'administration fédérale ou gérés par elle.

13.5.4.6.3 Chaque division du ministère de l'intérieur possède ses propres bureaux d'investigation.

13.5.4.7 Ministère du travail. Au sein de ce ministère, les services de la gestion du travail gèrent les enregistrements administratifs relatifs aux informations sur les organisations patronales et les syndicats et leurs représentants.

13.5.4.7.1 L'administration des normes de travail gère les enregistrements administratifs relatifs aux lois fédérales sur le salaire minimum, les heures supplémentaires, l'équité des rémunérations et la discrimination du fait de l'âge.

13.5.4.7.2 Les activités d'investigation du ministère du travail sont réalisées par le bureau de la commission sur les retraites.

13.5.4.8 Ministère d'État.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

13.5.4.8.1 Le ministère d'État gère les enregistrements administratifs relatifs aux passeports, aux visas et aux licences d'import/export.

13.5.4.8.2 Les activités d'investigation du ministère d'État sont réalisées par le bureau des visas.

13.5.4.9 Ministère du transport. Au sein de ce ministère, le bureau de la sécurité environnementale et des consommateurs gère les enregistrements administratifs relatifs à ses programmes pour la protection de l'environnement, pour l'amélioration de la sûreté et de la sécurité des passagers, et du fret dans les transports nationaux et internationaux, et pour la surveillance du transport de matières dangereuses.

13.5.4.10 Trésor public. Le Trésor Public gère les enregistrements administratifs relatifs au respect de toutes les lois fédérales sur les impôts.

13.5.4.11 Ministère de la justice. Au sein de ce ministère, la division antitrust gère les enregistrements administratifs relatifs aux sources d'information fédérales concernant les questions d'anti-trust.

13.5.4.11.1 Le « *Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives* » (ATF) gère les enregistrements administratifs concernant les entreprises de distillation, les brasseries, et les personnes ou les entreprises qui fabriquent ou manipulent de l'alcool ; les distributeurs de boissons alcoolisées ; les fabricants et distributeurs de produits à base de tabac ; l'enregistrement des armes à feu ; les détenteurs d'une License fédérale de port d'arme, y compris les fabricants, les importateurs, et les distributeurs ; les détenteurs d'une licence fédérale de possession d'explosifs, y compris les fabricants, les importateurs, et les distributeurs ; et l'origine de toutes les armes à feu fabriquées et importées après 1968.

13.5.4.11.2 La division des droits civils gère les enregistrements administratifs relatifs à l'application de toutes les lois fédérales portant sur les droits civils qui interdisent la discrimination du fait de la race, de la couleur de peau, de la religion ou de la nationalité d'origine dans les domaines de l'éducation, de l'emploi, et du logement et sur l'utilisation des sites et logements publics.

13.5.4.11.3 La division criminelle gère les enregistrements administratifs relatifs à l'application de toutes les lois fédérales sur les crimes à l'exception de celles qui sont du ressort des divisions anti-trust, des droits civils ou du trésor public.

13.5.4.11.4 Le service d'application des lois sur les stupéfiants gère les enregistrements administratifs relatifs à tous les détenteurs autorisés de narcotiques, le marché légal des narcotiques et drogues dangereuses, et l'application des lois fédérales sur les narcotiques et autres drogues.

13.5.4.11.5 Le bureau fédéral d'investigation (*Fédéral Bureau of Investigation*) gère les enregistrements administratifs relatifs aux affaires criminelles, aux empreintes digitales et à l'application des lois fédérales sur les crimes.

13.5.4.11.6 Le service d'immigration et de naturalisation gère les enregistrements administratifs relatifs aux immigrants, aux étrangers, aux passagers et équipages de bateaux en provenance de ports étrangers, aux naturalisations, aux procédures d'expulsion et aux déclarations financières des étrangers et des personnes finançant leur entrée aux États-Unis.

13.5.4.12 Service postal U.S. Le service postal U.S. gère les enregistrements administratifs relatifs à toutes les tâches de ce service. Les activités d'investigation du service postal U.S. sont réalisées par le bureau de l'inspecteur des postes.

13.5.4.13 Ministère de l'énergie. Le ministère de l'énergie est un département exécutif du gouvernement des U.S. qui travaille à satisfaire les besoins de la nation en énergie. Le ministère développe et coordonne les politiques et les programmes nationaux sur l'énergie. Il encourage les économies sur les combustibles et sur l'électricité. Il conduit aussi des recherches afin de développer de nouvelles sources d'énergie et d'utiliser de manière plus efficace les sources actuelles. Le secrétaire à l'énergie, qui est membre du conseil des ministres, dirige le département.

13.5.4.14 Ministère de la sécurité intérieure des États-Unis. Le ministère de la sécurité intérieure, créé après les attaques terroristes du 11/09/11, est un département exécutif du gouvernement américain qui travaille à assurer les besoins en sécurité de la nation. Ce ministère développe et coordonne les politiques et les programmes de sécurité nationale grâce des mesures de protection des frontières, des moyens de transport, et des infrastructures. Le secrétaire de la sécurité intérieure, qui est un membre du cabinet du président, dirige le ministère.

13.5.4.14.1 Les Douanes US et la protection des frontières (CBP) gèrent les enregistrements administratifs concernant les importateurs ; les exportateurs ; les courtiers en commerce international ; et les transporteurs internationaux ; ainsi que le registre, les inscriptions et la délivrance de licences, qui ne sont pas du ressort des garde-côtes ou des États-Unis, aux bateaux, qui transportent des marchandises vers et en provenance des États-Unis.

13.5.4.14.2 Les services secrets US gèrent les enregistrements administratifs concernant la contrefaçon et la falsification de la monnaie et des devises US ainsi que les enregistrements relatifs à tous types de menaces à l'encontre du président et de sa famille proche, du vice-président, du président précédent et de leurs épouses, des épouses des présidents décédés, des enfants jusqu'à l'âge de 16 ans des présidents décédés, des futurs présidents et vice-présidents, des candidats majeurs aux fonctions de président et de vice-président, et des chefs d'États des pays étrangers en visite aux États-Unis.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

13.5.4.14.3 Les garde-côtes américains gèrent les enregistrements administratifs concernant les personnes au service de navires enregistrés aux US, les bateaux équipés de moteurs montés à demeure, les bateaux de plus de 4.9 m (16 ft) de long équipés de moteurs démontables, les informations sur où et quand les bateaux quittent et regagnent les ports des U.S. et les violations des lois sur la protection de l'environnement.

13.5.4.14.4 Le service fédéral de gestion des secours, un service du ministère de la sécurité intérieure, fournit l'organisation, la préparation, l'intervention, et l'aide en cas de catastrophe qu'elle soit d'origine naturelle ou liée à l'activité humaine ; fournit l'assistance au niveau fédéral pour l'intervention des secours, l'aide, et le retour à la normale aux entités au niveau des états ou aux entités locales impactées par une catastrophe déclarée au niveau fédéral.

13.5.4.14.5 L'administration américaine des services incendie gère une grande quantité de programmes relatifs à la lutte contre l'incendie, des formations, des sessions éducatives, ainsi que des informations techniques et statistiques relatifs à l'organisation/la prévention/la gestion de toutes les questions touchant l'incendie aux États-Unis, y compris les alertes, la communication des alertes, l'incendie volontaire, les incendie allumés par les enfants, la communication, la protection des bâtiments sensibles (EMR-ISAC), les services médicaux d'urgence, les services de secours, l'administration des services incendie, la santé et la sécurité des pompiers, les matières dangereuses, la gestion des accidents, la gestion des carrières, le terrorisme, et les feux de forêts.

13.5.4.14.5.1 L'administration américaine des services incendie gère une base de données importante d'informations concernant les incendies par l'intermédiaire de la gestion du système national d'enregistrement des feux (NFIRS).

13.5.4.14.5.2 De plus, l'administration gère les enregistrements sur la recherche en cours en matière d'investigation après-sinistre, les informations sur les programmes de sensibilisation à l'incendie volontaire, ainsi que les sujets techniques et faisant référence concernant l'investigation incendie ; elle coordonne enfin, la distribution du logiciel de système de gestion de l'information sur l'incendie volontaire (AIMS).

13.5.4.15 Administration nationale des océans et de l'atmosphère. Les données météorologiques passées et présentes de toutes les stations des États-Unis peuvent être obtenues auprès du centre national des données climatiques à Asheville, Caroline du Nord. Les stations locales peuvent fournir des données concernant leur zone géographique.

13.5.4.16 Autres agences fédérales. Il existe de nombreuses autres agences et commissions qui se situent au niveau du gouvernement fédéral. Toutes ces agences et ces commissions gèrent différents enregistrements administratifs. Aussi, l'investigateur incendie peut avoir besoin de solliciter des renseignements auprès de ces sources supplémentaires. Le comité du Sénat U.S. relatif au fonctionnement du gouvernement publie un document de référence très pratique dont le titre est *Chart of the Organization of Federal Executive Departments and Agencies.* Il contient un tableau qui indique la désignation exacte d'un service, d'une division ou d'un bureau et la place qu'il occupe dans la structure organisationnelle d'un ministère ou d'une agence. Avec l'aide de ce document, l'investigateur incendie ne devrait pas rencontrer de difficultés pour déterminer la compétence administrative d'une agence ou d'une commission dépendant du gouvernement fédéral.

13.6 Sources d'information privées.

13.6.1 *National Fire Protection Association* (NFPA).

13.6.1.1 La NFPA a été créée en 1896 afin de promouvoir la recherche et d'améliorer les méthodes de prévention et de protection incendie, d'élaborer et de faire circuler les informations concernant ces sujets et de favoriser la collaboration des membres en établissant ses propres barrières visant à éviter la perte de vies humaines et de biens. La NFPA est une organisation internationale d'intérêt public, œuvrant dans les domaines techniques et dans le domaine de la formation.

13.6.1.2 La NFPA développe et distribue les *National Fire Codes®*. En plus de ces codes, la NFPA développe et distribue une profusion d'informations techniques, dont beaucoup présentent un intérêt technique réel pour l'investigateur incendie.

13.6.1.3* Chaque année la NFPA finance seule ou en partenariat des programmes de formation à l'investigation incendie dans différentes villes ou pays.

13.6.2 *Society of Fire Protection Engineers* (SFPE). Créée en 1950, la « *Society of Fire Protection Engineers* » est une organisation professionnelle réunissant les ingénieurs impliqués dans les différents domaines de la protection incendie. La SFPE travaille pour faire progresser l'ingénierie de la protection incendie et les sujets connexes, pour garantir un niveau d'éthique élevé parmi ses membres, et pour favoriser la formation en ingénierie de la protection incendie.

13.6.3 *American Society for Testing and Materials* (ASTM).

13.6.3.1 L'*American Society for Testing and Materials*, créée en 1898, est une organisation scientifique et technique qui a pour objectif de développer des normes sur les caractéristiques et les performances des matériaux, des produits, des systèmes et des services et de diffuser les connaissances associées. C'est la plus importante source mondiale de normes consensuelles d'application volontaire.

13.6.3.2 Beaucoup de ces normes concernent des méthodes d'essais relatifs au feu reconnues et souvent demandées par les investigateurs incendie. Les normes qui traitent de ces essais feu sont présentées au chapitre 16 de ce guide.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

13.6.4 Fondé en 1918, *l'American National Standards Institute* (ANSI) est une organisation privée à but non lucratif qui favorise le développement de normes nationales américaines « *American National Standards* » (ANSs) en accréditant les procédures d'organismes développant ces normes « *standards developing organizations* » (SDOs). Ces groupes travaillent en coopération afin de développer des normes consensuelles nationales d'application volontaire. L'accréditation par l'ANSI signifie que les procédures mises en œuvre par l'organisme de normalisation pour développer des normes nationales américaines satisfont les exigences essentielles de l'ANSI en matière d'ouverture, d'équilibre, de consensus, et de procédures prévues.

13.6.5 *National Association of Fire Investigators* (NAFI).

13.6.5.1 La « *National Association of Fire Investigators* » a été créée en 1961. Ses principaux objectifs sont d'accroître les connaissances et d'améliorer les compétences des personnes chargées de l'investigation et de l'analyse des incendies et des explosions ou du règlement des litiges qui fait suite aux investigations.

13.6.5.2 Cette association a aussi créé et fait vivre le Comité national de certification. Chaque année, ce comité certifie des investigateurs incendie et explosion, des formateurs à l'investigation incendie, et des investigateurs spécialisés dans les feux de véhicules. Grâce à ce programme, ces certifiés sont reconnus pour leurs connaissances, leur formation et leur expérience et sont acceptés pour leur expertise.

13.6.6 *International Association of Arson Investigators* (IAAI).

13.6.6.1 « *L'International Association of Arson Investigators* » a été fondée en 1949 par des représentants des services publics et des acteurs privés afin de s'occuper des questions d'incendie, notamment de l'incendie volontaire. Les objectifs poursuivis par cette association sont de s'efforcer de contrôler l'incendie volontaire et autre crimes qui s'y rattachent à travers l'éducation et la formation, en plus de proposer de la formation à l'investigation incendie par des stages à l'attention des débutants ou des stages de perfectionnement. L'IAAI a développé des délégations un peu partout dans le monde.

13.6.6.2 Outre le séminaire annuel, il existe aussi des séminaires régionaux centrés sur la formation des investigateurs incendie. L'Association publie le *Fire and Arson Investigator*, magazine trimestriel. L'IAAI propose un examen écrit pour les investigateurs qui satisfont aux prérequis de l'IAAI dans le cadre d'une certification de personne.

13.6.7 Organisations régionales sur l'investigation incendie. En plus de la « *National Association of Fire Investigators* », de « *l'International Association of Arson Investigators* » et de ses délégations, il existe de nombreuses organisations régionales sur l'investigation incendie. Ces organisations existent généralement sous la forme « *d'arson/fire task forces* » au niveau local ou au niveau des états, de groupements professionnels ou de groupes d'investigateurs incendie, ou d'équipes ayant vocation à s'entraider sur les investigations incendie.

13.6.8 Les agences immobilières. Les agences immobilières gèrent certains enregistrements qui pourraient se révéler utiles pour l'investigateur incendie au cours des ses investigations. A côté des enregistrements sur les personnes ou sur la clientèle qui vendent ou achètent des biens, les agences immobilières gèrent souvent des collections importantes de photographies de maisons et de biens situés dans leur périmètre d'action. Ces photographies peuvent présenter un intérêt pour l'investigateur incendie.

13.6.9 Les promoteurs. Les promoteurs constituent une autre source d'information intéressante. Les documentations issues de telles sociétés comprennent des cartes et des plans de lotissement, des indices d'achat et de vente des biens immobiliers, des dossiers de dépôt fiduciaire contenant les instructions, les promesses de vente, et les règlements, ainsi que les extraits et titres de propriétés.

13.6.10 Organismes de financement. Les organismes de financement, comprenant les banques, les associations d'épargne et de prêt, les courtiers, les agents de transfert bancaire, les agents de paiement des dividendes et les organismes de prêts gèrent des enregistrements qui peuvent constituer des sources d'information intéressantes. A côté des renseignements financiers sur une personne ou sur une affaire, les enregistrements des organismes de financement contiennent d'autres informations sur les différentes facettes de la vie des personnes ou de l'histoire des entreprises.

13.6.11 Compagnies d'assurance.

13.6.11.1 Les compagnies d'assurance sont évidemment directement concernées par les conséquences d'un incendie ou d'une explosion. Le tout premier sujet qui intéresse les sociétés d'assurance dans les investigations est la mise en évidence des incendies volontaires et d'autres types de fraudes. Les compagnies d'assurance sont cependant aussi à même de fournir des informations à l'investigateur incendie sur le bâtiment ou le véhicule concerné et sur l'assuré. *(Voir la section 11.5.6.5.)*

13.6.11.2 Les compagnies d'assurance ont également fondé le « *Property Insurance Loss Register* » (PILR), qui collecte les rapports des sinistres de biens suite aux incendies, aux cambriolages ou aux vols. Il s'agit d'une base de données informatique, répertoriant l'assureur qui a payé le sinistre, la personne qui a bénéficié du remboursement, le type de sinistre ainsi que d'autres informations connexes. Cette base peut constituer une source d'information valable pour un investigateur incendie.

13.6.12 Établissements d'enseignement. Les établissements d'enseignement sont rarement vus

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

comme des sources de renseignements par les investigateurs incendie. Les enregistrements gérés par ces établissements peuvent cependant donner un aperçu sur la formation et les centres d'intérêt d'une personne.

13.6.13 Fournisseurs eau/gaz/électricité/téléphone. Du fait de leur activité ces fournisseurs gèrent des bases de données importantes, notamment sur leurs clients. L'investigateur incendie ne devrait pas oublier que ces compagnies, qu'elles soient publiques ou privées, gèrent aussi des enregistrements relatifs à la qualité et aux problèmes associés à la distribution de leurs produits et services.

13.6.14 Organisations professionnelles. Les organisations professionnelles sont souvent l'une des sources d'informations les plus pertinentes pour l'investigateur incendie. Ces organisations sont chargées de faire valoir les intérêts d'un certain nombre de professions importantes. La valeur qu'elles représentent pour l'investigateur incendie réside dans le fait que chaque organisation s'intéresse à un métier spécifique ou à une discipline. Aussi, elles fonctionnent souvent comme un bureau rassemblant les connaissances dans le domaine d'expertise des métiers considérés. A côté de cette expertise, la plupart des organisations professionnelles développent et distribuent des documents qui peuvent servir de références pour l'investigateur incendie.

13.6.15 Stations de télévision locale. Les stations de télévision locales envoient souvent des équipes pour couvrir les incendies méritant d'être évoqués. Des copies de leurs vidéos peuvent être obtenues si elles sont toujours disponibles. Les stations de télévision ont aussi des enregistrements de la météorologie locale et quelques données qui proviennent d'observateurs amateurs de météorologie sur des zones éloignées des aéroports.

13.6.16 Réseaux de détection des éclairs. Les réseaux de détection d'éclairs peuvent permettre d'établir le moment et la localisation (dans un rayon de 500 m) des décharges lumineuses. Les historiques, y compris les rapports de toutes les chutes de foudre détectées un certain temps avant l'incendie, sont aussi disponibles.

13.6.17 Autres sources privées. Il existe beaucoup d'autres sources d'information privées. Toutes ces sources privées gèrent un grand nombre d'enregistrements. Aussi, l'investigateur incendie peut avoir besoin de demander des informations auprès de ces sources supplémentaires.

13.7 Conclusion.

Le nombre et la diversité des sources d'information relatives aux incendies, qu'elles soient publiques ou privées, sont pratiquement illimitées. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une liste exhaustive, les sources d'information énumérées dans ce chapitre devraient permettre à l'investigateur incendie de prendre conscience que sa capacité à recueillir de l'information sur un sinistre donné est pratiquement sans limite.

Chapitre 14 Planification de l'investigation

14.1* Introduction.

L'objectif de ce chapitre est d'identifier les considérations de base à l'attention de l'investigateur avant que celui-ci ne commence à examiner la scène d'incendie.

14.1.1 Indépendamment du nombre de personnes concernés, la nécessité de préparer l'investigation est une question qui demeure constante. Les paramètres susceptibles de conditionner le nombre d'investigateurs comprennent les contraintes budgétaires, les collaborateurs disponibles, la complexité des sinistres ayant causé des décès, des pertes de vie humaine, les dimensions des locaux à fouiller et les dimensions de la scène d'incendie.

14.1.2 La personne en charge de l'investigation après le sinistre devrait identifier les ressources qui sont à sa disposition et les ressources externes disponibles avant le moment où elle en a réellement besoin. Il est de sa responsabilité de se faire assister si nécessaire. Il est possible d'obtenir de l'aide auprès des administrations locales ou au niveau des états, des universités et des collèges d'Etats et auprès de nombreuses organismes publics ou privés.

14.1.3 Il est recommandé de mettre en pratique le concept d'équipe pour réaliser des investigations après le sinistre. On sait que pour de nombreux sinistres l'investigateur pourra avoir à photographier ou faire un schéma de la scène sinistrée, recueillir les indices, mener les entretiens et pourra être responsable des investigations de l'ensemble de la scène d'incendie sans aucune aide extérieure. Ces tâches, ainsi que toutes celles décrites dans ce guide, devraient pouvoir être réalisées indépendamment du nombre de personnes impliquées dans l'investigation.

14.2 Informations de base sur le sinistre.

Avant de commencer à examiner le site sinistré, il faudrait se renseigner sur un certain nombre d'évènements, de faits et de circonstances. Être précis, est important à ce stade, car une erreur pourrait invalider les résultats des investigations à suivre.

14.2.1 Localisation. A partir de l'instant où l'investigateur a été chargé des recherches sur un sinistre, il devrait essayer d'obtenir le maximum d'informations disponibles auprès du demandeur. Lorsque le site est éloigné,

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

il peut être nécessaire d'organiser le transport de l'équipe d'investigation sur le site sinistré. La localisation du sinistre peut aussi être à l'origine du besoin de matériel ou d'installation particulières *(Voir la section 14.4.1.)*

14.2.2 Date et heure du sinistre. L'investigateur devrait déterminer précisément le jour, la date, et l'heure du sinistre. Le temps écoulé depuis le sinistre peut influencer le programme de l'investigation. Plus le délai entre la date du sinistre et celle des investigations sur site est grand, plus il devient important d'étudier les documents et les informations existants tels que les rapports, les photographies, les plans du bâtiment et les schémas.

14.2.3 Conditions météorologiques. La météo le jour des investigations peut nécessiter des vêtements et des équipements adaptés. Les conditions climatiques peuvent aussi avoir une influence sur la durée, que les membres de l'équipe, ont devant eux pour travailler sur le site sinistré. Des conditions extrêmes peuvent nécessiter que des mesures de sécurité plus importantes soient prises pour protéger les membres de l'équipe, comme par exemple lorsque le poids de la neige affaiblit une structure. Les conditions météorologiques au moment du sinistre, telles que la direction et la vitesse du vent, la température, la chute de précipitions le cas échéant, devraient être connues car elles sont susceptibles d'avoir un effet sur la naissance et le développement du feu.

14.2.4 Ampleur et complexité d'un sinistre.

14.2.4.1 Selon l'ampleur et la complexité du sinistre, l'investigateur peut avoir besoin d'une assistance. Une zone sinistrée très étendue peut générer des difficultés de communications entre les personnels d'investigation ; des dispositions devraient être prises pour établir des moyens de communications efficaces.

14.2.4.2 L'ampleur et la complexité de la scène sinistrée conditionneront aussi la durée des investigations ; des dispositions pour nourrir et loger les membres de l'équipe peuvent être nécessaires. En général, plus le site sinistré est grand, plus il faudra du temps pour mener les investigations.

14.2.5 Type et usage du bâtiment.

14.2.5.1 L'investigateur devrait déterminer le type et l'usage du bâtiment sinistré. La destination ou l'activité du bâtiment (site industriel, usine chimique, entrepôt, centrale nucléaire, ou dépôt de déchets radioactifs par exemple) peuvent requérir la mise en rétention spécifique des résidus, des déchets contaminés ou radioactifs, y compris les eaux d'extinction, sur le site. De plus, des vêtements de protection adaptés, des appareils de protection respiratoires voire d'autres dispositifs de protection peuvent être nécessaires pour garantir la sécurité des intervenants sur le site sinistré. Les conditions rencontrées sur certains sites sont susceptibles d'être tellement dangereuses que les investigateurs ne puissent y travailler que pendant un temps d'exposition contrôlé.

14.2.5.2 Il est important de connaître le type de construction et les matériaux employés afin d'anticiper les problèmes qui pourraient être rencontrés par l'équipe d'investigation.

14.2.6 Nature et étendue des dommages.

14.2.6.1 Une information complète sur les conditions, qui seront rencontrées sur le site sinistré permet à l'investigateur de faire appel à des moyens spécifiques le cas échéant, tels que des moyens d'analyse, des experts spécialisés, du personnel supplémentaire et des équipements de sécurité adaptés. L'investigateur peut se trouver soumis à des contraintes de temps et il devra s'organiser en conséquence.

14.2.6.2 L'investigateur devrait vérifier que le démarrage des opérations d'investigation n'est pas contraire à d'éventuelles dispositions réglementaires arrêtées après le sinistre par l'administration, fédérale, de l'État, ou l'administration locale. Les circonstances qui ont conduit à ces dispositions sont souvent liées à la stabilité structurelle ou à la présence de substances dangereuses.

14.2.7 Contrôle de la scène sinistrée. L'investigateur devrait rapidement identifier les personnes, les autorités ou les entités qui sont propriétaires ou qui contrôlent le site. Les droits et les moyens d'accès devraient être établis. Le contrôle de la scène est un point à prendre en compte. Si possible, des dispositions devraient être prises pour préserver la scène jusqu'à l'arrivée du ou des investigateurs. Si ce n'est pas possible, des dispositions devraient être prises pour photographier et enregistrer l'état du site avant perturbation ou démolition des structures existantes.

14.2.8 Objectifs des investigations.

14.2.8.1 Alors qu'il prépare son intervention sur site, l'investigateur devrait rester conscient du rôle qui lui est assigné, du cadre des investigations et de l'étendue de ses responsabilités. Les différents investigateurs concernés peuvent être mandatés par le secteur privé ou par les autorités publiques. Il est nécessaire, que s'instaurent la coopération et le respect mutuel.

14.2.8.2 Les investigateurs, et en particulier les investigateurs privés, peuvent avoir besoin de faire l'effort de rechercher et d'informer toutes

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

les parties identifiées et qui sont juridiquement concernées par les investigations. *(Voir la section 11.3)*

14.3 Organisations des tâches.

14.3.1 Il y a des tâches de base qui sont couramment réalisées à chaque investigation. On peut citer l'animation et la coordination, la prise de photographies, la prise de notes, la réalisation de plans et de schémas *(voir le chapitre 15)*, les entretiens avec les témoins *(voir le chapitre 13)*, l'examen de la scène *(voir le chapitre 17)*, le prélèvement et la préservation des indices *(voir le chapitre 16)* et l'évaluation de la sécurité *(voir le chapitre 12)*.

14.3.2 En outre, une expertise dans des domaines spécialisés tels que l'électricité, les systèmes de chauffage et de climatisation, ou dans d'autres domaines techniques, est souvent nécessaire. L'investigateur devrait, si possible, trouver cette expertise parmi le personnel disponible. Dans la répartition des tâches, il faudrait exploiter les talents et les qualifications des membres de l'équipe.

14.4 Réunion de l'équipe avant investigation.

Si l'investigateur a constitué une équipe, une réunion devrait être organisée avant l'investigation sur site. Le responsable de l'équipe ou l'investigateur devrait s'occuper des questions de limites d'attribution et confier des tâches spécifiques aux membres de l'équipe. Il faudrait informer les personnes sur l'état du site sinistré et sur les précautions à prendre en matière de sécurité.

14.4.1 Équipements et installations. Chaque personne intervenant sur la scène d'incendie devrait être équipée de matériel de sécurité adapté, comme exigé. Des outils, en plus de ceux de base devraient aussi être disponibles. Les outils et les équipements énumérés dans les sections 14.4.2 et 14.4.3 ne sont pas nécessairement utiles sur toutes les scènes d'incendie, mais en organisant la visite sur site l'investigateur devrait se renseigner afin de savoir où se procurer ces outils et équipements si l'investigateur ne les amène pas avec lui.

14.4.2 Équipements individuels de sécurité. Les équipements individuels de sécurité recommandés comprennent notamment :

(1) Protection des yeux
(2) Torche électrique
(3) Gants
(4) Casque ou casquette renforcée
(5) Protection respiratoire (dont le type dépend de l'exposition potentielle)
(6) Bottes ou chaussures de sécurité
(7) Vêtements de travail ou combinaison

14.4.3 Outils et équipements. Les outils et équipements recommandés comprennent notamment :

(1) Matériel d'absorption
(2) Hache
(3) Balai
(4) Appareil photo et films

(Voir les recommandations figurant dans les sections 15.2.3.2 et 15.2.3.3.)

(5) Marteau
(6) Boussole ou tout autre dispositif de repérage des points cardinaux
(7) Conteneurs à indices

(Voir les recommandations figurant à la section 16.5)

(8) Étiquettes (autocollantes)
(9) Essuie-mains
(10) Hachette
(11) Détecteur d'hydrocarbures
(12) Échelle
(13) Éclairage
(14) Aimant
(15) Stylo
(16) Pinceaux
(17) Serviettes en papier/chiffons
(18) Couteau
(19) Pince coupante/coupe-fil
(20) Bloc multiprises
(21) Râteau
(22) Corde
(23) Règle
(24) Scie
(25) Tournevis (plusieurs types)
(26) Pelle
(27) Tamis
(28) Savon et produit de nettoyage pour les mains
(29) Gobelets en plastique
(30) Mètre-ruban
(31) Magnétophone
(32) Pinces
(33) Pince à épiler
(34) Ficelle
(35) Voltmètre/ohmmètre
(36) Eau
(37) Nécessaire pour écrire et dessiner

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

14.5 Experts et sapiteurs

14.5.1 Généralités. Lors de l'organisation de la visite sur site, la présence d'experts susceptibles de fournir une assistance technique peut apparaître nécessaire. L'investigation incendie comporte de nombreuses facettes différentes. Lorsqu'un investigateur se trouve face à un aspect qu'il connaît mal, il ne devrait jamais hésiter à faire appel à un confrère qui connaît mieux cet aspect ou a plus d'expérience sur ce sujet particulier. Par exemple, il y a quelques experts spécialistes des explosions.

14.5.1.1 On peut trouver ces spécialistes/experts dans les instituts ou les universités, auprès des agences gouvernementales (fédéral, état, ou local), chez les industriels, dans les cabinets de conseil ou autres. Lorsqu'un expert est requis, il est important de se rappeler qu'il faudrait éviter les conflits d'intérêt. L'identification à l'avance de ces spécialistes ou experts est recommandée. Les sous-sections 14.5.2 à 14.5.10 répertorient des exemples d'ingénierie professionnelle ou spécifique et de disciplines scientifiques, ainsi que les domaines dans lesquels les spécialistes sont susceptibles d'apporter une aide à l'investigateur incendie. Cette section n'a pas la vocation d'être exhaustive sur la provenance de ces experts et sapiteurs.

14.5.1.2 Il faudrait garder à l'esprit que l'investigation incendie constitue un domaine spécialisé. Les personnes, qui ne sont pas spécifiquement formées et expérimentées dans le domaine de l'investigation et de l'analyse des incendies, même si ce sont des experts dans des domaines proches, peuvent ne pas être suffisamment qualifiées pour rendre un avis technique sur l'origine et la cause d'un incendie. Une formation complémentaire ou une expérience équivalente est généralement nécessaire pour rendre des avis techniques sur l'origine et la cause des feux.

14.5.1.3 Les descriptions des sections 14.5.2 à paragraphe 14.5.10 sont générales et n'impliquent pas que la réalisation ou non d'une formation dans un domaine référencé, affecte les qualifications d'un expert particulier.

14.5.2 Ingénieurs ou scientifiques spécialistes des matériaux. Les spécialistes de ce domaine sont susceptibles d'apporter des connaissances pointues sur la façon dont les matériaux se comportent dans différentes situations, y compris la chaleur et le feu. Dans le cas des métaux, quelqu'un possédant une expérience en métallurgie doit pouvoir répondre à des questions sur la corrosion, les contraintes, la défaillance ou la fatigue, l'échauffement ou la fusion. Un scientifique dans le domaine des polymères ou un chimiste peuvent apporter une aide sur le comportement des plastiques à la chaleur et à d'autres conditions présentes au cours d'un incendie et aussi sur la combustion et sur l'inflammabilité des plastiques.

14.5.3 Ingénieur mécanicien. Le concours d'un ingénieur mécanicien peut être nécessaire pour analyser des systèmes mécaniques complexes ou des équipements tels que les systèmes de chauffage ou de ventilation et les équipements de climatisation, en particulier en examinant comment ces systèmes ont pu affecter le mouvement naturel des fumées à l'intérieur d'un bâtiment. L'ingénieur mécanicien devrait être en mesure de réaliser des essais de résistance aux contraintes.

14.5.4 Ingénieur électricien. Un ingénieur électricien peut donner des informations sur le système d'alarme du bâtiment, les installations de fourniture d'énergie, l'alimentation électrique ou tout autre système ou composant électrique. Un ingénieur électricien peut apporter une assistance pour quantifier les paramètres de fonctionnement nominal d'un système particulier et pour déterminer les modes de défaillance.

14.5.5 Ingénieur chimiste / chimiste.

14.5.5.1 Un ingénieur chimiste est formé sur les procédés chimiques, la dynamique des fluides et les transferts de chaleur. Lorsqu'un incendie concerne des produits chimiques, un procédé chimique, ou une usine chimique, l'ingénieur-chimiste peut aider l'investigateur à identifier et à analyser les modes de défaillance envisageables.

14.5.5.2 Un chimiste est formé à l'identification et à l'analyse des substances chimiques ; il peut apporter son concours à l'investigateur pour identifier un produit particulier trouvé sur la scène d'incendie. Le chimiste peut également réaliser des essais sur un produit afin de déterminer son comportement physico-chimique à la chaleur. Lorsqu'il y a des questions sur la toxicité, sur la réaction des personnes exposées à des produits chimiques ou sur les produits de décomposition chimique, un chimiste, un biochimiste, ou un microbiologiste devrait être consulté par l'investigateur.

14.5.6 Science du feu et ingénierie. Au sein des sciences du feu et de l'ingénierie, il existe de nombreux domaines d'expertise spécialisée ; les experts de ces domaines peuvent fournir des conseils ou une assistance technique à l'investigateur.

14.5.6.1 Ingénieur protection incendie. L'ingénierie de protection incendie couvre toutes les disciplines d'ingénierie traditionnelle dans le domaine des sciences et des technologies concernant l'incendie et l'explosion. L'ingénieur

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

spécialisé dans la protection incendie s'intéresse au rapport entre les sources d'ignition et les matériaux afin de déterminer ce qui a pu démarrer le feu. Il s'intéresse aussi à la dynamique du feu, et à la façon dont elle affecte différents types de matériaux et de bâtiments. L'ingénieur spécialisé dans la protection incendie devrait aussi connaître le principe de fonctionnement des systèmes de détection incendie et des systèmes d'extinction (détecteurs de fumée, sprinkleurs, ou systèmes au halon par exemple) ; il devrait pouvoir apporter une aide technique pour déterminer pourquoi et comment un système a pu échouer à détecter un feu ou à l'éteindre. La complexité du feu est telle que l'ingénieur de protection incendie a souvent à exploiter d'autres disciplines scientifiques ou d'ingénierie pour étudier comment le feu prend naissance, croît, et se développe. En outre, un ingénieur de protection incendie devrait connaître les codes relatifs à la construction et à l'incendie, les méthodes d'essais feu, le comportement au feu des matériaux, la modélisation des incendies et l'analyse des modes de défaillance.

14.5.6.2 Expert en technologies relatives à l'ingénierie du feu. Les personnes qui sont titulaires d'une licence dans le domaine des technologies mises en œuvre en ingénierie du feu, en ingénierie des technologies du feu et de la sécurité, ou dans une discipline proche ou reconnue équivalente ont, en principe, étudié la cinématique de l'incendie et les sciences du feu, l'investigation incendie y compris lorsque l'incendie est volontaire, les technologies d'extinction du feu, les stratégies d'extinction du feu, et le système de commandement, la protection incendie, la protection des bâtiments et la conception des systèmes, la prévention de l'incendie ; les matières dangereuses, les mathématiques appliquées et l'informatique, le comportement humain, la gestion de la sécurité et des sinistres, les codes et les normes sur l'incendie et la sécurité et la recherche sur les sciences du feu.

14.5.6.3 Technicien en ingénierie incendie. Les personnes titulaires d'un DEUG en ingénierie du feu et de la sécurité ou dans une discipline proche, ou reconnue équivalente ont en principe étudié les sciences et la cinématique du feu, l'investigation incendie y compris quand il s'agit de volontaires, les technologies, les stratégies et le gestion de l'intervention, la protection des bâtiments et la conception des systèmes, la prévention de l'incendie, les matières dangereuses, les questions scientifiques mathématiques et informatiques, le comportement humain, la gestion de la sécurité et des sinistres, les codes et les normes d'incendie et de sécurité et la recherche dans le domaine de l'incendie.

14.5.7 Expert issu de l'industrie. Lorsque l'investigation concerne une industrie particulière, un équipement, ou un procédé industriel, un expert du domaine peut se révéler utile pour comprendre parfaitement les procédés en jeu. L'expérience sur les dangers incendie spécifiques et sur les normes et réglementations concernant cette industrie ainsi que les équipements et procédés qu'elle met en œuvre peuvent être utiles à l'investigateur. On peut trouver des experts venant de l'industrie dans les entreprises, les fédérations professionnelles ou les associations.

14.5.8 Avocat. Un avocat peut fournir l'assistance nécessaire au niveau légal au regard des lois sur les preuves et indices et des lois sur la perquisition et la saisie ; il peut obtenir l'accès à la scène d'incendie ainsi que des ordonnances auprès des tribunaux.

14.5.9 Assureur/expert d'assurance. L'assureur ou son expert peuvent fournir à l'investigateur des informations concernant le bâtiment et son contenu avant l'incendie, les systèmes de protection incendie dans le bâtiment, et l'état de ces systèmes. Des informations concernant la couverture d'assurance et les sinistres précédents peuvent être disponibles.

14.5.10 2 Équipes de chiens. Les équipes chien/maître-chien formées peuvent aider les investigateurs à identifier les zones où réaliser des prélèvements en vue des analyses de laboratoire pour la recherche de liquides inflammables.

14.6* Gestion de l'investigation.

L'organisation de l'information générée tout au long des investigations et la coordination des tâches des différents acteurs devraient être gérées avec méthode. Le thème de la gestion des investigations dans le cas des investigations sur sinistres majeurs est traité au chapitre 27 de ce guide. Certaines des références à la fin de l'ouvrage abordent également ce sujet.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 15 Enregistrements des investigations

15.1* Introduction.

15.1.1 Les investigateurs réalisent des enregistrements sur les investigations incendie ou explosion, afin de documenter ce qui a été fait ou observé sur des supports qui leur permettront de réutiliser et de communiquer leurs observations plus tard. Pour réaliser ces enregistrements, ils utilisent souvent des photographies, des vidéos, des schémas, des cartes, des cassettes, des notes et des rapports.

15.1.2 La précision et l'exhaustivité des enregistrements des investigations sont critiques car les avis techniques et les conclusions se fondent sur la compilation de données factuelles qui doivent pouvoir être vérifiées. De nombreuses solutions sont à disposition de l'investigateur pour réaliser ces enregistrements.

15.2 Photographies.

15.2.1 Généralités. L'enregistrement visuel de la scène d'incendie peut être réalisé en utilisant des photographies numériques ou argentiques. Les images peuvent reconstituer la scène mieux que les mots. Elles constituent le moyen le plus efficace de conserver ce qu'a vu l'investigateur alors qu'il était sur site. Les indices et traces peuvent devenir plus évidents sur l'enregistrement qu'au moment où la photographie ou la vidéo ont été faites. Elles peuvent constituer des preuves dans les rapports et dans les dires des investigateurs.

15.2.1.1 Pour les photographies de la scène d'incendie et des investigations, la couleur est recommandée.

15.2.1.2 Pour que le photographe connaisse le matériel, il serait utile qu'il suive une formation basique sur la photographie ou la vidéo par l'intermédiaire d'un stage de formation professionnelle, d'un club photo ou d'un magasin de photo.

15.2.1.3 On devrait prendre autant de photographies qu'il est nécessaire pour enregistrer la scène d'incendie de façon satisfaisante. On sait que les considérations liées au temps et aux dépenses peuvent avoir des répercussions sur le nombre de photographies prises ; l'investigateur devrait juger de ce qu'il convient de faire en la matière. Il est de loin préférable de prendre trop de photos que trop peu.

15.2.1.4 La seule utilisation de vidéos, de films ou de diapositives n'est pas recommandée. Ils sont plus utiles s'ils viennent en complément des photographies. De plus, des équipements supplémentaires sont évidemment nécessaires pour visionner et exploiter les vidéos, les films ou les diapositives.

15.2.2 Délai. Prendre des photos pendant un incendie ou aussi vite que possible après est important pour enregistrer la scène d'incendie, car cette scène peut se trouver altérée, perturbée, ou même détruite. Les raisons pour lesquelles le délai est important sont notamment les suivantes :

(1) Le bâtiment risque de s'écrouler de façon imminente ou il doit être démoli pour des raisons de sécurité.

(2) L'état de ce que renferme le bâtiment génère un risque pour l'environnement qui nécessite qu'on s'en occupe immédiatement.

(3) Les enregistrements relatifs aux indices découverts sont à réaliser au fur et à mesure que les couches de débris sont déblayées, comme on le pratique lors de fouilles archéologiques. Réaliser des enregistrements concernant les différentes couches peut aussi aider à comprendre le déroulement de l'incendie.

15.2.3 Notions essentielles.

15.2.3.1 Généralités. Un des aspects fondamentaux de la photographie qu'un investigateur doit comprendre est comment fonctionne un appareil photo. La façon la plus facile d'apprendre comment fonctionne un appareil photo est de le comparer à l'œil humain.

15.2.3.1.1 L'un des paramètres les plus importants pour les photos prises lors des investigations incendie est la lumière. La scène d'incendie typique contient des sujets noircis et un arrière-plan noirci, ce qui est loin de correspondre à des conditions idéales pour prendre des photographies. Comme chacun le sait, lorsqu'une personne se trouve dans un local sombre, sa pupille se dilate pour capter plus de lumière ; de la même façon, un appareil photo doit réaliser cette opération. Normalement, la personne dans un local sombre allume la lumière pour accroître sa vision tout comme un photographe utilise un flash ou un projecteur pour améliorer ce que voit l'appareil photo.

15.2.3.1.2 L'œil humain et l'appareil photo forment tous deux une image à l'envers sur une surface sensible à la lumière ; le film dans l'appareil photo, et la rétine dans l'œil humain. La quantité de lumière admise est régulée par l'iris pour l'œil et par le diaphragme pour l'appareil photo. Pour les deux, la chambre traversée par la lumière est tapissée d'un revêtement noir destiné, à absorber la lumière parasite et à éviter la réflexion.

15.2.3.1.3 Quel que soit le type d'appareil photo ou de vitesse d'ouverture, ou qu'il s'agisse de diapositives ou de photos papier, il est recommandé d'utiliser des films en couleur. L'avantage d'un film couleur est que les photographies reproduisent de façon plus réaliste la scène d'incendie en montrant des variations de couleur entre les objets et les traces de fumée.

15.2.3.2 Types d'appareils photos. Il existe une multitude d'appareils photos à la disposition de l'investigateur, des modèles petits et bon marché jusqu'aux modèles sophistiqués comprenant une large gamme d'accessoires.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

15.2.3.2.1 Certains appareils photos sont entièrement automatiques, ce qui procure à certains investigateurs un sentiment de confort sachant que tout ce qu'ils ont à faire est de viser et de prendre les photos. Ces appareils photo vont régler la vitesse de défilement du film à partir d'un code sur le support de film, ajuster l'ouverture et mettre au point la lentille au moyen d'un faisceau infrarouge.

15.2.3.2.2 Les réglages manuels sont parfois souhaités par l'investigateur de façon à pouvoir prendre des photographies particulières que les appareils automatiques, avec leurs options d'office, ne peuvent pas réaliser. Par exemple, avec un appareil photo manuel, on peut prendre une série de photos avec des temps d'exposition séquentiels, afin d'obtenir au moins une photographie correctement exposée lorsque l'exposition correcte est difficile à mesurer. Il existe des appareils photos qui peuvent fonctionner en mode manuel comme en mode automatique, permettant un choix à partir du même appareil photo. La plupart des investigateurs préfèrent un appareil photo automatique.

15.2.3.2.3 Un appareil photo réflex équipé d'un objectif de 35 mm est préférable par rapport à d'autres formats, mais un investigateur qui possède un appareil photo équipé d'un objectif autre que du 35 mm, devrait continuer à prendre des photos comme recommandé ici. Un appareil photo de secours qui développe instantanément les photos peut être intéressant, en particulier pour photographier un élément de preuve important.

15.2.3.3 Film. Il existe de nombreux types de films avec différents indices de sensibilité disponibles en diapositives ou en films pour tirage papier. Il y a aussi de nombreuses sensibilités de films (classement ASA), en particulier en 35 mm. Comme le 35 mm (qui désigne la dimension du film) est le plus reconnu et utilisé par les investigateurs incendie, on ne parlera de la sensibilité du film que pour cette dimension. Les sensibilités courantes varient entre 25 et 1600 en couleurs et entre 25 et 6400 en noir et blanc. Les chiffres correspondent tout simplement à un système de classement. Lorsque le nombre augmente, le film demande moins de lumière. Lorsque les nombres ASA sont plus élevés, le film est meilleur dans des conditions de faible luminosité sans flash, l'inconvénient est que les agrandissements sont de piètre qualité, et qu'ils ont une apparence granuleuse. Le film ayant l'indice de sensibilité le plus faible avec lequel l'investigateur se sent à l'aise devrait être utilisé en raison d'un besoin potentiel d'agrandissements. La plupart des investigateurs utilisent des films ayant un indice de sensibilité ASA compris entre 100 et 400. Les investigateurs incendie devraient s'entraîner pour se familiariser avec le type et la sensibilité du film qu'ils entendent utiliser régulièrement.

15.2.3.4 Photographies numériques. Avec les avancées des technologies basées sur l'ordinateur et l'amélioration des appareils photos et de la technologie numérique, il y a un certain nombre de questions qui ont été soulevées concernant l'acceptation des photographies au cours des dépositions. A l'heure actuelle, il n'existe aucun texte qui interdise l'utilisation d'images numériques au tribunal. Avec les photographies numériques, comme avec toutes les photographies, les critères de « représentation précise et réelle » et de « pertinence par rapport au témoignage » doivent toujours être satisfaits.

15.2.3.4.1 Les images numériques peuvent être manipulées et altérées en utilisant des technologies informatiques facilement disponibles. Très souvent, des modifications légitimes de l'image peuvent être réalisées pour interpréter et comprendre davantage cette image. Des exemples de ces modifications incluent des améliorations numériques, l'augmentation de la luminosité, l'ajustement des couleurs, et le réglage des contrastes. Des techniques similaires sont aussi employées lorsque l'on développe un négatif pour obtenir des photos sur papier ; toutefois, le négatif demeure en tant qu'enregistrement permanent. Lorsqu'une image est améliorée, il incombe à l'investigateur de préserver l'image initiale et de dire clairement comment l'image a été post-traitée afin de ne pas induire en erreur celui qui recherche des faits.

15.2.3.4.2 Lorsque l'investigateur choisit d'utiliser un appareil numérique, il lui faudrait prendre des dispositions pour préserver l'image originale et pour établir une méthodologie qui permette l'authentification. Une procédure devrait être établie pour le stockage des images, comme l'enregistrement sur une capacité de stockage (CD ROM) empêchant l'altération des photos, ou l'utilisation d'un logiciel qui n'autorise pas que la modification des images originales soit sauvegardée en utilisant le nom du fichier initial, ou d'autres programmes qui pourraient être développés à l'avenir.

15.2.3.5 Objectif. L'objectif d'un appareil photo sert à focaliser la lumière et à imprimer l'image à la surface de la pellicule. Aujourd'hui, la plupart des objectifs sont constitués de plusieurs lentilles. L'investigateur incendie a besoin de comprendre le fonctionnement basique d'un objectif pour réaliser des photos de qualité. La surface convexe de la lentille focalise la lumière et la transmet vers l'arrière de l'appareil photo où se trouve la pellicule. Le diaphragme est une ouverture réglable sur l'objectif qui contrôle la quantité de lumière admise. Le réglage de l'ouverture s'effectue par segments d'ouverture désignés par la lettre f suivie d'un chiffre. Plus le chiffre est grand, plus l'ouverture est petite et donc moins la lumière pénètre. Ces nombres figurent sur la bague de réglage des objectifs. En principe, plus l'ouverture est petite (chiffre grand) meilleure est la qualité de la photo.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

15.2.3.5.1 Les distances focales des objectifs varient du standard (50 mm, le plus proche de l'œil humain), au grand angle (28 mm ou moins), au téléobjectif ou au zoom (typiquement 100 mm ou plus). L'investigateur doit définir quelles distances focales il utilisera le plus et se familiariser avec les possibilités de chacune d'entre elles.

15.2.3.5.2 La zone de définition ou profondeur de champ, est la distance entre les objets les plus éloignés et les objets les plus près qui seront nets à n'importe quel moment. La profondeur de champ dépend de l'éloignement de l'objet photographié, et de l'ouverture et de la distance focale de l'objectif utilisé. La profondeur de champ détermine la qualité de la photographie au niveau des détails. Pour une ouverture donnée, plus la distance focale est faible, plus la profondeur de champ est importante. Pour une distance focale donnée, une plus petite ouverture (nombre grand) donnera une plus grande profondeur de champ. Plus la profondeur de champ est grande, meilleur sera le rendu sur les détails. Il s'agit d'une technique qu'il est important de maîtriser. Ces paramètres de réglage de l'objectif sont les plus courants et l'investigateur a besoin de les connaître. Si l'investigateur utilise un appareil photo pourvu d'un objectif ayant une focale fixe, il n'a pas besoin de tenir compte des réglages sur la distance focale, l'objectif ayant été préréglé en usine. L'objectif recommandé a une distance focale réglable sur une plage de valeurs moyennes, soit entre 35 mm et 70 mm, permettant de disposer d'un grand angle avec une bonne profondeur de champ et de réaliser des macros avec un bon niveau de grossissement pour les objets photographiés de près.

15.2.3.6 Filtres. L'investigateur devrait être averti des problèmes potentiellement rencontrés avec l'utilisation de filtres colorés. A moins de connaître exactement les effets produits par l'utilisation de filtres colorés, il est recommandé de ne pas les utiliser. Si l'investigateur utilise des filtres colorés, il devrait également prendre une photo avec un filtre transparent. Les filtres transparents peuvent être utilisés en permanence et ils constituent un bon moyen de protéger l'objectif.

15.2.3.7 Éclairage. La meilleure source de lumière connue est le soleil. Aucune lumière artificielle n'est réellement comparable en termes de couleur, de définition et de clarté. Au lever et au coucher du soleil, à l'intérieur d'un bâtiment ou d'un local ou lors d'un jour couvert, une source de lumière de substitution sera très probablement nécessaire. Cette lumière peut être un projecteur ou un flash éventuellement avec effet stroboscopique intégré à l'appareil photo.

15.2.3.7.1 Une zone carbonisée a de faibles propriétés réfléchissantes, aussi une lumière artificielle du type projecteur est utile. Toutefois, les projecteurs ont besoin d'être alimentés par une source d'énergie provenant soit d'un groupe électrogène portable, soit d'une source d'alimentation sur laquelle on se raccorde à l'aide d'une rallonge multiprise avec cordon.

15.2.3.7.2 Les flashs sont nécessaires pour le travail de l'investigateur. Le flash devrait pouvoir être détaché du boîtier de l'appareil photo de façon à pouvoir le faire fonctionner sous un angle oblique par rapport à ce que l'objectif regarde. Cette façon de faire est intéressante car elle permet de réduire la réflexion, en offrant plus de profondeur de champ, et en accentuant la texture des surfaces endommagées par la chaleur et les flammes. L'autre avantage d'un flash détachable est que si le sujet à photographier couvre un large espace, on peut rechercher le meilleur compromis entre l'angle et la distance entre le flash et le sujet.

15.2.3.7.3 La technique qui consiste à couvrir une large scène est qualifiée de tableau photographique. On la met en œuvre en plaçant l'appareil photo en position fixe avec l'obturateur en position ouverte. Un flash peut être déclenché sous différents angles, afin d'éclairer de multiples sujets ou une zone étendue sous tous les angles. Le même effet général peut être obtenu par l'utilisation de flash multiples et en inhibant le dispositif d'asservissement.

15.2.3.7.4 Pour les photos de près, un flash annulaire réduira l'éblouissement et fournira un éclairage adapté au sujet. Plusieurs flashs placés à différents endroits sous des angles obliques peuvent aussi être utilisés pour donner un effet similaire à celui du flash annulaire.

15.2.3.7.5 L'investigateur devrait s'assurer que l'éblouissement produit par le flash ou par un projecteur ne dénature pas l'apparence réelle de l'objet. Par exemple, les dépôts de fumée pourraient apparaître plus clairs ou ne pas apparaître du tout. En outre, les ombres créées pourraient être interprétées comme des traces laissées par le feu. Les éclairages utilisés avec les caméras peuvent poser les mêmes problèmes que les flashs des appareils photos. L'utilisation de flash avec systèmes de réverbération ou de diffuseurs de lumière ou toute autre technique adaptée est susceptible réduire ces problèmes.

15.2.3.7.6 Si l'investigateur est inquiet sur le rendu d'une photo, il peut faire varier l'exposition. Concrètement cela revient à prendre des photos du même sujet à des niveaux d'exposition légèrement différents afin d'obtenir au moins une photo correctement exposée.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

NFPA 921 / 3

15.2.3.8 Autres types d'images. La technologie actuelle permet d'enregistrer des images mettant en œuvre des techniques spécifiques. Les images infrarouges ou laser et les photographies obtenues par microscopie peuvent être utilisées dans des conditions maîtrisées. Les possibilités offertes par la photographie laser pour enregistrer une empreinte digitale laissée sur un corps, constituent un exemple.

15.2.4 Composition et techniques.

15.2.4.1 Les photographies peuvent constituer les éléments, les plus probants, pour soutenir la théorie proposée par l'investigateur, sur l'évolution de l'incendie.

15.2.4.1.1 Au cours des investigations, une série de photos devrait être prise pour représenter le bâtiment et le contenu destinés à demeurer sur le site sinistré. L'investigateur prend généralement une série de photographies, en travaillant de l'extérieur vers l'intérieur du bâtiment et des zones intactes vers les zones les plus sévèrement touchées. Il termine habituellement en photographiant la zone et le point d'origine du feu, ainsi que les éléments qui ont pu contribuer à son éclosion. Déroger au plan global de prises de vues décrit dans cette section n'est pas nécessairement le signe d'une mauvaise méthodologie d'investigation.

15.2.4.1.2 Il peut être utile de photographier, et donc d'enregistrer, la scène d'incendie dans sa totalité et pas juste le point d'origine, comme il peut être nécessaire de montrer le niveau de contamination par la fumée ou la preuve de zones non-endommagées.

15.2.4.2 Photos séquentielles. Les photos séquentielles de la figure 15.2.4.2 permettent de comprendre la relation entre un sujet de petite taille et sa position relative dans une zone donnée. Le sujet est d'abord photographié de loin, où il est présenté dans son environnement. Des photos supplémentaires sont prises de plus en plus près, jusqu'à ce que le sujet occupe tout le cadre.

15.2.4.3 Mosaïque. Une mosaïque ou un assemblage de photographies peuvent être utiles lorsqu'un objectif ayant un angle suffisamment grand n'est pas disponible et qu'on souhaite une vue panoramique. On créée une mosaïque en assemblant un certain nombre de photos qui sont disposées en recouvrement pour donner un aperçu de la zone au-delà de la vision périphérique, comme montré sur la figure 15.2.4.3. L'investigateur doit identifier des objets se trouvant près du bord du cadre comme ils apparaîtront sur l'image et il doit prendre la photo suivante en faisant apparaître ce même point de référence sur le côté opposé du cadre. Les deux photos peuvent être combinées pour obtenir une vue plus large que ce que l'appareil photo est capable de prendre en une seule photo.

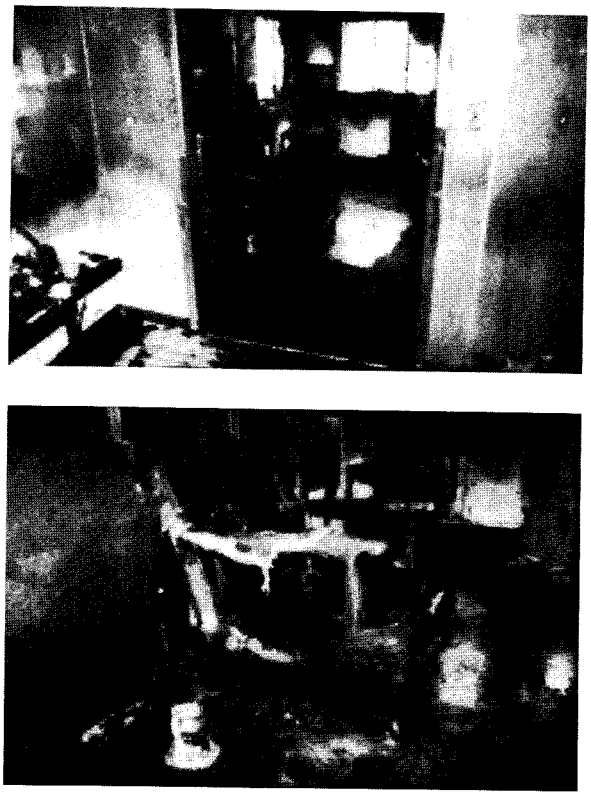


FIGURE 15.2.4.2 Photographies séquentielles d'un fauteuil.

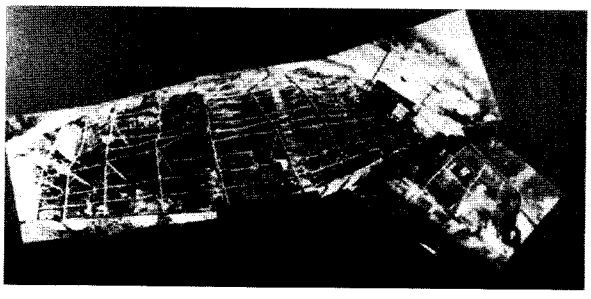


FIGURE 15.2.4.3 Mosaïque d'une scène représentant un entrepôt brûlé, prise d'un avion.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

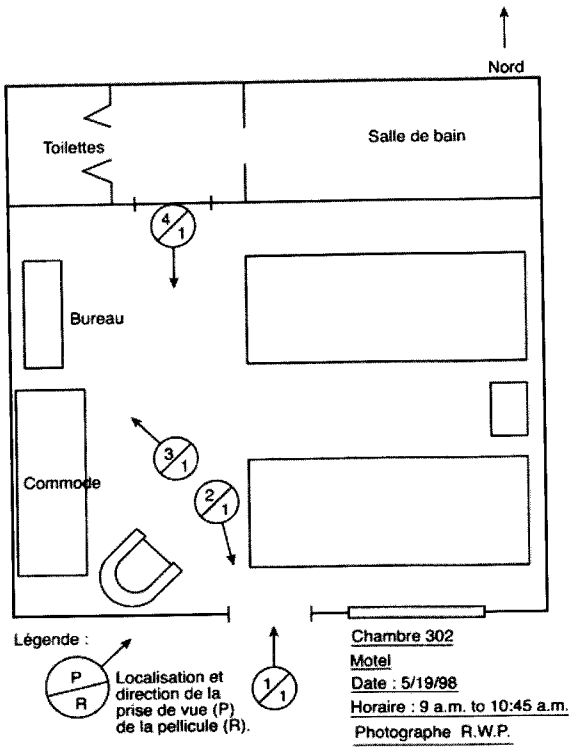


FIGURE 15.2.4.4 Plan indiquant la localisation des photos.

15.2.4.4 Repérage des photos sur un plan. Repérer les photos sur un plan peut être utile pour l'investigateur. Après avoir terminé le tracé d'un plan de masse, celui-ci peut être photocopié, et on peut dessiner des flèches directionnelles pour indiquer la direction d'où chaque photo a été prise. Des numéros identifiant la photographie et la pellicule sont ensuite inscrits sur les photos. Ce plan aidera un observateur qui ne connaît pas la scène à se repérer. Un plan réalisé pour positionner un ensemble de photographies pourrait se présenter comme celui de la figure 15.2.4.4.

15.2.4.4.1 Il est recommandé de noter le nom du photographe, les éléments d'identification de la scène d'incendie (c'est-à-dire l'adresse et un numéro d'identification du sinistre) et la date à laquelle les photographies ont été prises. Une page de présentation peut être utilisée pour enregistrer cette documentation photographique.

15.2.4.4.2 L'heure exacte, à laquelle la photographie a été prise, n'a pas toujours besoin d'être enregistrée. Toutefois, il y a des exemples pour lesquels le moment où la photographie a été prise est important pour comprendre ce qu'elle montre. Pour un même sujet, les conditions d'éclairage naturel à midi peuvent produire une image photographique significativement différente, de celle obtenue dans les conditions de luminosité du crépuscule. Lorsque l'éclairage constitue un paramètre, l'heure approximative ou la période de la journée devrait être notée. Par ailleurs, l'heure devrait être notée pour toute photographie prise avant l'extinction du feu, ces dernières permettant souvent d'établir une chronologie dans la progression de l'incendie.

15.2.4.5 Assistant-photographe. Lorsqu'une personne autre que l'investigateur incendie prend des photographies, l'angle de vue et la composition de la photo devraient être supervisés par l'investigateur pour garantir que les prises de vues nécessaires aux enregistrements ont bien été effectuées. Les investigateurs devraient faire part de leurs besoins au photographe car il est possible qu'ils n'aient plus l'opportunité de retourner sur le site sinistré. Les investigateurs devraient s'assurer que le photographe a compris quelles photographies sont essentielles sans avoir besoin de discuter le contenu de chaque photo.

15.2.4.6 Les photographies et le tribunal. Pour que l'investigateur incendie puisse présenter à la fois des photographies et son témoignage au tribunal, l'exigence dans toutes les juridictions, est que les photographies éclairent le témoignage. D'autres exigences peuvent exister dans d'autres juridictions, telles que le contenu non-incendiaire, la clarté des photos ou l'absence de dénaturation. Dans la plupart des tribunaux, si la photographie est pertinente elle résiste habituellement aux objections. Depuis que la première photographie en couleur a été introduite comme mode de preuve lors d'un procès concernant un incendie, la plupart des juridictions ne font pas la distinction entre photographies couleur et photographies noir et blanc si les photographies remplissent les autres critères juridiques.

15.2.5 Vidéo. Ces dernières années, les progrès ont rendu les films accessibles aux non-professionnels grâce à l'utilisation de caméras vidéo. Il existe différents formats de bandes disponibles pour les caméras vidéo ; le VHS, le Beta, et le 8 mm. La vidéo est un outil très utile pour l'investigateur incendie. Un gros avantage de la vidéo est la possibilité de situer la scène d'incendie par des changements progressifs d'angles de vue. D'une certaine façon, la vidéo combine en une opération unique la mise en œuvre du repérage des photos, de l'indexation des photos, de la réalisation d'un plan de masse et tout simplement de la prise de photos.

15.2.5.1 Lorsque l'on réalise des vidéos ou des films, le zoom qui tend à déformer les choses en exagérant leur taille devrait être évité car on peut considérer qu'un effet dramatique est montré plutôt que la vision objective, parfois requise au niveau des preuves lors d'un procès.

15.2.5.2 La vidéo peut également être utilisée pour les entretiens avec les témoins, les propriétaires, les locataires ou les suspects lorsque l'enregistrement de leur témoignage est primordial. Si le comportement est un élément important pour l'investigateur ou le jury, la vidéo peut le révéler.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

15.2.5.3 Le recours exclusif à la vidéo n'est pas recommandé, car de tels enregistrements sont souvent considérés comme étant moins objectifs et moins fiables que les photographies. La vidéo devrait être utilisée en complément des photographies.

15.2.5.4 La réalisation de vidéos sur site peut constituer une méthode pour enregistrer une scène d'incendie. L'investigateur peut narrer ses observations comme avec un magnétophone pendant qu'il filme la scène d'incendie. L'intérêt supplémentaire de la vidéo est que l'investigateur peut mieux se rappeler la scène d'incendie, en particulier les traces laissées par le feu ou les artéfacts, leur localisation ou tout autre élément important de la scène d'incendie. Utilisé de cette façon, la vidéo n'est pas destinée à une présentation ultérieure mais constitue simplement une autre méthode suivant laquelle l'investigateur enregistre la scène d'incendie.

15.2.5.5 Les enregistrements vidéo peuvent aussi être utiles pour enregistrer l'examen de traces, en particulier lorsque cet examen est destructif. En filmant l'examen, les conditions et l'emplacement d'éléments spécifiques peuvent être enregistrés.

15.2.6 Suggestion de tâches à enregistrer. Une investigation peut être améliorée lorsque l'on peut enregistrer le plus possible les tâches conduites par rapport à l'incendie. De tels enregistrements comprennent les activités d'extinction, le déblai, et les investigations sur l'origine et la cause du feu.

15.2.6.1 Au cours de l'incendie. Des photographies du feu qui progresse, devraient être prises si l'opportunité existe. Cela permet de montrer la propagation du feu et aussi l'action des services de secours. Comme la phase de déblai entraîne souvent le déplacement du contenu, et quelquefois d'éléments de structure, photographier la phase de déblai aidera à comprendre, comment était le site avant l'incendie.

15.2.6.2 Photographies de la foule ou de personnes. Les photographies de personnes au sein d'un attroupement peuvent servir afin d'identifier des personnes susceptibles d'avoir connaissance d'informations qui pourraient être utiles pour l'investigation.

15.2.6.3 Photographies de l'extinction de l'incendie. Les activités d'extinction pertinentes pour l'investigation comprennent le fonctionnement des systèmes automatiques ainsi que les opérations menées par les pompiers, quand c'est possible. Les paramètres tel que l'emplacement des bornes incendies, la position des camions-pompes, l'emplacement des tuyaux, la localisation des lignes d'attaque, etc., jouent un rôle sur les conséquences éventuelles de l'incendie. En conséquence, tous les constituants de ces systèmes devraient être photographiés.

15.2.6.4 Photographies à l'extérieur. Une série de photographies devrait être prise à l'extérieur, afin de localiser la scène d'incendie. Ces clichés peuvent comprendre les panneaux des rues ou les voies d'accès, les numéros des bâtiments ou les points de repère qui sont facilement identifiables et qui sont susceptibles de demeurer quelques temps. Les zones environnantes qui pourraient constituer des éléments de preuve tels que les moyens de protection incendie ou les dommages consécutifs à des effets dominos devraient aussi être photographiés. Les photos extérieures devraient être prises de tous les côtés du bâtiment et sous différents angles pour montrer tous les éléments structuraux et leurs modes de liaisons. *(Voir la figure 15.2.6.4.)*

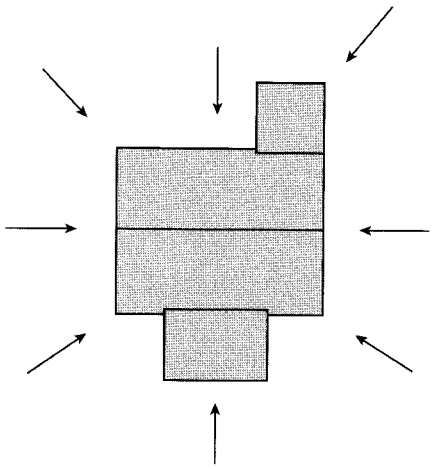


FIGURE 15.2.6.4 Photographier la scène de tous les côtés et sous différents angles.

15.2.6.5 Photographies du bâtiment.

Les photographies du bâtiment permettent d'enregistrer les dommages au bâtiment après exposition à la chaleur et à la flamme. Les photographies du bâtiment peuvent montrer les traces laissées par le feu, ce qui peut permettre de suivre l'évolution de l'incendie et aider à comprendre où se situe l'origine du feu.

15.2.6.5.1 La procédure recommandée est de photographier autant que possible tous les angles extérieurs et toutes les façades du bâtiment. Les clichés des coins pris en oblique peuvent fournir des points de référence pour l'orientation. Les photographies devraient présenter tous les angles de vue nécessaires pour la description complète d'une situation.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

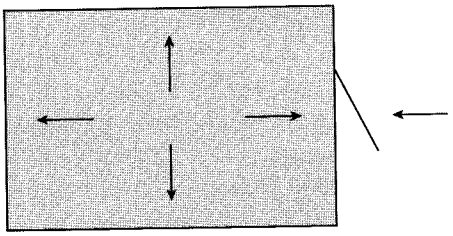


FIGURE 15.2.6.6 Photographier les quatre murs et les deux côtés de chaque porte.

15.2.6.6.1 Les pièces situées dans l'environnement immédiat de la zone d'éclosion devraient être photographiées, même s'il n'y a pas de dommages. Si c'est justifié, l'intérieur des meubles et des armoires devraient aussi faire l'objet d'enregistrements. Dans les bâtiments de petite dimension les enregistrements peuvent concerner toutes les pièces, mais dans les grands bâtiments il peut ne pas être nécessaire de photographier toutes les pièces à moins qu'il existe un besoin pour enregistrer la présence, l'absence ou l'état du contenu.

15.2.6.6.2 Toutes les installations ou tous les équipements qui produisent de la chaleur tels que les fours lorsqu'ils sont situés dans l'environnement du lieu d'éclosion du feu ou qu'ils sont reliés à la zone d'origine devraient être photographiés afin d'enregistrer les informations sur leur rôle dans l'éclosion du feu, si tant est qu'ils en aient un.



FIGURE 15.2.6.6.3 Carrelage protégé du rayonnement thermique par un câble.

15.2.6.6.3 Tous les meubles ou tout autre contenu au sein de la zone d'éclosion, devraient être photographiés dans l'état où ils ont été trouvés et à nouveau après remise à leur place supposée. L'absence de traces sur les zones protégées par des meubles ou par tout autre contenu, devrait aussi être photographiée, comme sur l'exemple montré sur la figure 15.2.6.6.3.

15.2.6.6.4 La position des portes et des fenêtres au cours d'un incendie est importante, aussi il faudrait prendre des photographies qui enregistrent ces informations et les traces qui en résultent.

15.2.6.6.5 Les systèmes de protection incendie tels que les détecteurs, les sprinkleurs, les extincteurs utilisés, les ferme-portes, ou les exutoires devraient être photographiés.

15.2.6.6.6 Les horloges peuvent indiquer l'heure à laquelle l'alimentation électrique a été coupée ou l'heure à laquelle le feu ou la chaleur ont physiquement arrêté leur mouvement.

15.2.6.7 Photographies des installations d'alimentation en énergie et des équipements. Les systèmes d'alimentation et de contrôle des énergies (gaz, électricité) devraient être photographiés à la fois à l'intérieur et à l'extérieur d'un bâtiment. Les photos devraient inclure les compteurs de gaz et d'électricité, les régulateurs de gaz et leurs emplacements respectifs dans le bâtiment. Les poteaux électriques près du bâtiment ainsi que le transformateur qui alimente le bâtiment, les câbles électriques et les matériels qui desservent le bâtiment, ainsi que le tableau de disjoncteurs ou de fusibles devraient également être photographiés. S'il y a une installation à gaz dans la zone de départ du feu, la position de tous les équipements de contrôle devrait être photographiée. En ce qui concerne le tableau de disjoncteurs, la position des leviers de tous les disjoncteurs devrait être photographiée, et lorsqu'il existe le schéma électrique du tableau précisant les équipements électriques, alimentés par chaque disjoncteur. De la même manière, tous les cordons électriques et toutes les prises de courant situés, dans ou à proximité du périmètre de la zone de feu devraient être photographiés.

15.2.6.8 Photographies des indices. Les objets constituant des indices ou des preuves devraient être photographiés sur la scène d'incendie et peuvent être photographiés à nouveau au bureau de l'investigateur ou au laboratoire si des photos plus détaillées sont nécessaires. Au cours de la fouille par strates, les objets sortis des débris peuvent ou non être identifiés en tant qu'indices. Si on prend des photographies en procédant comme lors de fouilles archéologiques, l'emplacement et la position des indices qui pourraient se révéler de première importance seront enregistrés de façon pérenne. Les photographies montrent les objets, constituant des indices potentiels à leur emplacement initial et dans l'état dans lequel ils ont été trouvés. Les indices et preuves sont essentiels pour les affaires traitées au tribunal et les photographies de ces éléments correctement identifiées ont une forte valeur au tribunal. On peut photographier les indices en présence d'un réglet pour en montrer les dimensions. D'autres objets peuvent aussi être utilisés pour montrer la taille relative d'un indice du moment que l'objet est facilement identifiable et a toujours la même taille, comme une pièce de monnaie par exemple. Il faudrait prendre une photographie de l'indice sans le réglet ou le marqueur avant de prendre une photographie avec le marqueur *(voir la section 16.5.2.1)*.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

15.2.6.9 Photographies des victimes. La position des occupants devrait être enregistrée et toute trace suggérant une quelconque action entreprise ou réalisée par ces occupants devrait être photographiée. Ces enregistrements comprennent les traces sur les murs, les lits occupés par les victimes et les zones qui étaient protégées par la présence de corps. *(Voir la figure 15.2.6.9.)* S'il y a eu un décès, le cadavre devrait être photographié. Les blessures des victimes, qui ont survécu, ainsi que les vêtements qu'elles portaient, devraient aussi être photographiés.



FIGURE 15.2.6.9 Zone qui a été protégée par la présence d'un corps.

15.2.6.10 Photographies des points de vue observés par les témoins. Au cours des investigations, si des témoins décrivent ce qu'ils ont observé en ayant un angle de vue avantageux, une photographie devrait être prise avec un angle de vue aussi similaire que possible. Cette photographie permettra aux personnes concernées par l'enquête et au jury de s'orienter selon la direction décrite par le témoin et permettra d'accréditer ou de réfuter la possibilité physique d'observer ce qu'il a indiqué avoir observé.

15.2.6.11 Photographies aériennes. Les observations faites à partir d'un point haut avantageux qui peut être un équipement aérien de lutte contre le feu, un bâtiment voisin, une colline, ou à partir d'un avion ou d'un hélicoptère, peuvent souvent révéler des traces de propagation de l'incendie. Les photographies aériennes peuvent être coûteuses, et il existe un certain nombre de problèmes spécifiques susceptibles d'affecter la qualité du résultat. Il est recommandé à l'investigateur qui désire de telles photographies de s'adresser à un spécialiste des photographies aériennes pour se faire conseiller ou assister.

15.2.7 Principes pour la prise de photographies. Les investigateurs peuvent s'en sortir seuls en appliquant tout ou partie des principes exposés dans les sections 15.2.7.1 à 15.2.7.9.

15.2.7.1 A l'arrivée sur le site sinistré, l'investigateur devrait photographier une page de titre sur laquelle sont écrites des informations permettant d'identifier le sinistre (c'est-à-dire localisation, date et toute information permettant de situer le sinistre).

15.2.7.2 Le boîtier de la pellicule devrait être étiqueté après utilisation de la pellicule afin d'éviter tout risque de confusion ou de perte.

15.2.7.3 Si le budget de l'investigateur le permet, il peut acheter des pellicules en gros comportant différents nombres de prises de vue possibles selon ses besoins spécifiques et les charger dans des boîtiers individuels, ce qui peut se révéler moins cher dans certains cas.

15.2.7.4 L'investigateur devrait pouvoir disposer d'un pied pour son appareil-photo, ce qui permet de réaliser des mosaïques avec un meilleur raccordement des vues, évite de bouger et limite donc les photographies floues, et aide à ne pas souiller l'appareil avec des débris d'incendie. Un pied à montage rapide permettra de gagner du temps.

15.2.7.5 Différents sinistres incendie ne devraient pas être photographiés sur la même pellicule. La dernière pellicule de l'appareil-photo devrait être retirée avant de quitter le site. Cela permet d'éviter les confusions potentielles et des problèmes ultérieurs.

15.2.7.6 Des batteries supplémentaires devraient être apportées, en particulier par temps froid lorsqu'elles peuvent se décharger rapidement. Il existe des piles ayant une durée de vie plus longue.

15.2.7.7 On ne devrait pas laisser les piles dans l'appareil-photo non-utilisé pendant une longue période. Les piles qui fuient peuvent générer de multiples problèmes sur les composants mécaniques et électriques.

15.2.7.8 On devrait éviter de masquer le flash ou l'objectif par une main, par la lanière de l'appareil-photo ou par des parties de la scène d'incendie. En outre, lorsque la mise au point est faite et que la photo est sur le point d'être prise, l'investigateur devrait garder ses yeux bien ouverts afin de vérifier que le flash a été déclenché.

15.2.7.9 Dans l'éventualité où les tirages papier des photos d'une pellicule auraient été mélangés, l'observation des numéros sur le négatif fournit un enregistrement pérenne de l'ordre dans lequel les photos ont été prises sur ce rouleau.

15.2.8 Présentation des photographies. Il y a de nombreuses façons pour l'investigateur de présenter un rapport, des schémas ou des photographies. La question clé pour décider comment faire est « quelle méthode de présentation montre ou présente le sujet avec le plus de clarté ? » Un second point qui peut aider dans la préparation de la

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

présentation est de suivre les recommandations ou les pratiques mises en œuvre pour les présentations destinées à l'enseignement, en particulier dans le domaine des méthodes pédagogiques. L'investigateur devrait se renseigner sur les modes de présentation et les types de photographies actuellement acceptées par le tribunal. En outre, l'investigateur devrait identifier et obtenir l'équipement dont il peut avoir besoin pour faire la présentation, contrôler la réalisation, et vérifier l'équipement avant utilisation. La préparation est l'un des aspects les plus importants pour la démonstration de la valeur probatoire d'un indice ou d'une preuve.

15.2.8.1 Photos sur papiers ou diapositives.

15.2.8.1.1 Les photos sur papiers et les diapositives ont toutes deux des avantages et des inconvénients. L'avantage des diapositives par rapport aux photos sur papiers est que l'on peut obtenir des images de plus grande taille sans surcoût. Lorsque l'investigateur montre des diapositives au tribunal, il peut garder l'attention de chaque membre du jury sur son témoignage. Lorsque l'investigateur utilise des photos sur papier, les membres du jury peuvent se rappeler du témoignage de l'investigateur seulement de façon vague s'ils sont occupés à regarder les photographies qui circulent pendant que l'investigateur continue à parler. Le recours à des agrandissements de la taille d'un poster peut aider.

15.2.8.1.2 A l'inverse, au cours d'une déposition, qui dure longtemps ou au cours d'explications détaillées de la scène d'incendie, l'usage des diapositives est contraignant car on ne peut pas y revenir sans mettre en œuvre un projecteur. Dans cette situation, les photographies sont plus faciles à manipuler et à analyser. Lorsque l'on utilise des diapositives, certains problèmes sont susceptibles de se présenter tels que des diapositives coincées ou une lampe qui grille dans le projecteur ; ainsi, il se peut qu'il n'y ait pas de moyen alternatif disponible sans délai pour présenter la scène au jury. Les photographies sur papier ne nécessitent aucun équipement pour être montrées et des notes à des fins d'identification, d'information ou de description peuvent facilement être ajoutées sur ou annexées à une photo extraite d'un film.

15.2.8.2 Présentation de vidéos.

15.2.8.2.1 L'utilisation de vidéos pour présenter des informations importantes au cours d'un témoignage est une excellente méthode. Un paramètre clé pour utiliser correctement la vidéo en tant que moyen de présentation est de s'assurer que la taille de l'écran est suffisante pour permettre à toutes les parties intéressées de voir la vidéo de manière satisfaisante. Le recours à des moniteurs supplémentaires peut permettre de traiter ce problème.

15.2.8.2.2 En préparant sa présentation par vidéo l'investigateur devrait s'attacher à la question de la qualité car les personnes qui vont regarder la présentation sont habituées à voir des vidéos de qualité.

15.2.8.3 Présentations sur ordinateur. Les progrès et l'accroissement du recours aux présentations sur ordinateur fournissent un excellent outil à l'investigateur. Comme pour les autres formats de présentation, les programmes utilisés pour ces présentations ont des avantages et des inconvénients qui leur sont inhérents.

15.2.8.3.1 Les présentations sur ordinateur donnent à l'utilisateur la possibilité d'insérer des schémas et des photographies sur la même diapositive, ainsi que de présenter des points clés ou des informations qui peuvent améliorer la capacité du spectateur à comprendre les liens ou les informations montrées.

15.2.8.3.2 L'investigateur devrait disposer de supports de secours tels que les photographies et les schémas originaux dans l'éventualité d'une incompatibilité de matériel ou de problèmes de logiciel qui empêcheraient de montrer la présentation ou qui en réduirait la qualité.

15.3 Prise de notes.

La prise de notes constitue une méthode d'enregistrement complémentaire aux schémas et aux photographies. Les informations nécessitant d'être enregistrées sous forme de notes sont notamment :

(1) Les noms et les adresses
(2) Le modèle/les numéros de série
(3) Les déclarations et les entretiens
(4) L'inventaire des photos
(5) L'identification des objets
(6) Les types de matériaux (par exemple panneaux en bois, mousse synthétique, moquette)
(7) Les données nécessaires pour réaliser une modélisation précise (voir la section 20.6)
(8) Les observations de l'investigateur (par exemple traces de combustion, état du bâtiment, positions des interrupteurs et des commandes)

15.3.1 Formulaires d'enregistrement des observations sur site. Le relevé des données relatives aux investigations sur site est important pour l'analyse de l'évènement. L'utilisation d'un formulaire n'est pas exigée pour relever les données sur site ; cependant, certains formulaires ont été créés pour aider l'investigateur. Ces formulaires-types et les informations qui y sont consignées ne sont pas destinés à constituer un rapport mais, ils fournissent plutôt un moyen de réunir des données, qui pourront être utiles pour élaborer les conclusions qui permettront d'établir le rapport.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Tableau 15.3.2 Notes de terrain et formulaires

Formulaire	But
Notes de terrain sur l'évènement	Concerne toute investigation incendie. A pour objet le relevé des informations générales sur l'évènement
Notes de terrain sur les victimes	Relevé des données générales sur les victimes blessées ou décédées
Notes de terrain sur les feux de forêts	Relevé de données spécifiquement pour les feux de forêts
Formulaire d'enregistrement des preuves et indices	Enregistrement des données relatives aux preuves et indices et traçabilité de leur garde
Formulaire d'inspection des véhicules	Relevé des données d'évènement concernant spécifiquement des véhicules à moteur
Inventaire des photographies	Enregistrements des photographies prises au cours des investigations
Enregistrements sur tableaux électriques	Relevé de données concernant spécifiquement les tableaux électriques
Enregistrements sur les feux de bâtiments	Relevé de données concernant les feux de bâtiments
Modélisation d'un feu de local	Relevé de données nécessaires à la modélisation d'un feu de local

15.3.2* Formulaires de relevé de données. Certains formulaires ont été développés pour aider l'investigateur sur le relevé des données. Ces formulaires et les informations qu'ils contiennent n'ont pas vocation à constituer le rapport du sinistre. Ils constituent un moyen de réunir des données qui pourraient être utiles pour élaborer les conclusions qui permettront d'établir le rapport sur le sinistre ou sur les investigations. Voir le tableau 15.3.2.

15.3.3 Enregistrement audio des notes prises sur le terrain. De nombreux investigateurs dictent leurs observations sur un dictaphone. Il faudrait faire attention à ne pas se fier uniquement aux enregistrements sur cassettes ou plus généralement à un seul support ou équipement lorsqu'il s'agit d'informations ou d'indices essentiels.

15.3.4 La conservation des notes originales, des schémas, des photographies et des mesures prises sur site comme explicité à la section 15.3 constitue la meilleure façon de faire. Ces données devraient être conservées, sauf exigence contraire du fait d'un règlement ou sur demande écrite. Ces données constituent un ensemble d'informations factuelles, qui devraient être conservées jusqu'à ce que les procédures perçues comme un litige aux yeux des parties aient été soldées. Les informations relevées au cours des investigations peuvent devenir significatives longtemps après qu'elles aient été collectées et que le rapport ait été rédigé. Par exemple, des notes ou le schéma d'un tableau de disjoncteurs montrant la position de chacun peuvent ne pas être pertinents pour un incendie dont le départ se situe au niveau du mobilier rembourré, mais peut avoir de l'importance concernant l'état du circuit d'alimentation d'un détecteur de fumée. La conservation des notes n'a pas forcément pour objectif de demander aux services de secours de compléter les données souhaitées sur une base de données répertoriant les incendies.

15.4 Schémas et dessins.

Des schémas et des dessins clairs et concis peuvent aider l'investigateur à enregistrer des indices sur le développement du feu, l'état de la scène d'incendie et d'autres détails du site. Les schémas sont aussi utiles pour améliorer la compréhension des photographies. Ils peuvent aussi servir lors des entretiens avec les témoins. Cependant, peu importe que le dessin n'ait pas l'apparence d'un schéma fait par un professionnel, sa valeur est principalement liée à la précision des données qui ont servi à l'établir. On peut faire ou récupérer différents types de dessins, notamment des esquisses, des schémas et des plans susceptibles d'aider l'investigateur à enregistrer et à analyser la scène d'incendie.

15.4.1 Types de dessins. Il faudrait réaliser des esquisses et des schémas pour les affaires susceptibles d'être traitées au civil ou au pénal.

15.4.1.1 Esquisses. Les esquisses sont souvent des schémas réalisés à la main, avec un minimum de matériel sur le site. Elles peuvent représenter des éléments spécifiques mis en évidence sur la scène d'incendie et peuvent être en deux ou en trois dimensions.

15.4.1.2 Schémas. Les schémas sont généralement des dessins plus aboutis que l'on finalise après avoir terminé les opérations d'investigations sur site. Les schémas sont faits à partir des esquisses relevées sur site, en utilisant soit des méthodes traditionnelles de dessin, soit des logiciels de dessin sur ordinateur. On peut noter que la finalisation formelle des schémas n'est pas nécessaire dans certains cas. Le choix de le faire dépend de la portée des investigations, de l'investigateur et des pratiques locales.

15.4.2 Sélection des dessins. Il est recommandé de conserver les esquisses originales et les schémas finalisés pendant toute la durée de l'enquête et du procès éventuel. Voir des exemples de différents types de dessins des figures 15.4.2(a) à 15.4.2(f).

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

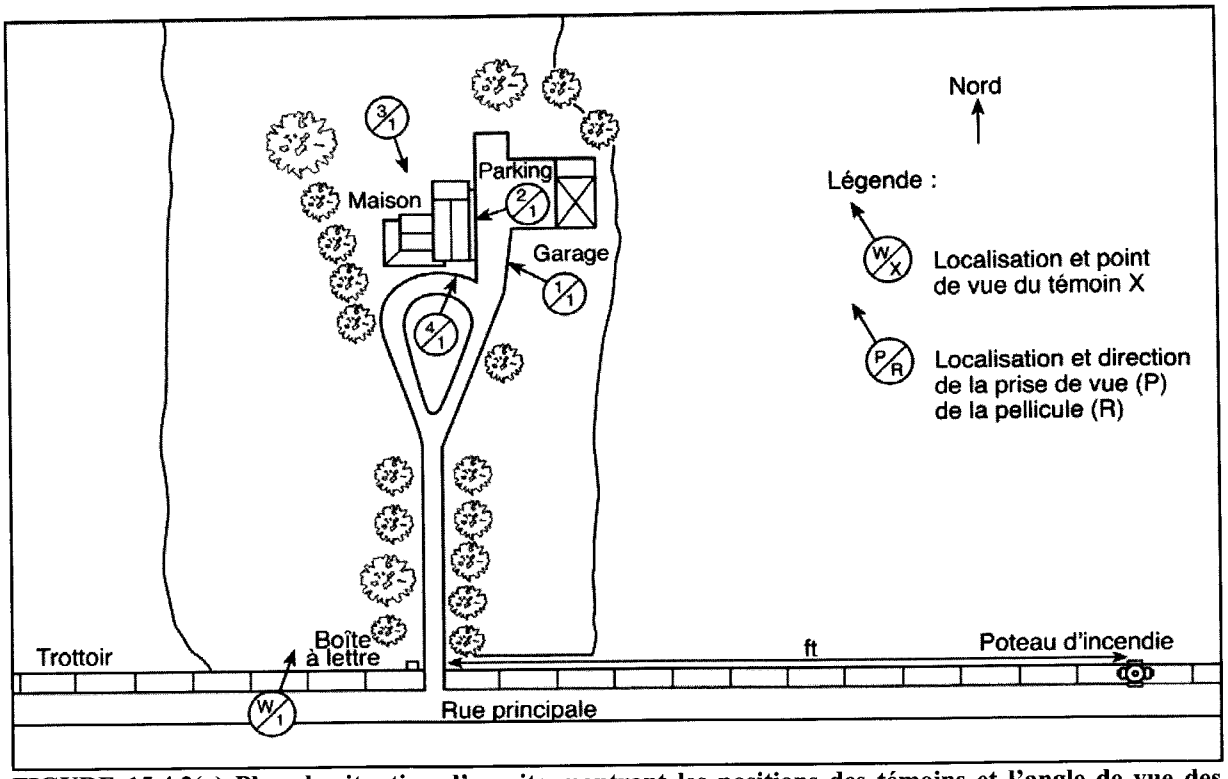


FIGURE 15.4.2(a) Plan de situation d'un site montrant les positions des témoins et l'angle de vue des photos.

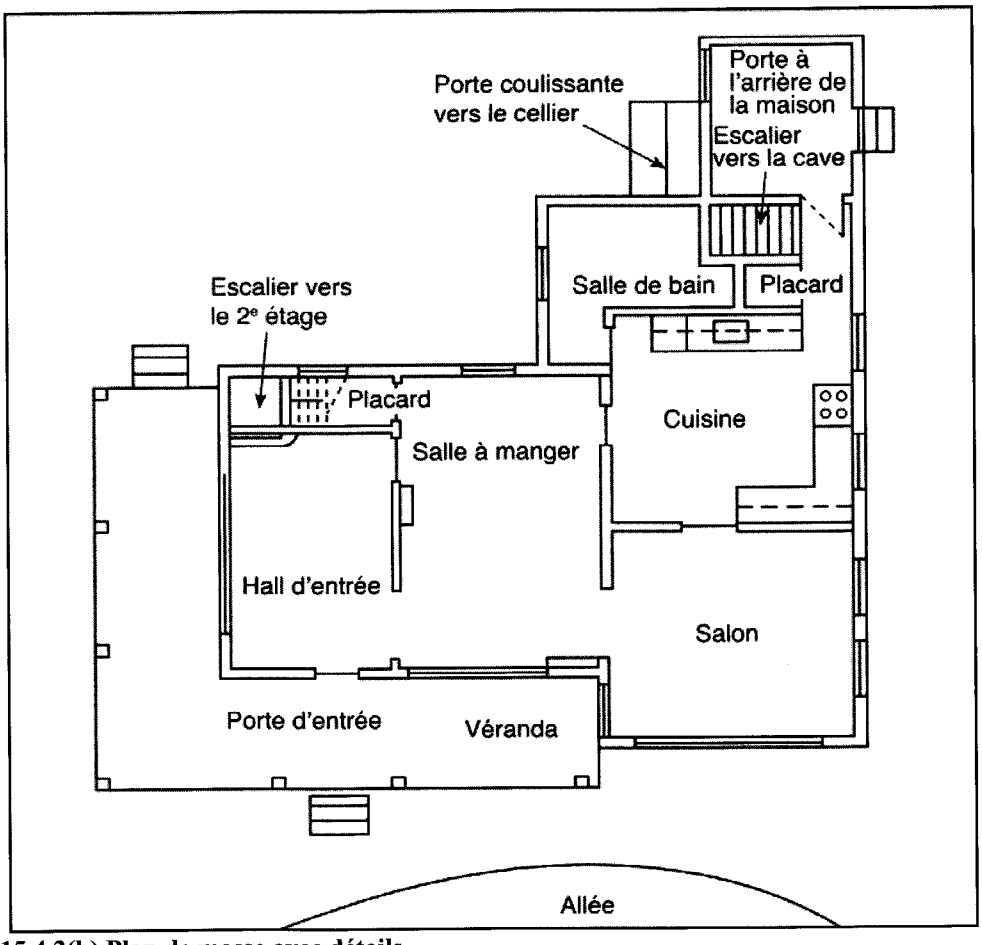


FIGURE 15.4.2(b) Plan de masse avec détails.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

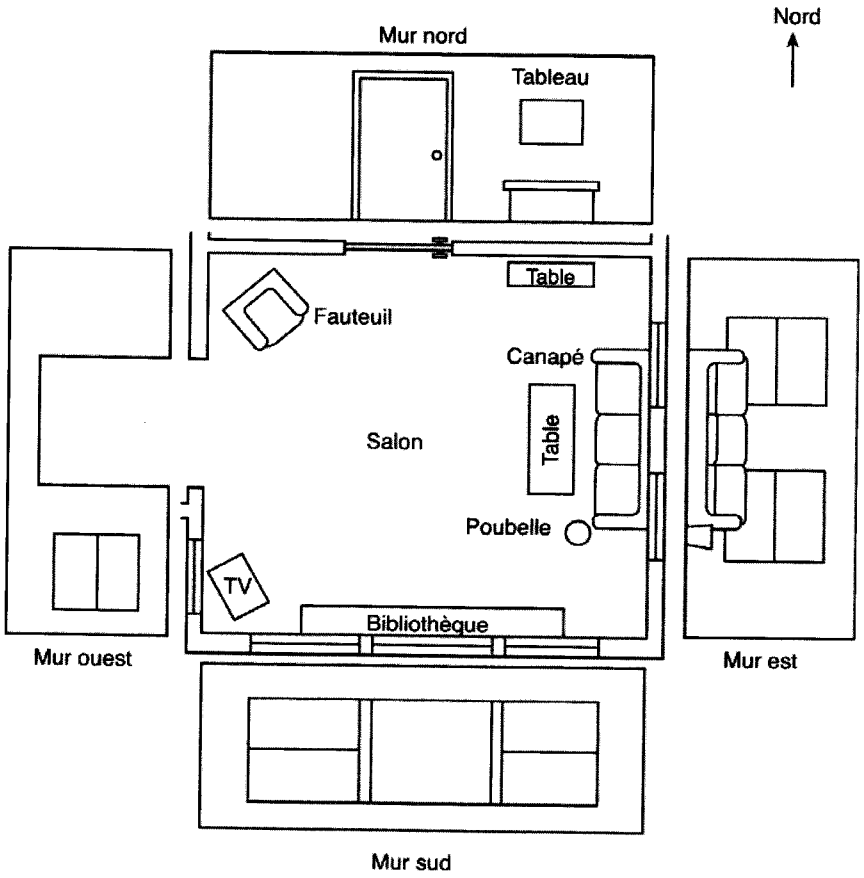


FIGURE 15.4.2(c) Schéma avec côtés d'un local et de son contenu

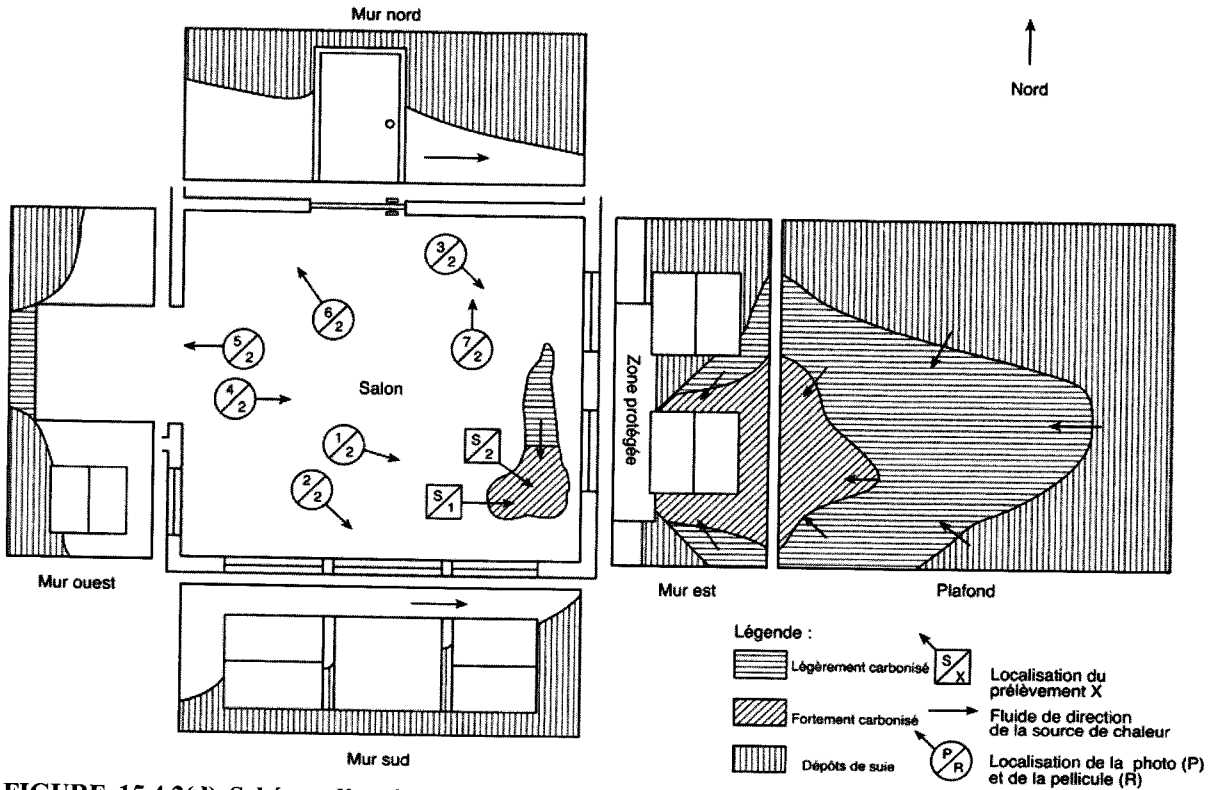


FIGURE 15.4.2(d) Schéma d'un local, victime d'une explosion, montrant les traces des dommages, et l'endroit des prélèvements et des prises de vues.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

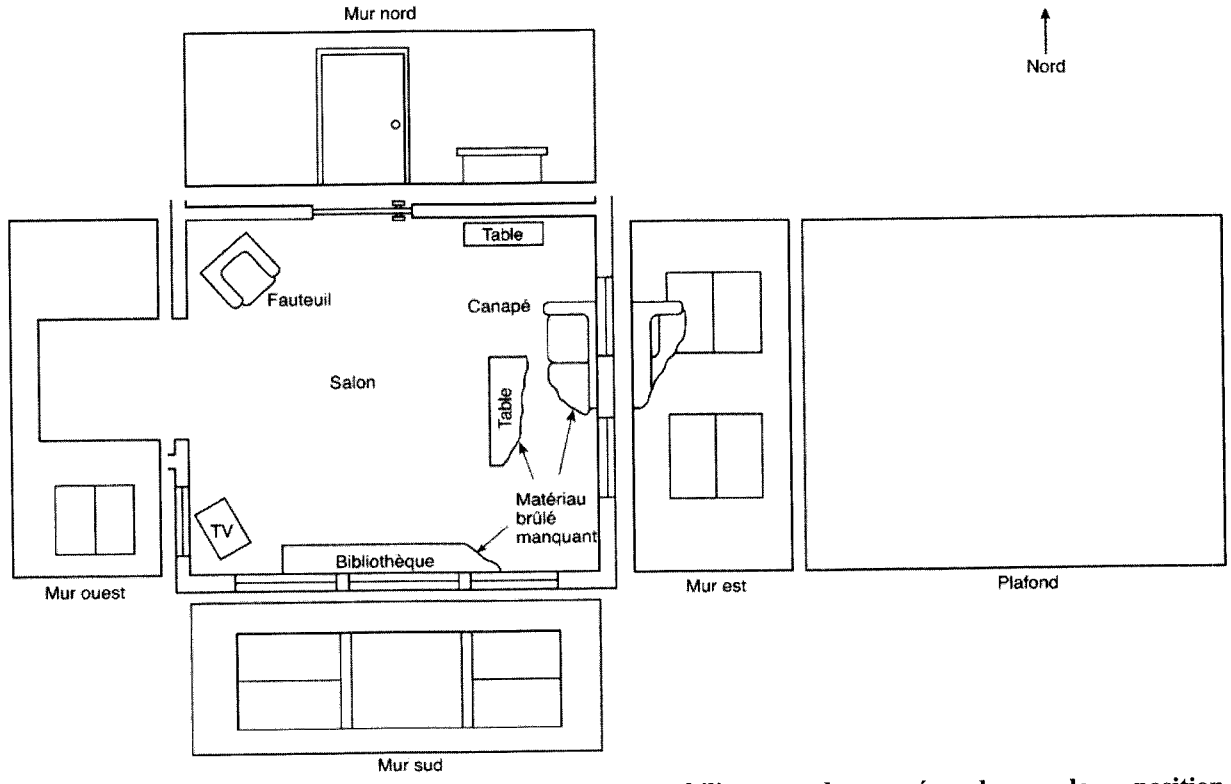
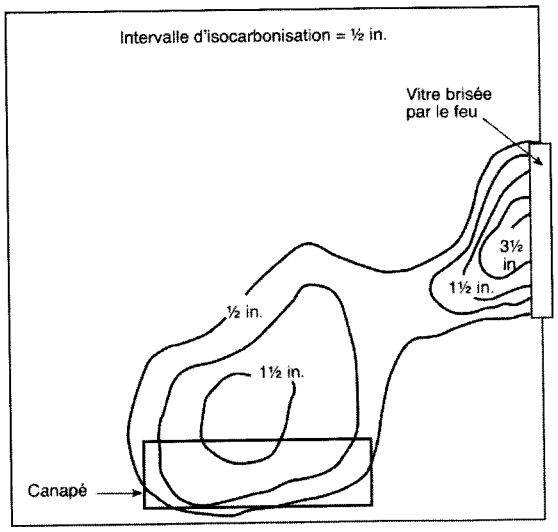


FIGURE 15.4.2(e) Schéma montrant le mobilier endommagé dans la position qu'il occupait avant le sinistre.



Pour les unités SI, 1 in. = 25.4 mm.

FIGURE 15.4.2(f) Schémas d'iso-carbonisation montrant des lignes au niveau desquelles la profondeur de carbonisation est la même sur les solives d'un plafond.

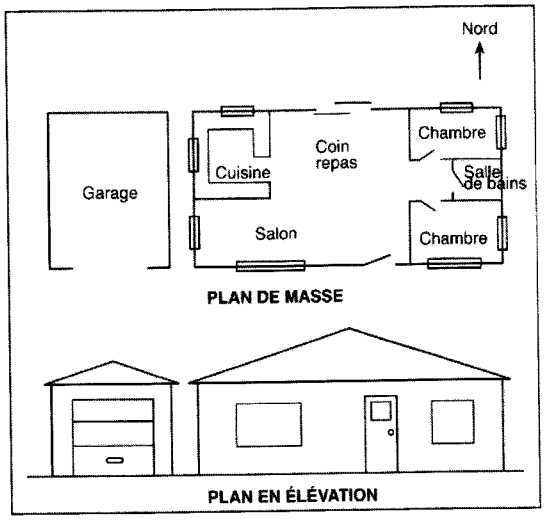


FIGURE 15.4.5.3 Plan minimum pour un sinistre incendie simple.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

15.4.3 Outils et matériel de dessin. Suivant la taille ou la complexité du site, différentes techniques peuvent être mises en œuvre pour réaliser des dessins. De la même manière, que les photographies, les dessins ont pour objectif de soutenir la mémoire, comme il est possible que l'investigateur n'ait la possibilité d'accéder au site qu'une seule fois. De la même façon qu'avec les autres méthodes d'enregistrements, l'investigateur devra déterminer quel type de schéma faire et avec quel niveau de détails et quel type de schéma il pourra demander à l'architecte d'un bâtiment ou au fabricant d'un équipement. Au cours des investigations, différents types de schémas peuvent être disponibles. Ces dessins peuvent avoir été réalisés par un bureau d'études bâtiment ou par le fabricant d'un matériel ; ils peuvent avoir été faits par l'investigateur ou par d'autres investigateurs qui ont enregistré l'état du site au moment où ils ont mené leurs investigations.

15.4.3.1 Il existe des logiciels qui permettent de réaliser des dessins de grande qualité, à partir des esquisses relevées sur site. L'investigateur incendie devrait examiner plusieurs produits avant de sélectionner le plus apte à répondre à ses objectifs. Il doit d'abord décider s'il a besoin d'un logiciel 3D ou pas. Pour prendre sa décision, l'investigateur doit aussi déterminer si, malgré le temps d'apprentissage sur un tel outil et la complexité supplémentaire, un tel investissement se justifie. Cependant, les schémas en 3D peuvent présenter des avantages pour l'investigation en montrant des problématiques telles que l'interconnexion des constituants d'un bâtiment ou en présentant une chose avec l'angle de vue qu'en avait un témoin. Quel que soit le logiciel retenu, le critère le plus important est la capacité de l'investigateur à créer, modifier, éditer et manipuler un dessin avec le matériel choisi. Un autre critère à prendre en compte serait la compatibilité des données de sortie du logiciel de dessin assisté par ordinateur (DAO) avec le format des données d'entrée des logiciels de modélisation de l'incendie.

15.4.3.2 Un bon logiciel de dessin devrait pouvoir permettre de réaliser des dessins superposables, ces superpositions pouvant être ajoutées ou enlevées, suivant ce que l'on souhaite montrer, comme par exemple la disposition avant l'incendie et l'état de ce qui reste après l'incendie. Le logiciel devrait disposer de mise à l'échelle automatique et de différents formats pour l'expression des dimensions (c'est-à-dire décimal 1,5 ft, architectural 1 ft 6 in., et 457 mm). Le logiciel devrait aussi comporter une bibliothèque fournie d'éléments prédimensionnés. Cette fonction du logiciel permet de disposer de détails déjà dessinés tels que des équipements de cuisine ou de salle de bain, qu'il suffit de positionner sur le dessin.

15.4.4 Informations sur un schéma. Suivant la portée et la complexité des investigations, et suivant les procédures locales, l'investigateur déterminera quelles informations porter sur les esquisses et les schémas ; cependant, il existe certaines informations clés qui devraient figurer sur toutes les esquisses et tous les schémas, comme mentionné dans les sections 15.4.4(A) à 15.4.4(D).

(A) Information générale. Le nom de la personne qui a réalisé le schéma, le titre du schéma, la date de réalisation et toute autre information pertinente devraient être précisés.

(B) Orientation. L'orientation devrait être indiquée sur les esquisses et les schémas de scènes d'incendie.

(C) Échelle. Le dessin devrait être à peu près à l'échelle. L'échelle devrait être indiquée ou bien il faudrait indiquer « échelle approximative » ou « pas à l'échelle précise », et une échelle graphique ou une échelle approximative peuvent figurer sur le dessin.

(D)* Symboles. Des symboles sont couramment utilisés sur les esquisses et les schémas pour représenter certains éléments ; par exemple le symbole de la porte est utilisé pour indiquer qu'il y a une porte dans un mur et est dessiné dans la direction de l'ouverture. Pour faciliter la compréhension, il est recommandé que l'investigateur utilise les symboles normalisés couramment utilisés par les architectes et les ingénieurs. Pour les symboles relatifs à la protection incendie, l'investigateur peut utiliser ceux figurant dans la NFPA 170, *Standard for Fire Safety and Emergency Symbols*.

(E) Légende. Lorsque les symboles utilisés ne sont pas immédiatement identifiables, l'investigateur devrait mettre une légende sur le dessin pour éliminer tout risque de confusion potentielle sur ce que représente le symbole.

15.4.5 Dessins. Généralement, une simple esquisse du local où le feu a pris naissance ou de la zone autour devrait être réalisée ; elle devrait comprendre des éléments tels que le mobilier, les fenêtres et les portes, et d'autres données utiles. L'esquisse typique d'un bâtiment montre la localisation des différentes pièces, les escaliers, les fenêtres, les portes et les dommages associés. Ces dessins peuvent être réalisés à main levée avec des dimensions approximatives. Ce type de dessin devrait suffire sur les cas d'incendie pour lesquelles les analyses et les conclusions sont simples. Les scènes plus complexes ou les cas de litiges vont souvent nécessiter d'établir ou d'obtenir les plans du bâtiment réel et des informations détaillées sur la construction, les équipements, le mobilier, la position des témoins et les dommages.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

15.4.5.1 Plan de situation. Un plan de la zone ou du lotissement peut être nécessaire pour montrer l'emplacement des équipements, la localisation de la scène d'incendie par rapport aux bâtiments voisins, les sources d'eau ou des informations similaires. Un plan de ce type permet d'enregistrer les paramètres importants en dehors du bâtiment. Voir la figure 15.4.2(a).

15.4.5.2 Plan de masse. Sur le plan de masse d'un bâtiment figurent la localisation des pièces, les escaliers, les fenêtres, les portes et d'autres éléments du bâtiment. Voir la figure 15.4.2(b).

15.4.5.3 Plan en élévation. Le plan en élévation est un simple plan qui montre un mur, intérieur ou extérieur, et des informations spécifiques sur le mur. Voir le plan en élévation à la figure 15.4.5.3.

15.4.5.4 Plan de détails et coupes. Les vues de détails et les coupes sont dessinées pour montrer les caractéristiques spécifiques d'un élément. Il existe une large variété d'informations qui peuvent être représentées par un plan de détails ou une coupe, telles que la position des interrupteurs ou des commandes, les dommages aux équipements, leur localisation, les éléments de structure et beaucoup d'autres éléments.

15.4.5.5 Vues développées. Les vues développées sont souvent utilisées pour montrer un assemblage de composants ou différents endroits. L'investigateur peut aussi utiliser ce format pour montrer toutes les surfaces à l'intérieur d'une pièce ou d'un local sur le même plan. Voir la figure 15.4.2(d).

15.4.5.6 Représentations en trois dimensions. Dans de nombreux cas, il sera souhaitable, si ce n'est pas nécessaire, d'obtenir des données dimensionnelles suffisantes pour réaliser une représentation en trois dimensions de la scène d'incendie.

15.4.5.6.1 Dimensions structurelles. L'investigateur devrait mesurer et enregistrer les dimensions qui seraient nécessaires pour tracer une représentation précise en trois dimensions de la structure, comme illustré sur la figure 15.4.2 (c). Il faudrait prêter attention à l'enregistrement de ces dimensions souvent oubliées comme l'épaisseur des murs, les interstices sur les portes, et la pente des planchers, des murs et des plafonds. Une telle représentation géométrique peut être nécessaire si ultérieurement la modélisation de l'incendie et/ou des essais doivent être réalisés.

15.4.5.6.2 Disponibilité des données dimensionnelles. Alors qu'on peut trouver les dimensions sur les plans des bâtiments, les plans d'agencement ou les plans du réalisé, il est possible qu'au moment des investigations sur site on ignore si ces plan existent, en particulier dans le cas des bâtiments anciens. Aussi, il est prudent que l'investigateur relève lui-même les dimensions, indépendamment de l'existence de plans, de schémas ou de dessins.

15.4.5.7 Plans spécifique aux investigations incendie.

15.4.5.7.1 En plus du plan de masse basique, il est recommandé à l'investigateur d'utiliser des esquisses et des plans spécifiques pour enregistrer certains aspects particuliers d'une investigation incendie. Le choix d'utiliser l'un ou l'autre des esquisses et schémas spécifiques dépend de l'investigateur et de la nécessité de représenter un fait ou une problématique complexe. Ces schémas spécialisés comprennent des schémas électriques, mécaniques, des schémas de process, des représentations du réseau de gaz, des traces d'incendie, les schémas de profondeurs de carbonisation, ou de calcination, les points de vue des témoins, les analyses des sens de propagation de la chaleur et de la flamme et d'autres si nécessaire.

15.4.5.7.2 L'utilisation d'un logiciel de dessin facilite la réalisation de nombreux schémas spécifiques à partir du plan de masse initial. Le recours à des dessins qui peuvent se superposer ou se recouvrir peut aider à comprendre certains éléments spécifiques et éviter que le dessin ne devienne trop compliqué.

15.4.6 Plans de conception et de construction.

15.4.6.1 Généralités. Les plans de conception et de construction sont les plans qui ont été établis par l'architecte pour la conception et la construction des bâtiments, des équipements, des installations et d'autres éléments. Ces plans sont souvent utiles à l'investigateur pour déterminer les composants, les éléments de conception, les spécifications et tout élément autre.

15.4.6.1.1 La disponibilité et la complexité des plans de conception et de construction peuvent varier selon la taille du bâtiment et les activités exercées et suivant la possibilité d'identifier un élément particulier qui a été fabriqué.

15.4.6.1.2 Au cours ou après la construction d'un bâtiment, du fait de changements d'activité, des modifications peuvent se produire. Ces modifications peuvent ne pas avoir été reportées sur un seul dessin. Lorsqu'il utilise un plan du bâtiment qui a été réalisé avant la construction, l'investigateur devra comparer le schéma avec l'agencement du bâtiment réel.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Tableau 15.4.6.2 Schémas de conception et de construction

Type	Information	Corps de métier
Topographique	Courbes de niveaux d'un terrain	Géomètre
Plan de situation	Situation du bâtiment sur le terrain raccordements au réseau d'égouts, alimentation en eau et en électricité	Ingénieur génie civil
Plan de masse	Vue du dessus de l'emplacement des murs et des locaux	Architecte
Plomberie	Emplacement et sections des tuyaux d'alimentation et d'évacuation d'eau	Ingénieur mécanicien
Électrique	Agencement et sections des câbles d'alimentation, interrupteurs et prises, installations fixes	Ingénieur électricien
Mécanique	Systèmes de chauffage et de climatisation	Ingénieur mécanicien
Sprinkleur/ alarme incendie	Systèmes de protection incendie	Ingénieur protection incendie
Structurel	Structure du bâtiment	Ingénieur en structure
En élévation	Montre les murs intérieurs ou extérieurs	Architecte
Coupes	Montre l'intérieur des éléments lorsque l'on les coupe	Architecte
Détails	Montre des vues rapprochées de zones complexes	Tous corps de métiers

15.4.6.2 Dessins d'architectes et d'ingénieurs. Au cours du processus de conception et de construction, il existe plusieurs types de dessins avec lesquels l'investigateur devrait être à l'aise. Les schémas les plus couramment réalisés par les différents corps de métiers figurent au Tableau 15.4.6.2.

15.4.6.3 Cahiers des charges. Sur les grands projets, il peut être nécessaire de préciser les types d'équipements sur des descriptifs qu'on appelle des cahiers des charges. Lorsque de nombreux équipements sont définis de manière détaillée, il existera généralement des cahiers des charges. Les cahiers des charges fonctionnent souvent par lots :

(1) Lot portes et fenêtres

(2) Lot finitions intérieures

(3) Lot électricité

(4) Lot chauffage et climatisation

(5) Lot plomberie

(6) Lot éclairage

15.4.6.4* Spécifications. Les architectes et les ingénieurs rédigent des spécifications qui accompagnent leurs plans. Alors que les plans présentent la géométrie du projet, les spécifications précisent la qualité des matériaux, les responsabilités des différents contractants et la gestion générale du projet. Les spécifications sont habituellement divisées en sections pour les différents composants du bâtiment. Les caractéristiques des matériaux peuvent être déterminées grâce à l'examen des spécifications, ce qui peut aider l'investigateur pour l'analyse de la scène d'incendie.

15.4.6.5 Installations et équipements du bâtiment. Il peut être possible de disposer des schémas des équipements et des plans de montage, des installations et des équipements susceptibles d'être concernés par un scénario d'incendie. Ces plans peuvent permettre à l'investigateur de déterminer ou d'obtenir des informations spécifiques sur les composants ou sur d'autres éléments.

15.5* Rapports.

L'objectif du rapport est de communiquer les observations, les analyses, et les conclusions faites pendant les investigations. Il n'est pas prescrit de format particulier pour le rapport. Voir le chapitre 11 pour les recommandations sur les rapports mandatés par le tribunal.

15.5.1 Informations descriptives. Les rapports devraient généralement contenir les informations suivantes, de préférence dans l'introduction :

(1) La date, l'heure, et le lieu du sinistre

(2) La date et le lieu où ont été réalisées les investigations

(3) La date du rapport

(4) Le nom du demandeur (une personne ou un organisme)

(5) La portée des investigations (une fois les tâches terminées)

(6) Le statut du rapport (préliminaire, intermédiaire, final, de synthèse, supplémentaire)

15.5.2 Faits pertinents. La description de la scène d'incendie, les éléments examinés, et les indices recueillis devraient figurer dans le rapport. Il devrait comprendre les observations et les informations de nature à étayer l'avis formulé. Les photographies, les plans et les rapports de laboratoires peuvent être référencés.

15.5.3 Avis et Conclusions. Le rapport devrait contenir les avis et les conclusions formulés par l'investigateur. Le rapport devrait aussi comprendre les éléments sur lesquels les avis et les conclusions se fondent. Le nom, l'adresse et la partie représentée par les différentes personnes qui ont proposé un avis dans le rapport devraient figurer.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 16 Indices matériels

16.1* Généralités.

Au cours des opérations d'expertise après sinistre, l'investigateur incendie a souvent la charge d'effectuer les prélèvements, de les identifier, de les décrire, de les examiner et d'organiser la réalisation des analyses ou essais en laboratoire. L'investigateur incendie doit être parfaitement au courant des méthodes recommandées et acceptées pour le traitement de tels indices matériels.

16.2 Indices matériels

16.2.1 Un indice matériel est généralement défini comme un élément matériel tangible qui conduit à prouver ou au contraire à écarter un fait particulier ou une interprétation. Les indices matériels peuvent être particulièrement utiles pour comprendre l'origine, la cause, et la propagation du feu ainsi que pour établir les responsabilités.

16.2.2* Décider quel prélèvement réaliser sur le site sinistré pour qu'il soit analysé ou testé dans un laboratoire ou dans un centre d'essais ou pour qu'il serve simplement à étayer un fait ou une hypothèse reste de la responsabilité de l'investigateur. Cette décision se fonde sur une variété de considérations telles que le périmètre de l'enquête, une réquisition de justice ou au contraire une interdiction. *(Voir chapitre 13.2.)* D'autres éléments de preuve sont susceptibles d'être apportés par d'autres acteurs ; autres investigateurs, représentants des compagnies d'assurance, représentants des fabricants, propriétaires et locataires. L'investigateur doit aussi connaître les normes et procédures relatives à la constitution de la preuve mais aussi être conscient des risques de détérioration des indices.



FIGURE 16.3.1 Exemple d'indice prélevé après un incendie.

16.3* Préservation du site sinistré et des indices.

16.3.1 Généralités. Les dispositions maximum devraient être prises pour protéger et préserver la scène d'incendie afin qu'elle demeure aussi intacte que possible ; les éléments de structure du bâtiment, le contenu, les équipements et le mobilier restant positionnés à l'endroit où ils étaient avant le sinistre. Des indices aussi petits que l'allumette en carton présentée sur la figure 16.3.1 pourraient facilement être détruits ou perdus sur une scène de feu mal préservée.

16.3.1.1 Généralement la cause d'un incendie ou d'une explosion n'est pas établie avant quasiment la fin de l'investigation. Aussi, la valeur probatoire ou sujette à interprétation des différents éléments matériels observés sur site ne doit pas être connue jusqu'à la fin ou presque des opérations sur site voire même jusqu'à la fin de l'investigation. Il en résulte que c'est toute la scène incendie qui doit être protégée et préservée. Une attention particulière doit être portée aux cendres et débris qui sont temporairement mis dans des sacs, bâches ou tout autre contenant adapté et étiqueté avec l'inscription du lieu de prélèvement. Ainsi, si un composant provenant d'un équipement ou d'un engin incendiaire semblait manquer, il pourrait être plus facilement retrouvé dans un container étiqueté.

16.3.1.2 La responsabilité de la conservation du site sinistré et des éléments de preuve ne repose pas que sur l'investigateur, mais commence dès l'arrivée des services de secours et des forces de police. La préservation insuffisante du site peut entraîner la destruction, la contamination, la perte, ou le déplacement inutile des indices matériels. Au départ, le premier responsable sur place, et plus tard, l'investigateur devront assurer la protection de la scène d'incendie contre les intrusions inutiles et non-autorisées. Ils devront s'assurer également que les actions visant à maîtriser et éteindre le feu soient limitées à ce qui est strictement nécessaire.

16.3.1.3 Les indices matériels sur une scène d'incendie ne doivent pas seulement être vus sous l'angle criminel, comme les preuves traditionnelles des sciences légales (armes, fluides corporels, empreintes digitales), ni se limiter aux éléments de preuve de l'incendie volontaire, tels que les engins ou bombes incendiaires. Sur un site sinistré et ses environs, les indices peuvent également concerner la structure du bâtiment, son contenu, et tout matériau brûlé ou non sur lequel le feu a laissé des traces.

16.3.2 Les traces laissées par le feu. L'interprétation des traces laissées par le feu peut s'avérer utile dans l'identification d'une source d'ignition potentielle, telle qu'un dispositif de mise à feu dans le cas d'un incendie volontaire ou un équipement dans le cas d'un feu accidentel. Les traces de combustion sont des éléments matériels visibles et objectifs qui restent après un incendie.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Celles-ci comprennent ; les impacts thermique sur les matériaux, tels que ; carbonisation, oxydation, consommation des combustibles, dépôts de fumées et de suies, déformations, fusions, changements de couleur, changement des caractéristiques des matériaux, effondrement des structures etc. *(Voir Section 6.3.)*

16.3.3 Les indices spécifiques. Ils concernent par exemple ; les restes du matériau qui a brûlé en premier, la source d'ignition, ou tout autre élément ou composant, susceptible d'être lié au départ de feu ou à son développement. Un objet ou partie de bâtiment sur lequel des traces de combustion sont présentes constitue également des indices spécifiques. Il est nécessaire de préserver la chose non pour elle-même mais pour les traces que le feu a laissées dessus.

16.3.4 La protection des indices.

16.3.4.1 Il existe bon nombre de méthodes pour protéger les indices du risque de destruction. Parmi celles-ci on peut citer ; la présence d'un gardien, d'un pompier ou d'un officier de police chargé d'éviter ou de limiter l'accès à un bâtiment, un local, ou une zone ; l'utilisation de cônes de signalisation routière, ou d'indicateurs portant un numéro permettant d'identifier les éléments de preuves ou les zones qui méritent des investigations plus approfondies ; le déploiement d'une bâche sur la zone ou sur l'objet constituant un élément de preuve avant remise en état des lieux ; ou la consignation du local, ou de la zone à l'aide d'une corde, d'un ruban d'avertissement ou d'un ruban de police. L'investigateur pourra trouver avantage à surveiller les opérations de déblaiement.

16.3.4.2 Les objets tels que boîtes ou seaux vides trouvés sur le site sinistré entrent dans la catégorie des indices spécifiques. Cependant, ces objets peuvent ne pas être clairement identifiés en tant qu'indices à protéger, par les services de secours ou par tout autre intervenant sur le sinistre. Tout indice non suffisamment repéré est susceptible d'être déplacé ou détruit sur site.

16.3.5 Les missions et les responsabilités des services de secours pour la préservation de la scène d'incendie.

16.3.5.1 En général, durant leur formation de base, les officiers pompiers et leurs hommes ont été avertis de leurs responsabilités sur un site en feu au regard des investigations à venir.

16.3.5.1.1 Souvent ces missions consistent à reconnaître les indices d'un incendie volontaire, tels que ; foyers multiples, systèmes de mise à feu ou mèches, et traces de liquides inflammables dans la zone d'ignition. *(Voir chapitre 22.2)*. Si ceci pèse lourd dans la procédure d'investigation, ce n'est pour eux qu'une faible part de leurs missions.

16.3.5.1.2 La maîtrise et l'extinction rapides du feu protègent les éléments de preuve. La capacité à préserver le site sinistré constitue souvent un élément déterminant dans l'investigation. Même si les pompiers ne sont pas directement chargés de déterminer l'origine ou la cause du feu, ils jouent un rôle primordial en préservant la scène d'incendie et les indices.

16.3.5.2 Préservation. Dès qu'un indice ou tout autre élément de preuve a été découvert, les premières étapes de la procédure relative aux indices matériels doivent être suivies afin de préserver et protéger ces éléments, du risque de perte, de destruction ou de déplacement. La personne qui en fait la découverte doit avertir, dès que possible le responsable sur site. Ce dernier prévient alors l'investigateur ou tout autre individu ou organisation ayant autorité pour réaliser le prélèvement et enregistrer les informations nécessaires.

16.3.5.3 Précautions lors des opérations d'extinction.

Les services de secours doivent éviter de détériorer inutilement les indices lorsqu'ils mettent en œuvre leurs lances en jet bâton, éventrent les plafonds, brisent les fenêtres, ou de font écrouler les murs, puis effectuent le déblai.

16.3.5.3.1 Mise en œuvre des lances incendie.

Autant que possible, les pompiers doivent utiliser avec précaution la position jet bâton des lances incendie, en particulier à la base du foyer, celle-ci pouvant être la zone d'origine. La preuve de la source d'ignition peut parfois encore être encore présente dans la zone d'éclosion du feu. La puissance des lances incendie en particulier en jet bâton est susceptible de déplacer, endommager ou détruire les indices matériels présents.

(A) L'utilisation des lances pour les opérations de déblai telles que ; le déplacement des débris, ou le percement des murs ou des plafonds devrait aussi être limitée aux zones suffisamment éloignées de la zone présumée de départ de feu.

(B) L'arrosage devrait être contrôlé dans les zones où l'investigateur pourrait souhaiter examiner le sol à la recherche de traces laissées par le feu. Lorsque l'eau qui stagne au sol est évacuée, il faut prendre garde à créer l'orifice de drainage dans une zone susceptible de minimiser l'impact de cette opération sur la scène d'incendie et sur les traces laissées par le feu.

16.3.5.3.2 Déblai.

(A) C'est pendant le déblai que les indices non endommagés par le feu peuvent être déplacés ou détruits. Un déblai excessif de la scène d'incendie avant l'analyse et l'enregistrement des traces laissées par le feu, peut avoir des conséquences sur l'investigation voire compromettre la détermination du lieu d'origine.

(B) Si les pompiers ont pour mission de maîtriser et d'éteindre le feu puis de surveiller pour écarter tout risque de reprise, ils sont aussi chargés de la préservation des indices. Ces deux responsabilités peuvent être antinomiques, et souvent les indices sont altérés durant la recherche des foyers cachés. Toutefois si les opérations de déblai sont menées méthodiquement, les deux missions sont susceptibles d'être réalisées avec succès.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

16.3.5.3.3 Le retrait des biens épargnés. Tout retrait ou déplacement d'un indice matériel peut rendre la reconstitution du scénario d'incendie difficile pour l'investigateur. Si l'investigateur est dans l'impossibilité d'établir la localisation précise d'un indice avant le départ de feu, les analyses et interprétations concernant cet indice perdront tout leur sens. Il faudrait donc éviter de déplacer et en particulier d'enlever les objets, l'équipement, le mobilier et tout élément matériel de la scène d'incendie avant que les enregistrements, analyses, et interprétations des hypothèses de scénarios ne soient finalisés.

16.3.5.3.4 Manœuvre des boutons de commande et interrupteurs.

Les pompiers doivent se garder de tourner les boutons et de manœuvrer les interrupteurs sur n'importe quel équipement ou installation sur la scène d'incendie. La position d'éléments tels que boutons et interrupteurs peut constituer un renseignement nécessaire dans le déroulement de l'investigation particulièrement lors de l'analyse des scénarios et hypothèses de départ du feu. Ces éléments, souvent en plastique, peuvent devenir particulièrement cassants après avoir chauffé. Si on y touche, on peut altérer l'état dans lequel ils étaient juste après l'incendie, sans compter qu'on pourrait aussi casser un interrupteur déjà fragilisé ou qu'il pourrait devenir impossible de le remettre dans sa position postincendie. *(Voir 24.5.3.)*

16.3.5.3.5 Emploi d'équipements à moteur. L'utilisation d'outils ou d'équipements fonctionnant à l'essence ou au gazole doit être soigneusement contrôlée à certains endroits. Le remplissage du réservoir des outils ou équipements à moteur doit être réalisé en dehors du périmètre de la scène d'incendie. Si on a recours à un équipement avec un moteur à explosion sur le site sinistré, son utilisation et l'endroit où il a été utilisé doivent être enregistrés. L'investigateur doit en être avisé.

16.3.5.3.6 Limitation de l'accès des pompiers et autres services de secours.

L'accès à la scène d'incendie doit être réservé aux personnes qui ont besoin d'y être. Ceci inclut aussi de limiter l'action des pompiers et autres services de secours à ce qui est strictement nécessaire. Lorsque c'est possible, leurs actions devraient même être reportées jusqu'à ce que les indices aient été enregistrés, protégés, évalués et les prélèvements réalisés.

16.3.6 Mission et responsabilités de l'investigateur d'incendie.

Si le pompiers n'ont pas pris les premières dispositions pour préserver et protéger le site sinistré, il appartient alors à l'investigateur de s'en charger. Ensuite, s'il a autorité pour le faire, l'investigateur pourra enregistrer, analyser et réaliser les prélèvements des indices matériels.

16.3.7 Remarques opérationnelles. Il ne faudrait pas interpréter les précautions qui sont exposées dans ce chapitre comme disproportionnées ou dangereuses par rapport au feu et aux risques liés au site. Il peu en effet, être nécessaire de consolider ou de démolir certains éléments appartenant à la scène d'incendie pour des raisons de sécurité ou autres. A partir du moment où les constats ont été réalisés par les parties concernées, et les prélèvements effectués, il n'y alors aucune raison de continuer à préserver la scène d'incendie. La décision d'autoriser la reprise de l'activité, après que les dispositions suffisantes aient été prises sur site, devrait être arrêtée par toutes les parties concernées, et identifiées à cet instant.

16.4 Contamination des indices matériels.

La contamination des indices est susceptible de se produire suite à la mise en œuvre de procédures inadaptées de prélèvement, de conservation, ou de transport. De la même manière qu'une préservation imparfaite de la scène d'incendie, la contamination des indices et prélèvements est de nature à réduire la valeur probatoire de ces éléments matériels.

16.4.1 Contamination des récipients pour prélèvements.

16.4.1.1 Si l'on n'y prend pas garde, les prélèvements peuvent aussi se trouver contaminés par l'utilisation de récipients eux-mêmes contaminés. A cette fin, l'investigateur doit prendre les dispositions nécessaires en sorte que les récipients neufs et non-contaminés soient entreposés séparément des récipients ayant déjà servi et des sources de contamination potentielle.

16.4.1.2 Une méthode utilisable afin de réduire le risque de contamination croisée des récipients à prélèvements, tels que les boîtes en acier peintes, ou les bocaux en verre, consiste à les sceller immédiatement après livraison par le fournisseur. Les récipients doivent demeurés scellés pendant le stockage et le transport jusqu'à l'endroit où les prélèvements sont effectués. Les récipients destinés au prélèvement des indices, ne doivent être ouverts que pour recevoir les échantillons sur le site de prélèvement. Ils doivent ensuite être scellés à nouveau et ce jusqu'à leur analyse au laboratoire.

16.4.2* Contamination au cours du prélèvement. La plupart des contaminations concernant les indices se produisent lors des prélèvements. C'est particulièrement vrai en ce qui concerne le prélèvement de preuves d'accélérants liquides ou solides. Ceux-ci peuvent se trouver absorbés sur les gants de l'investigateur ou bien être transférés via les outils et instruments servant à prélever.

16.4.2.1 Éviter la contamination croisée des prélèvements est crucial pour l'investigateur. Afin d'éviter une telle contamination croisée, l'investigateur peut porter des gants en plastique jetables ou utiliser des sacs en plastique dans lesquels il mettra les mains pour prélever les indices d'accélérants liquides ou solides. On utilisera toujours des gants ou des sacs neufs pour chaque prélèvement contenant les indices d'accélérant liquide ou solide.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

16.4.2.2 Pour limiter le risque de contamination lors des prélèvements, on peut aussi utiliser la méthode qui consiste à se servir du récipient comme outil de prélèvement. Le couvercle de la boîte métallique est ainsi utilisé pour introduire le prélèvement dans celle-ci, ce qui élimine ainsi tout risque de contamination croisée dû aux mains de l'investigateur, à ses gants ou à ses outils.

16.4.2.3 De la même manière, les outils de prélèvement et les équipements pour le déblai tels que balais, pelles, raclettes utilisés par l'investigateur, ont besoin d'être nettoyés soigneusement entre chaque prélèvement d'indice d'accélérant liquide ou solide pour éviter un risque de contamination croisée similaire. Par ailleurs, l'investigateur fera attention à ne pas recourir à des nettoyants sans eau ou autre type de nettoyant susceptible de contenir des solvants volatils.

16.4.3 Contamination par les pompiers. Une telle contamination est possible lorsque les pompiers utilisent des outils ou engins à moteur ou remplissent le réservoir de ces équipements dans une zone où l'investigateur aura ultérieurement à rechercher la présence ou l'absence de liquide inflammable. Les pompiers se doivent de prendre les précautions adéquates afin de réduire au minimum le risque de contamination. En outre, l'investigateur doit être informé lorsque le risque de contamination existe.

16.5 Méthodes de prélèvement.

16.5.1 Généralités. Le prélèvement d'indices matériels fait partie intégrante d'une investigation incendie bien menée.

16.5.1.1 Le choix de la méthode de prélèvement dépend de plusieurs paramètres, incluant les suivants ;

(1) *État de la matière.* C'est à dire si la substance à prélever se trouve sous forme solide, liquide ou gazeuse

(2) Caractéristiques physiques. La taille, la forme et le poids de l'échantillon

(3) *Fragilité.* C'est à dire si l'indice matériel est susceptible d'être cassé, abimé ou altéré facilement

(4) *Volatilité.* C'est à dire si la substance peut s'évaporer facilement

16.5.1.2* Quelle que soit la méthode de prélèvement mise en œuvre, l'investigateur doit se référer aux normes ASTM, ainsi qu'aux principes et procédures du laboratoire qui analysera ou testera le prélèvement.

16.5.2 Enregistrements relatifs à la prise de prélèvement.

16.5.2.1 Il est nécessaire de réaliser soigneusement les enregistrements relatifs aux indices matériels avant d'en effectuer le prélèvement. Ces enregistrements peuvent inclure ; des notes de terrain, des rapports écrits, des esquisses et des schémas accompagnés de mesures précises et de photographies. Ces relevés doivent, dans tous les cas, être effectués avant que l'indice matériel n'ait été déplacé ou perturbé. L'investigateur doit s'efforcer de tenir à jour une liste des prélèvements réalisés et de ceux qui les ont réalisés.

16.5.2.2 L'objet de ces enregistrements est double. Premièrement les enregistrements permettent à l'investigateur de connaître l'origine du prélèvement incluant non seulement sa localisation au moment où l'élément matériel a été découvert mais aussi les conditions de prélèvement et son lien avec l'investigation en cours. Deuxièmement les enregistrements permettent à l'investigateur de montrer que le prélèvement n'a pas été contaminé ou altéré. *(Voir 15.2.6.8.)*

16.5.3 Prélèvement des indices matériels classiques en sciences légales. Les preuves matérielles classiques des sciences légales comprennent mais ne se limitent pas à ; empreintes des doigts des mains, empreintes palmaires, fluides corporels tels que sang et salive, cheveux et fibres, empreintes laissées par les chaussures, traces d'outils, sols et sable, bois et sciure, verre, peinture, métal, écrits réalisés à la main, documents suspects, et d'une façon générale tout indice matériel. Bien que souvent associés à d'autres types d'investigations, ces éléments matériels sont aussi susceptibles de faire partie d'une investigation incendie. Les méthodes de prélèvement recommandées de ces échantillons, classiques en sciences légales, sont très variées. Aussi, l'investigateur incendie devra consulter le laboratoire de sciences légales qui analysera ou réalisera les essais sur le prélèvement.

16.5.4 Prélèvement des échantillons pour recherche d'accélérant. Un accélérant est un combustible ou un comburant, souvent un liquide inflammable, utilisé pour démarrer le feu, augmenter sa croissance ou accélérer la vitesse de propagation de l'incendie. Les accélérants peuvent tout aussi bien se trouver à l'état gazeux, liquide ou solide. Les prélèvements pour recherche d'accélérant doivent être réalisés et analysées selon les normes ASTM E 1387, *Standard Test Method for Ignitible Liquid Residues in Extracts from Fire Debris Samples by Gas Chromatography*, ou ASTM E 1618, *Standard Test Method for Ignitible Liquid Residues in Extracts from Fire Debris by Gas Chromatography–Mass Spectrometry*.

16.5.4.1 Caractéristiques des accélérants liquides. Les accélérants liquides ont des propriétés dont il faut tenir compte en les prélevant dans les débris d'incendie. Ces caractéristiques incluent les suivantes ;

(1) Les accélérants liquides sont facilement absorbés par la plupart des matériaux de construction, l'intérieur des meubles, et bien d'autres débris d'incendie.

(2) Généralement, les accélérants liquides surnagent au contact de l'eau (l'alcool est une exception).

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

(3) Les accélérant liquides restent très longtemps (Persistance) lorsqu'ils sont piégés sur des supports poreux.

16.5.4.2 Les équipes chiens/maîtres-chiens. Lorsqu'une équipe chien /maître-chien opère en vue de rechercher la présence éventuelle d'accélérant, il faut autoriser le maître à déterminer quelle zone, s'il y en a plusieurs, d'un bâtiment ou d'un site il souhaite investiguer. Avant de démarrer, le maître doit soigneusement évaluer les risques pour la sécurité et la santé tels que, l'effondrement, la chute, les produits toxiques, la chaleur résiduelle, et les vapeurs et c'est lui qui finalement doit décider si le chien est autorisé à chercher. Il revient aussi au maître de décider s'il doit réaliser des investigations dans tout le bâtiment ou sur tout le site, même dans les zones non concernées par l'incendie. L'équipe chien/maître-chien peut aussi participer à un premier examen discriminatoire des débris (en vrac ou déjà mis dans les récipients) qui viennent d'être prélevés sur site, afin de vérifier que des prélèvements pertinents ont été réalisés pour analyse au laboratoire.

16.5.4.3 Prélèvement d'échantillons liquides à des fins de recherche d'accélérant. Lorsqu'un accélérant éventuel se trouve à l'état liquide, on peut le prélever en suivant une méthode parmi une quantité de méthodes existantes. Quelle que soit la méthode retenue, l'investigateur doit s'assurer que le prélèvement ne peut pas être contaminé. S'il est facilement accessible, le liquide peut être prélevé en utilisant une seringue neuve, un compte-gouttes, une pipette, un système pour siphonner, ou le récipient lui-même. Un morceau de coton ou une compresse peuvent être utilisés pour absorber le liquide. En mettant en œuvre cette méthode de prélèvement, on dispose alors d'un morceau de coton ou d'une compresse imprégné de liquide. Le morceau de coton ou la compresse constituent alors l'indice matériel, qui doit être mis sous scellé dans un récipient hermétique et adressé au laboratoire pour observation et analyse.

16.5.4.4 Prélèvement de liquides absorbés sur des matériaux solides. Souvent, on ne parvient à mettre en évidence un accélérant liquide que parce qu'il a été absorbé sur des matériaux solides tels que la terre ou le sable. La méthode de prélèvement consiste simplement à prendre le matériau solide contenant le produit absorbé. On peut prélever ces matériaux solides en les ramassant avec le récipient lui-même, ou en les découpant, les sciant ou les brisant. Le bois brut, l'intérieur, ou les bords sciés, les extrémités, les trous des clous, les fissures, les nœuds et tout autre endroit du bois du même genre, le plâtre, les minéraux en feuillets, le mortier ou même le béton constituent de bons supports pour y effectuer des prélèvements. Si on envisage une pénétration en profondeur du liquide, on doit alors mettre de côté un échantillon de matériau sur toute l'épaisseur de sa section pour que le laboratoire l'examine. Sur certains matériaux solides, tels que la terre ou le sable, l'accélérant liquide est susceptible d'être absorbé profondément à l'intérieur du matériau. L'investigateur doit donc prendre un échantillon sur une plus grande profondeur. Lorsqu'il envisage que l'accélérant liquide puisse être piégé à l'intérieur de matériaux poreux tels les sols en béton, l'investigateur incendie peut avoir recours à des produits absorbants tels que la chaux, la terre de diatomée, ou la farine sans agent levant. La mise en œuvre de cette méthode consiste à répandre le produit absorbant à la surface du béton, laisser pendant 20 à 30 minutes, et le récupérer dans un récipient propre et hermétique. Le produit absorbant est ensuite extrait au laboratoire. L'investigateur prendra soin d'utiliser des outils et des récipients propres pour la récupération du produit absorbant car ce dernier peut se trouver contaminé facilement. Un échantillon d'absorbant vierge doit être conservé séparément pour analyse à des fins de comparaison.

16.5.4.5 Prélèvement d'échantillons solides pour recherche d'accélérant. On trouve les accélérants solides aussi bien parmi les produits d'utilisation courante, que parmi les substances chimiques dangereuses. Certains produits de mise à feu demeurent corrosifs ou réactifs, on doit donc faire attention en les conditionnant que ces résidus corrosifs n'attaquent pas le récipient. De plus, de tels produits doivent être manipulés avec précaution par les personnes pour leur propre sécurité.

16.5.4.6* Échantillons de référence. Lorsque l'on effectue des prélèvements pour observation et analyse, il est souvent utile de prélever également des échantillons de référence.

16.5.4.6.1 Prélever des échantillons de référence est particulièrement important lorsque l'on effectue des prélèvements de matériau susceptibles de contenir un accélérant liquide ou solide. Par exemple l'échantillon de référence pour un prélèvement constitué d'un morceau de moquette supposé contenir un accélérant liquide serait un morceau de la même moquette dont on sait qu'il ne contient pas de liquide inflammable. Les échantillons de référence permettent au laboratoire de mesurer la contribution éventuelle des produits de pyrolyse à l'analyse et aussi d'évaluer l'inflammabilité du support combustible normalement présent.

16.5.4.6.2 Lorsque l'investigateur prélève des échantillons de référence dans le cadre de la recherche d'accélérant, il doit les prendre dans une zone qu'il suppose exempte de toute trace d'accélérant, par exemple ; sous les meubles ou dans des zones qui n'ont pas participé à l'incendie. En supposant que l'analyse de l'échantillon de référence est négative pour les liquides inflammables, on peut ainsi démontrer que tout liquide inflammable mis en évidence dans le prélèvement suspect est étranger à la zone dans laquelle il a été prélevé.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

16.5.4.6.3 Il est admis de ne pas être en mesure de prélever d'échantillons de référence du fait de l'incendie. Il est aussi admis que les échantillons de référence sont souvent inutiles pour une identification valable des résidus de liquide inflammable. Déterminer si des échantillons de référence sont nécessaires devrait être du ressort du laboratoire, mais souvent il n'est plus possible pour l'investigateur de retourner sur site pour effectuer les dits prélèvements, aussi il lui est recommandé de les prélever en même temps que les autres lors des investigations initiales.

16.5.4.6.4 Si l'on suspecte un équipement mécanique ou électrique d'être à l'origine du feu, un modèle identique doit être prélevé ou acheté pour comparaison.

16.5.4.7* Les équipes canines. Les équipes chien/maître-chien valablement formées et validées pour la détection de liquides inflammables ont démontré leur capacité à faciliter les investigations incendie en aidant à l'identification des zones pour la réalisation de prélèvements destinés au laboratoire d'analyses afin d'y rechercher la présence de liquides inflammables. La mise en œuvre appropriée de la détection par un chien consiste à lui assigner la tâche de participer à la localisation des endroits où réaliser les prélèvements et à la sélection des échantillons.

16.5.4.7.1 Afin de vérifier scientifiquement la présence ou l'absence d'un liquide inflammable, l'échantillon doit être analysé par un laboratoire confirmant le résultat.

16.5.3. Toute détection canine non confirmée par un laboratoire ne doit pas être prise en compte.

16.5.4.7.2* Les études ont montré que les chiens sont susceptibles de réagir positivement aux produits de pyrolyse non émis par un liquide inflammable et qu'à l'inverse, ils n'ont pas toujours réagi positivement alors qu'un liquide inflammable était effectivement présent. Lorsqu'un investigateur pense qu'il existe des indices de la mise en œuvre d'un accélérant, il faut réaliser des prélèvements même si le chien n'a rien détecté

16.5.4.7.3 Les organes olfactifs d'un chien sont supposés détecter de l'essence à une concentration inférieure à celles couramment citées pour les méthodes de laboratoire. Toutefois, la limite de détection n'est pas le seul critère ni même le plus important pour un laboratoire de sciences légales. La sélectivité, c'est-à-dire la capacité à faire la distinction entre un liquide inflammable et les signaux provenant du matériau est bien plus importante que la sensibilité à détecter n'importe quelle trace de liquide inflammable. A la différence des chiens qui détectent les explosifs ou la drogue, ces chiens sont formés à repérer des substances présentes dans notre environnement usuel. Dans les laboratoires de sciences légales les techniques pour détecter des quantités de liquide inflammable inférieures au microlitre existent. Identifier de telles traces infimes a une valeur probatoire limitée, du fait de la présence intrinsèque de ces substances dans notre environnement mécanisé.

16.5.4.7.4* La recherche actuelle ne permet pas de savoir quels composés chimiques ou classes de composés constituent les déclencheurs clés qui font réagir les chiens. Les études montrent que la plupart des classes de composés contenus dans un liquide inflammable peuvent aussi être produits lors de la combustion de matières synthétiques communes. Les laboratoires qui respectent les normes ASTM (*voir chapitre 16.10*) disposent de procédures où sont définis les composés chimiques à détecter pour affirmer la présence d'un liquide inflammable. La grande variété de produits de pyrolyse présents sur une scène d'incendie permet de comprendre que les détections canines ne soient pas toutes confirmées. L'aptitude d'un chien à faire la distinction entre des produits de pyrolyse et des liquides inflammables est remarquable mais pas infaillible.

16.5.4.7.5 Le véritable objectif du recours à une équipe chien/maître-chien est d'aider à sélectionner des échantillons dont la probabilité de confirmation positive par un laboratoire soit plus élevée que pour les échantillons prélevés sans assistance canine.

16.5.4.7.6 La recherche des liquides inflammables à l'aide de chiens doit être utilisée en complément mais pas à la place des autres méthodes d'investigation et d'analyse décrites dans le présent ouvrage.

16.5.5 Prélèvements d'échantillons gazeux. Au cours de certaines investigations incendie ou explosion, spécialement lorsqu'il s'agit de combustibles gazeux, l'investigateur peut avoir besoin de réaliser un prélèvement de gaz. Ceci peut s'effectuer de différentes façons.

16.5.5.1 La première méthode propose l'utilisation de systèmes d'échantillonnage du commerce. Ces systèmes permettent soit d'aspirer un échantillon d'atmosphère gazeuse et de le conserver dans un compartiment à échantillon, soit de piéger l'échantillon sur un charbon actif ou un support polymère absorbant à des fins d'analyse ultérieure.

16.5.5.2 Une méthode alternative consiste à utiliser des récipients sous vide. Ces récipients sont spécialement conçus pour prélever des échantillons gazeux.

16.5.6 Prélèvement de pièces d'équipements ou d'installations électriques. Avant de s'apprêter à prélever un équipement électrique ou un constituant d'une installation électrique, l'investigateur incendie doit s'assurer que le courant est coupé ou que l'équipement est déconnecté. L'ensemble des procédures de sécurité décrites au chapitre 12 doivent être suivies. Les équipements et composants électrotechniques sont susceptibles d'être prélevés en tant qu'indice matériel par l'investigateur incendie afin de déterminer si ces matériels ont un rapport avec l'éclosion du feu.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

16.5.6.1 Les composants électrotechniques, après avoir subi un incendie, peuvent devenir cassants et être endommagés lors d'une manipulation maladroite. Aussi les méthodes et procédures de prélèvement mises en œuvre doivent conserver autant que possible l'état dans lequel l'indice matériel a été trouvé. Avant qu'un composant électrotechnique soit prélevé en tant qu'indice matériel, les enregistrements tels que photographies et schémas doivent être soigneusement effectués. Le câblage électrique peut en général être facilement coupé et retiré. Ce type d'élément peut être une courte portion, une extrémité rompue ou fondue, ou cela peut être une pièce plus longue, comprenant une portion de câble non brûlé où l'isolant du conducteur est encore intact. L'investigateur devra prélever la plus longue portion de câble possible, de façon à ce que l'isolant restant puisse être examiné. Avant d'être coupés, les câbles doivent être photographiés, chaque extrémité doit être étiquetée de telle façon qu'on puisse identifier ;

(1) Le système ou dispositif auquel il était connecté ou duquel il a été rompu

(2) Le numéro ou l'emplacement du disjoncteur ou fusible auquel il était connecté ou duquel il a été rompu

(3) Le circuit entre l'équipement et le dispositif de protection

16.5.6.2 Les interrupteurs, les récepteurs, les thermostats, les relais, les boîtes de jonction, le tableau électriques, et tout équipement ou composant du même type sont souvent prélevés comme indice matériel. Il est recommandé de ne pas altérer ces matériels en les prélevant, et de préserver les conditions dans lesquelles ils se trouvaient lorsqu'ils ont été découverts.

16.5.6.3 Lorsque c'est réalisable, il est recommandé de démonter les installations hébergeant de tels équipements et composants sans perturber les composants à l'intérieur. Les tableaux de distribution doivent être retirés en l'état. A défaut, on peut démonter les porte-fusibles individuellement ou les disjoncteurs du tableau. Lorsque le démontage de composants est nécessaire, l'investigateur doit faire attention de ne pas les manœuvrer ou les déplacer lors des enregistrements minutieux sur leur position et leur fonction au sein du tableau de distribution.

16.5.6.4 Si l'investigateur ne connaît pas les équipements, il aura intérêt à requérir de l'aide auprès d'un sachant au regard de l'équipement concerné avant de démonter ou de réaliser des essais sur site, afin d'éviter d'endommager l'équipement ou ses composants.

16.5.7 Prélèvement d'appareils électroménagers ou de petits équipements électriques. Lorsqu'un appareil électroménager ou tout autre type d'équipement est supposé avoir contribué au départ de feu, il est recommandé que l'investigateur le fasse examiner ou tester. Ces appareils peuvent être prélevés en tant qu'indice matériel pour étayer les conclusions de l'investigateur quant à leur implication ou non, concernant la cause du sinistre. Ce type d'indice matériel est susceptible de comprendre différentes choses du plus grand (ex ; fours, chauffe-eau, cuisinières, lave-vaisselle ou lave-linge, sèche-linge) au plus petit (ex ; grille-pain, cafetières, postes de radio, fers à repasser, lampes).

16.5.7.1 Lorsque cela est réalisable, l'appareil entier ou la partie d'équipement doit être prélevé en l'état en tant qu'indice matériel. Ceci comprend les cordons d'alimentation électrique ou les tuyauteries d'alimentation en combustible ou les dispositifs de contrôle.

16.5.7.2 Lorsque la taille ou l'état de dégradation empêche de prélever l'appareil ou la partie d'équipement en intégralité, il est conseillé de sécuriser l'appareil sur site en vue d'analyses et d'essais. Toutefois, il arrive souvent qu'un simple composant ou ensemble de composants appartenant à un appareil ou à une partie d'équipement soit prélevé en tant qu'indice matériel. L'investigateur doit s'efforcer de garantir que le prélèvement, le transport, et le stockage de tels indices permettent de conserver cet indice matériel dans l'état dans lequel il a été découvert. *(Voir 11.3.5 sur la dénaturation des indices)*

16.6 Récipients pour indices matériels.

16.6.1 Généralités. Une fois prélevés, les indices matériels doivent être placés et conservés dans un récipient approprié.

16.6.1.1 Comme le prélèvement des indices matériels, le choix d'un récipient adapté dépend de l'état et des caractéristiques physiques, de la fragilité et de la volatilité de l'échantillon. Le récipient doit permettre de préserver l'intégrité de l'échantillon, et empêcher toute modification ou contamination de cet indice. L'échantillon ne doit pas être emballé directement dans un matériau d'emballage de mauvaise qualité tel qu'un bout de sac ou un vague morceau de papier, mais d'abord placé dans un sac ou récipient adapté afin d'éviter d'égarer de petits morceaux ou pièces. Cependant, le matériau d'emballage peut servir à emballer l'échantillon, le tout sera alors placé dans un sac.

16.6.1.2 Les récipients destinés aux indices peuvent être choisis parmi des contenants banals tels que des enveloppes, des sacs en papier, des sacs en plastique, des bocaux en verre, ou des boîtes métalliques ou ils peuvent avoir été spécialement conçus pour certaines catégories d'indices. Pour sélectionner un récipient à indice approprié, l'investigateur s'appuiera sur les pratiques et procédures du laboratoire qui examinera ou analysera l'échantillon et sur l'emploi ou le traitement qui sera fait de cet indice.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

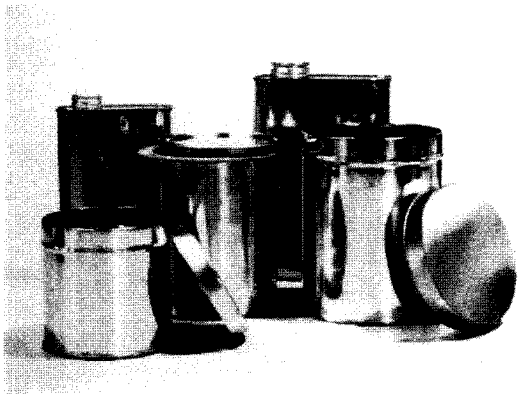


FIGURE 16.6.2.1 Différents exemples de boîtes en métal.

16.6.2 Récipients pour accélérants liquides ou solides. Pour le prélèvement des indices d'accélérant liquide ou solide, on recommande quatre types de récipients ; les boîtes métalliques, les bocaux en verre, les sacs pour indices spécifiques, et les sacs plastiques usuels. L'investigateur doit éviter que les accélérants s'évaporent ou soient contaminés. Il est donc primordial que les récipients utilisés soient parfaitement étanches pour empêcher l'évaporation ou la contamination.

16.6.2.1 Boîtes en métal. Les récipients conseillés pour le prélèvement d'indices d'accélérants liquides ou solides sont des boîtes en métal neuves et propres comme celles présentées sur la figure 16.6.2.1. Les boîtes ne doivent pas être remplies à plus des deux-tiers afin de laisser un volume libre pour les vapeurs.

16.6.2.1.1 Les avantages présentés par les boîtes métalliques sont ; leur disponibilité, leur coût raisonnable, leur résistance et leur efficacité à éviter l'évaporation des liquides volatils.

16.6.2.1.2 Les inconvénients sont toutefois ; l'impossibilité d'observer l'indice sans ouvrir le récipient, l'espace nécessaire à leur stockage, et la tendance du récipient à rouiller lors d'un entreposage de longue durée. Si les boîtes en métal sont utilisées pour contenir une grande quantité de liquide volatil comme l'essence automobile, un stockage à température élevée [au dessus de 38°C] est susceptible de générer une tension de vapeur suffisante à ouvrir le couvercle et entraîner la perte d'échantillon. Dans un tel cas, les bocaux en verre sont plus adaptés.

16.6.2.2 Bocaux en verre. On peut aussi utiliser des bocaux en verre pour le prélèvement d'indices d'accélérants liquides ou solides. Il est important de veiller à ce qu'il n'y ait pas de capsule d'étanchéité collée ou de joint en caoutchouc, spécialement lorsque le liquide est prélevé en vrac. En effet, la colle peut contenir des traces de solvant susceptibles de contaminer l'échantillon, et le joint peut gonfler voire se dissoudre en présence d'un accélérant liquide ou de ses vapeurs causant une fuite ou une perte d'échantillon. Afin de permettre aux vapeurs de se dégager au cours des analyses et essais, le bocal en verre ne doit jamais être rempli à plus des deux tiers.

16.6.2.2.1 Les différents avantages relatifs à l'utilisation des bocaux en verre sont notamment ; leur disponibilité, leur coût modique, la possibilité qu'ils offrent de voir l'échantillon sans ouvrir le bocal, leur capacité à empêcher l'évaporation des liquides volatils, et l'absence d'altération lors de longues périodes de conservation.

16.6.2.2.2 Les risques de casse, et le volume qu'ils occupent, qui limite le stockage de grandes quantités d'indices matériels, constituent toutefois des inconvénients.

16.6.2.3 Sacs spécifiques pour indices. On peut aussi utiliser des sacs spécifiquement, conçus pour le prélèvement des indices d'accélérant liquide ou solide. A la différence des sacs plastique courants, la composition chimique de ces sacs pour indices ne risque pas de générer des résultats erronés lors des analyses et essais sur les indices matériels qu'ils contiennent.

16.6.2.3.1 Parmi les avantages des sacs spécifiques pour indices, on peut citer ; leur disponibilité dans une grande variété de forme et de taille, leur coût raisonnable, la possibilité d'observer l'indice sans ouvrir le sac, un entreposage aisé, et leur efficacité à empêcher l'évaporation des liquides volatils.

16.6.2.3.2 Leurs inconvénients concernent ; leur fragilité occasionnant un risque de contamination des indices matériels qu'ils contiennent, et la difficulté à les fermer de façon étanche.

16.6.2.4 Sacs plastique courants. Même, s'ils sont souvent utilisés pour les indices volatils, les sacs en plastique courants en polyéthylène sont susceptibles de servir à l'emballage d'autres indices. Ainsi, ils peuvent être employés pour prélever des systèmes de mise à feu ou des résidus d'accélérant solides. Cependant, ils peuvent être perméables, et conduire ainsi à des fuites ou à des contaminations.

16.6.2.4.1 Les avantages de ces sacs en plastique courants sont ; leur disponibilité en une grande variété de formes et de taille, leur coût modique, la possibilité de voir l'échantillon sans les ouvrir, et un stockage facile.

16.6.2.4.2 Les inconvénients sont toutefois ; leur fragilité (risque de déchirement et de pénétration), conduisant à la contamination des indices matériels qu'ils contiennent, et leur inaptitude à conserver efficacement les hydrocarbures légers et les alcools, engendrant une perte d'échantillon, une mauvaise identification, ou une contamination croisée avec les autres sacs contenus dans la même boîte.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

16.7 Identification des indices matériels.

Tous les indices doivent être marqués ou étiquetés pour leur identification au moment où ils sont prélevés, comme exigé par la norme ASTM E 1188, *Standard Practice for Collection and Preservation of Information and Physical Items by a Technical Investigator*, et ASTM E 1459, *Standard Guide for Physical Evidence Labeling and Related Documentation*.

16.7.1 Il est conseillé d'indiquer ; le nom de l'investigateur incendie qui a réalisé le prélèvement, la date et heure du prélèvement, un nom ou numéro d'identification, le numéro d'affaire et la désignation du prélèvement, une description, et l'endroit où cet indice a été prélevé. On peut inscrire ces renseignement directement sur le récipient (*voir figure 16.7.1*) ou sur une étiquette préimprimée ou non qui sera solidement attachée au récipient.

16.7.2 L'investigateur incendie doit prendre garde à ce que le système d'identification de l'indice matériel ne puisse pas être facilement abîmé, perdu, retiré, ou altéré. Il doit aussi faire attention à ce que l'endroit où est placée l'étiquette, spécialement pour les étiquettes adhésives, ne perturbent pas les analyses et essais ultérieurs qui seront réalisés au laboratoire.

16.8 Transport et conservation des indices matériels. Les prélèvements peuvent être remis au laboratoire par l'investigateur ou acheminés par un transporteur.

16.8.1 Remise en main propre. Lorsque c'est possible, il est conseillé de remettre en main propre les prélèvements au laboratoire. La livraison en main propre minimise le risque de dommage, d'erreur sur le lieu de livraison ou de vol des indices.

16.8.1.1 Lors du transport par l'investigateur, ce dernier doit prendre toutes les précautions afin de préserver l'intégrité des indices prélevés. Il est conseillé à l'investigateur de conserver les échantillons près de lui et sous son contrôle jusqu'à leur arrivée et transfert de responsabilité au laboratoire ou centre d'essais.

16.8.1.2 L'investigateur doit définir par écrit le périmètre des analyses et essais demandés. La demande doit inclure ; le nom, l'adresse, et le numéro de téléphone de l'investigateur incendie ; une liste détaillée des prélèvements remis pour analyses et essais ; et toutes informations utiles, dépendant de la nature et des objectifs des analyses et essais. La demande doit aussi préciser les faits et circonstances de l'évènement à l'origine de la production de l'indice.

16.8.2 Acheminement par transporteur

16.8.2.1 Généralités. Il est parfois nécessaire d'acheminer par transporteur, les prélèvements, à un laboratoire ou centre d'essais, en vue d'analyses et essais. Dans ce cas, l'investigateur doit prendre toutes les précautions afin que l'intégrité des prélèvements soit préservée.

16.8.2.1.1 L'investigateur incendie devra choisir un carton de taille suffisante afin que tous les prélèvements de la même affaire tiennent dans le même carton. Les prélèvements issus de plusieurs affaires différentes ne doivent pas faire partie du même transport.

16.8.2.1.2 Chaque récipient à indice doit être emballé soigneusement dans le carton ou le conteneur destiné au transport. Un courrier de l'expéditeur doit être joint à l'envoi. Ce courrier est une demande écrite, destinée au laboratoire qui fera les analyses et essais. Il doit mentionner ; le nom, l'adresse, le numéro de téléphone de l'investigateur, une liste détaillée des prélèvements soumis au laboratoire pour analyse et essais, la nature et le périmètre des analyses et essais demandés, et toutes informations utiles dépendant de la nature et des objectifs des analyses et essais. Ce courrier doit aussi préciser les faits et circonstances de l'évènement à l'origine de la production de l'indice.

16.8.2.1.3 Les paquets peuvent être envoyés par courrier postal ou par un transporteur privé. Il est conseillé de les envoyer en recommandé avec accusé de réception.

16.8.2.2 Transport des prélèvements de matériel électrotechnique. Au delà de la procédure décrite au 16.8.2.1, l'investigateur doit avoir conscience que certains équipements électriques comportant des pièces électromécaniques fragiles ne peuvent pas être acheminés par courrier ou transporteur. A titre d'exemple, on peut citer les disjoncteurs, les relais, ou les thermostats. L'investigateur devra alors consulter le personnel du laboratoire ou du centre d'essais afin de déterminer la meilleure façon d'acheminer le prélèvement.

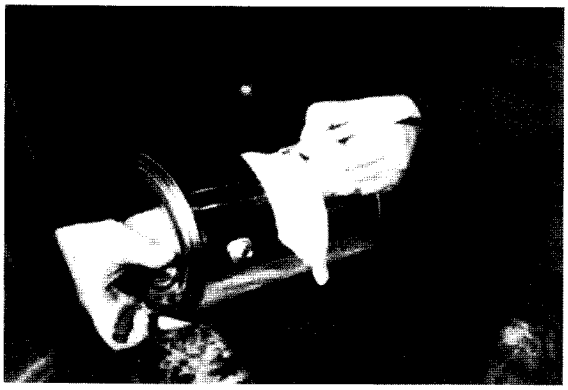


FIGURE 16.7.1 Identification d'un récipient à indice.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

16.8.2.3 Transport des matières volatiles ou dangereuses. L'investigateur doit connaître les risques potentiels liés au transport de matières volatiles ou dangereuses. Il doit s'assurer que ce transport est effectué dans le respect de la réglementation applicable. Lorsqu'il s'agit d'indices volatils, il est important que le prélèvement ne soit pas exposé à des températures extrêmes. Le gel ou la trop forte chaleur sont susceptibles de perturber les résultats d'essais des laboratoires. En général, plus l'échantillon est stocké à basse température, mieux les composés volatils qu'il peut contenir se conservent, cependant il ne doit pas geler.

16.8.3 Conservation des indices. Les indices matériels doivent être conservés dans les meilleures conditions possibles jusqu'à ce qu'ils ne soient plus utiles. Ils doivent être protégés contre le risque de perte, contamination et dégradation. La chaleur, la lumière, et l'humidité sont les principales sources de détérioration de la plupart des échantillons. Des conditions sèches et à l'abri de la lumière sont préférables. Par ailleurs, plus l'ambiance est fraîche, mieux c'est. Ouvrir les récipients scellés contenant des prélèvements qui ne sont pas destinés à la recherche d'accélérant, permet à l'humidité de s'échapper, favorise une meilleure conservation des pièces métalliques, et peut empêcher la prolifération de moisissures sur les matières organiques telles que les vêtements humides. Conserver au froid les indices volatils est vivement recommandé. Lorsqu'un échantillon est prélevé pour analyse de débris d'incendie, on peut le congeler car la congélation empêche toute dégradation biologique et microbiologique. Cependant la congélation peut perturber la mesure du point d'éclair ou d'autres essais physico-chimiques, et peut faire éclater les récipients remplis d'eau.

16.9 Responsabilité de la garde des indices matériels.

16.9.1 La valeur probatoire d'un indice matériel dépend complètement de la capacité de l'investigateur à maintenir l'intégrité de cet indice, de l'instant de sa découverte puis de son prélèvement jusqu'aux analyses et essais ultérieurs. Après la découverte et le prélèvement d'un indice matériel, ce dernier doit être conservé dans un endroit sûr, adapté et destiné à cet usage. L'accès à ce lieu de conservation doit être réservé au nombre de personnes minimum afin de réduire la chaîne de responsabilité. Dans l'idéal, le lieu de conservation des indices est sous le contrôle unique de l'investigateur incendie.

16.9.2 Lorsque l'on ne peut éviter de transférer la garde des indices d'une personne à une autre, le changement de responsabilité doit être matérialisé sur un formulaire signé par la personne qui reçoit le prélèvement. La figure 16.9.2 présente un exemple de formulaire type.

Rapport de recherche de preuve sur scène de crime

Nom de l'objet_____

Infraction_____

Date de l'incident_____ **heure** _____

agent de recherche _____

Description preuve_____

_____

Localisation_____

_____

Propriétaires successifs

Reçu de _____

Par _____

Date _____ heure _____

Reçu de _____

Par _____

Date _____ heure _____

Reçu de _____

Par _____

Date _____ heure _____

FIGURE 16.9.2 Formulaire d'historique de possession.

16.10 Analyses et essais sur les indices matériels.

Après qu'il a été prélevé, un indice matériel est généralement analysé et testé dans un laboratoire ou centre d'essais. Les analyses et essais sur les indices matériels sont réalisés afin de déterminer la composition chimique ; de mesurer des propriétés physico-chimiques ; d'établir une conformité ou absence de conformité à une norme ; de vérifier s'il fonctionne normalement, un peu ou pas du tout ; de déterminer s'il présente un éventuel défaut de conception, et tout autre examen susceptible d'apporter à l'investigateur des éléments d'explication sur ; l'origine du feu, la cause du feu, les facteurs qui ont contribué à l'extension du feu, et lui permettre d'établir les responsabilités. L'investigateur devra consulter le laboratoire ou le centre d'essais afin de connaître les prestations qui peuvent lui être proposées et quelles en sont les limites.

16.10.1 Recueil ou examen d'indices nécessitant leur modification sans altération de la valeur probatoire des éléments remarquables.

16.10.1.1 Il arrive fréquemment que le recueil et l'examen d'éléments d'indice matériel, pour qu'ils soient réalisés de façon efficace, nécessitent de procéder à certaines modifications de l'indice, sans lesquelles l'indice ne pourrait pas être correctement préservé, examiné, ou analysé.

16.10.1.2 Ces examens comprennent couramment les prises de vues, les radiographies-X, et les croquis ; les mesures de la taille, du poids, ou de la densité de l'élément remarquable (c'est-à-dire par exemple

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

mesures de profondeur de carbonisation ou de calcination) ; et la détermination de certaines propriétés telles que la résistance et la continuité électriques ou le ferromagnétisme (selon le type de métal).

16.10.1.3 Il arrive souvent que le recueil, l'examen, ou l'analyse d'indice, pour qu'ils soient réalisés de façon efficace, nécessitent d'abord de retirer ou de modifier des fractions sans importance ou des débris adhérents à l'indice, afin d'avoir accès à la partie de l'indice porteuse de l'information intéressante, ce qui par définition, ne modifie pas la valeur probatoire de l'indice.

16.10.1.4 Les procédures courantes comprennent l'ouverture ou le retrait du couvercle, le boîtier extérieur ou la porte d'un élément remarquable, l'enlèvement ou le nettoyage de matériaux ou débris carbonisés ou fondus qui gênent l'accès à une zone porteuse d'information intéressante ; ou la coupure de portions de câbles ou de tuyauteries entre deux connexions ou raccords pour examen, prélèvement ou essai dans de meilleures conditions *[Voir les figures 16.10.1.4(a) à 16.10.1.4(c)]*. De telles procédures, même si dans les faits elles peuvent modifier des portions d'indices matériels, n'altèrent pas en réalité la valeur probatoire de l'indice.

16.10.1.5 Les figures 16.10.1.4(b) et 16.10.1.4(c) présentent par exemple une fraction de débris sur le sol d'une scène d'incendie, qui ne peuvent pas être analysés par radiographie-X, sans être extrait de la configuration plus large de la zone d'indices. Un tel prélèvement nécessite de couper quatre conducteurs, et d'identifier leurs extrémités respectives.

16.10.1.6 Analyses et essais de laboratoire. De nombreux essais normalisés sont envisageables en fonction de la nature du prélèvement, et des paramètres ou hypothèses, à déterminer ou à vérifier. Lorsque cela est possible de tels essais doivent être réalisés selon des modes opératoires qui ont été normalisés par des organismes reconnus. Respecter ce principe est le meilleur gage que les résultats soit recevables et qu'on pourra les comparer avec des résultats obtenus par d'autres laboratoires ou centres d'essais.

16.10.1.6.1 Il faut garder à l'esprit que la plupart des résultats d'analyses ou essais de laboratoire sont susceptibles d'être affectés par de nombreux facteurs. Parmi ceux-ci, on peut citer ; le savoir-faire de la personne qui réalise les essais et interprète les résultats, la capabilité de l'équipement d'essai utilisé, l'état de l'équipement et la façon dont il est entretenu, la précision des procédures d'essais, et enfin la qualité de l'échantillon ou éprouvette à tester. L'investigateur doit avoir conscience de l'influence de ces différents paramètres lorsqu'il va utiliser les interprétations, qui sont faites des résultats d'essais.

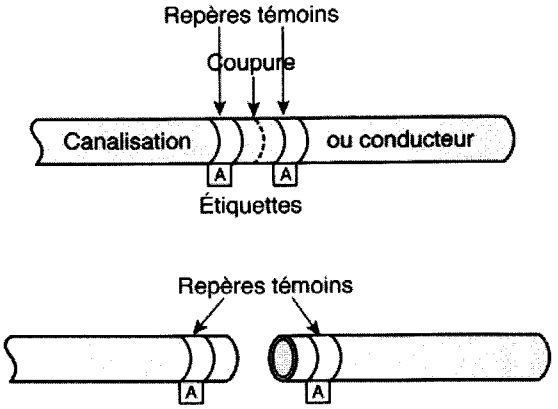


FIGURE 16.10.1.4(a) Un procédé intrusif, non destructif de marquage et de coupe de fils, conducteurs électriques, des tuyaux de telle sorte que les relations entre les extrémités coupées sont enregistrée

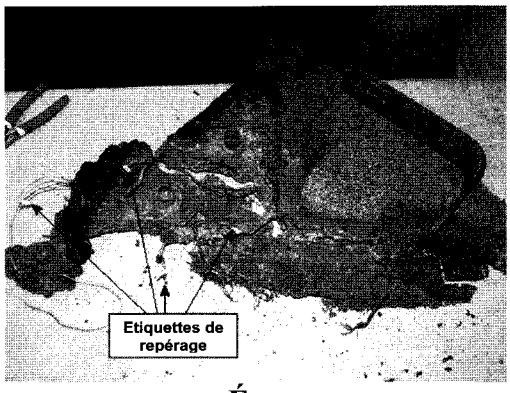


FIGURE 16.10.1.4(b) Échantillon de tapis partiellement fondu avec des fils incorporés coupés signalés (étiquettes indicatives sur les fils), et d'autres preuves dissimulées par le tapis fondu et resolidifié



FIGURE 16.10.1.4(c) Radiographie-X de l'échantillon de tapis partiellement fondu présenté sur la figure 16.10.1.4(b), montrant des vis et des conducteurs électriques cachés.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

16.10.1.6.2 Lorsque l'essai est destructif, les parties doivent en être averties afin qu'elles puissent s'y opposer le cas échéant ou assister à l'essai. Des recommandations sur l'information aux parties sont fournies dans la norme ASTM E 860, *Standard Practice for Examining and Testing Items That Are or May Become Involved in Product Liability Litigation. (Voir aussi 16.5.4.6.)*

16.10.1.6.3 Même si les essais normalisés sont préférables et recommandés, on sait que ces tests ne couvrent pas toutes les situations susceptibles de se présenter. Dans un tel cas, l'investigateur incendie peut avoir besoin de mettre au point « un essai particulier ». Lorsque des essais spécifiques sont nécessaires, ceux-ci devraient être réalisés dans le respect des principes scientifiques d'expérimentation. Il faudrait enregistrer chaque étape de l'essai spécifique de façon à ce que tout autre investigateur compétent puisse reproduire l'essai et obtenir les mêmes résultats dans la limite des erreurs expérimentales. Lorsque l'on réalise un essai pour déterminer quelque chose d'inconnu, il ne faudrait faire varier qu'un seul paramètre à la fois. Si on faire varier plusieurs paramètres à la fois, il peut ne pas être possible de déterminer s'il s'agit de l'effet ou de la cause. Il faudrait inclure des échantillons de référence afin de disposer d'une base de comparaison. Il faudrait photographier et/ou filmer les étapes clés de l'essai. La conception et les résultats de l'essai devraient aider l'investigateur à formuler une conclusion valable notamment au plan scientifique.

16.10.2 Méthodes d'essais. On trouvera ci-après une sélection de méthodes analytiques et d'essais applicables dans le cadre des investigations incendie. Lorsqu'il s'adresse à un laboratoire pour réaliser l'un de ces essais, l'investigateur doit avoir connaissance de ce qu'il peut attendre en matière de qualité des résultats d'essais.

16.10.2.1 Chromatographie en phase gazeuse (CPG). Cette méthode d'analyse permet de séparer les composés d'un mélange, de représenter graphiquement chaque composé et de déterminer sa concentration au sein du mélange. Cette méthode s'emploie pour les mélanges de gaz ou de liquides qui peuvent s'évaporer sans se décomposer. La CPG peut parfois aussi constituer un test préliminaire servant à déterminer s'il faut mettre en œuvre des essais complémentaires afin d'identifier spécifiquement les molécules. Pour les accélérants du type distillats de pétrole, la CPG est une méthode de caractérisation satisfaisante, sous réserve d'être réalisée selon des modes opératoires reconnus. Ces méthodes sont décrites dans la norme ; ASTM E 1387, *Standard Test Method for Ignitible Liquid Residues in Extracts from Fire Debris Samples by Gas Chromatography.*

16.10.2.2 Spectrométrie de masse (SM). Cette méthode d'analyse est souvent employée en conjonction avec la chromatographie en phase gazeuse. Elle permet d'analyser plus avant les composés qui ont été séparés individuellement par la chromatographie en phase gazeuse. Les méthodes d'analyse CPG/SM sont décrites dans la norme ASTM E 1618, *Standard Test Method for Ignitible Liquid Residues in Extracts from Fire Debris by Gas Chromatography–Mass Spectrometry.*

16.10.2.3 Spectrométrie infrarouge (IR). Cette méthode d'analyse permet d'identifier certaines espèces chimiques du fait de leur capacité à absorber la lumière infrarouge dans des domaines de longueurs d'ondes spécifiques.

16.10.2.4 Absorption atomique (AA). Cette méthode d'analyse permet d'identifier les éléments contenus dans les substances non-volatiles tels que les métaux, la céramique ou la terre.

16.10.2.5 Fluorescence X. Cette méthode, basée sur la sollicitation des éléments aux photons X, permet l'analyse des composés métalliques.

16.10.2.6 Point d'éclair en vase fermé (ASTM D 56). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM D 56, *Standard Test Method for Flash Point by Tag Closed Tester,* s'applique à la détermination du point d'éclair en vase fermé, des liquides faiblement visqueux, ayant un point d'éclair inférieur à 93°C. Les points d'éclair des bitumes, des liquides qui ont tendance à former un film en surface dans les conditions de l'essai, et ceux des liquides qui contiennent des solides en suspension, doivent être mesurés en utilisant l'appareil de Pensky-Martens (*voir 16.10.2.8*).

16.10.2.7 Point d'éclair et point de feu en vase ouvert - méthode de Cleveland (ASTM D 92). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM D 92, *Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup*, s'applique à la détermination du point d'éclair et du point de feu de tous les produits pétroliers (à l'exception des huiles) et des produits qui ont un point d'éclair en vase ouvert inférieur à 79°C.

16.10.2.8 Point d'éclair en vase fermé – méthode de Pensky-Martens (ASTM D 93). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM D 93, *Standard Test Method for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester,* s'applique à la détermination du point d'éclair par l'appareillage en vase fermé selon Pensky-Martens des fiouls, huiles de lubrification, liquides contenant des solides en suspension, et liquides susceptibles de former un film en surface dans les conditions d'essais ainsi qu'à d'autres liquides.

16.10.2.9 Point d'éclair et point de feu en vase ouvert (ASTM D 1310). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM D 1310, *Standard Test Method for Flash Point and Fire Point of Liquids by Tag Open-Cup Apparatus*, s'applique à la détermination du point d'éclair et du point de feu des liquides ayant un point d'éclair compris entre -18°C et 163°C et un point de feu jusqu'à 163 °C.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

16.10.2.10 Point d'éclair en vase fermé par la méthode au Setaflash (ASTM D 3828). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM D 3828, *Standard Test Methods for Flash Point by Small Scale Closed Tester*, s'applique à la détermination du point d'éclair en vase fermé par l'appareillage Setaflash. Cette méthode nécessite moins de produit que les autres méthodes de mesure.

16.10.2.11 Température d'auto-inflammation des produits chimiques liquides (ASTM E 659). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM E 659, *Standard Test Method for Autoignition Température of Liquid Chemicals*, s'applique à la détermination de la température d'auto-inflammation des produits chimiques liquides à la pression atmosphérique dans un récipient uniformément chauffé.

16.10.2.12 Mesure du pouvoir calorifique en bombe calorimétrique des combustibles hydrocarbonés (Méthode précise) (ASTM D 4809). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM D 4809, *Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter (Precision Method)*, s'applique à la détermination du pouvoir calorifique de combustibles hydrocarbonés. Elle est particulièrement adaptée pour les carburants de l'aviation pour lesquels la répétabilité entre deux mesures doit être de l'ordre de 0.1 %. On peut la mettre en œuvre pour une large gamme de produits volatils et non-volatils si une précision un peu plus faible est tolérée.

16.10.2.13 Inflammabilité des textiles de l'habillement (ASTM D 1230). Cette méthode d'essai décrite dans la norme ASTM D 1230, *Standard Test Method for Flammability of Apparel Textiles,* s'applique à l'évaluation de l'inflammabilité des tissus destinés à confectionner les vêtements ou des vêtements eux-mêmes, autres que les vêtements de nuit des enfants et les vêtements de protection.

16.10.2.14 Essai de résistance à la cigarette sur éprouvette assemblée des éléments constitutifs d'un meuble rembourré (ASTM E 1352). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM E 1352, *Standard Test Method for Cigarette Ignition Resistance of Mock-up Upholstered Furniture Assemblies,* s'applique à l'évaluation de la résistance au feu d'une éprouvette constituée d'un assemblage des éléments constitutifs d'un meuble rembourré lors de son exposition à un mégot de cigarette dans des conditions normalisées.

16.10.2.15 Essai de résistance à la cigarette des constituants des meubles rembourrés (ASTM E 1353). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM E 1353, *Standard Test Methods for Cigarette Ignition Resistance of Components of Upholstered Furniture*, s'applique à l'évaluation de la résistance au feu des constituants des meubles rembourrés après exposition à un mégot de cigarette dans des conditions normalisées

16.10.2.16 Inflammabilité des produits finis textiles pour sols (ASTM D 2859). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM D 2859, *Standard Test Method for Flammability of Finished Textile Floor Covering Materials*, concerne l'évaluation de l'inflammabilité des produits finis textiles pour sols après exposition à une source d'ignition dans des conditions de laboratoire normalisées. Elle est applicable à tout type de revêtement textile pour sols quel que soit le mode de fabrication et que le produit soit naturel ou synthétique. Bien que l'essai s'applique aussi aux matières premières, l'essai sur matières premières n'est pas suffisant pour évaluer le produit fini textile pour sols tel qu'il sera utilisé par le consommateur final.

16.10.2.17 Inflammabilité des produits aérosols (ASTM D 3065). Cette méthode d'essai décrite dans la norme ASTM D 3065, *Standard Test Methods for Flammability of Aerosol Products,* s'applique à l'évaluation des dangers d'inflammabilité présentés par les produits aérosols.

16.10.2.18 Détermination de la surface en feu des matériaux de construction (ASTM E 84). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM E 84, *Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials*, permet de comparer les surfaces en feu des matériaux de construction et s'applique à des surfaces exposées à l'air telles que les plafonds ou les murs à condition que le matériau ou assemblage de matériaux, de son fait propre ou du fait du mode de pose reproduit dans l'essai, demeure en place au cours de l'essai. Pour l'essai le matériau est dans la position « plafond ». L'essai n'est pas adapté aux plastiques alvéolaires.

16.10.2.19 Essai de feu de toitures (ASTM E 108). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM E 108, *Standard Test Method for Fire Tests of Roof Coverings*, permet d'évaluer les propriétés de résistance au feu des toitures soumises à un foyer normalisé à l'extérieur du bâtiment. Elle s'applique à des revêtements de toitures pour structures combustibles ou incombustibles installés dans les conditions prévues par le fabricant.

16.10.2.20 Flux thermique rayonné critique des revêtements de sols, utilisant une source de chaleur rayonnante (ASTM E 648). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM E 648, *Standard Test Method for Critical Radiant Flux of Floor-Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source*, décrit les conditions de mesure du flux rayonné critique d'un échantillon de revêtement monté en position « sol » exposé à une source de rayonnement croissant à l'intérieur d'une enceinte d'essais. L'échantillon peut être monté sur une thibaude ou sur une portion de dalle en béton supportée par une structure de plancher ou alors installé de façon représentative du mode de pose réel.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

16.10.2.21 Essai de feu dans un local (ASTM E 603). Le document ASTM E 603, *Standard Guide for Room Fire Experiments*, décrit des essais feu dans des locaux à échelle réelle, qui sont conçus afin d'évaluer le comportement au feu des matériaux, produits, ou systèmes dans des conditions réelles d'incendie. L'objectif du document est de constituer un document de référence pour la conception des essais et l'interprétation des résultats. La norme ASTM E 603 peut être utilisée comme un guide pour mettre au point des conditions d'essais reproduisant au mieux des conditions d'incendie spécifiées.

16.10.2.22 Limites d'inflammabilité des produits (ASTM E 681). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM E 681, *Standard Test Method for Concentration Limits of Flammability of Chemicals*, concerne la mesure des limites inférieures et supérieures d'inflammabilité des produits ayant une tension de vapeur suffisante pour former des mélanges inflammables dans l'air à la pression de 1 atmosphère à la température d'essai. Cette procédure est utilisable pour mesurer ces limites en présence de gaz inerte. On ne doit pas utiliser un comburant plus oxydant que l'air.

16.10.2.23 Mesure des gaz de combustion émis au cours d'un incendie (ASTM E 800). Les méthodes pour l'analyse du monoxyde de carbone, du dioxyde de carbone, de l'oxygène, des oxydes d'azote, des oxydes de soufre, des composés soufrés, des acides halogénés, de l'acide cyanhydrique, des aldéhydes, et des hydrocarbures sont décrites dans la norme ASTM E 800, *Standard Guide for Measurement of Gases Present or Generated During Fires.* Les conditions de prélèvement sont également explicitées. La plupart de ces gaz sont présents sur n'importe quel feu. Plusieurs méthodes analytiques sont décrites pour chaque gaz, leurs avantages et leurs limites sont précisés. Les conditions d'essai, les contraintes liées au prélèvement, la gamme d'analyse, et la précision vont souvent conduire à retenir une méthode plutôt qu'une autre.

16.10.2.24 Débit de chaleur et d'émission de fumée des matériaux et produits (ASTM E 906). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM E 906, *Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products*, est utilisable pour mesurer les débits d'émission de chaleur et de fumée produits par les matériaux et produits exposés à différents niveaux de rayonnement thermique mettant en œuvre l'appareillage, les échantillons, et les procédures mentionnés dans la présente norme.

16.10.2.25 Pression, vitesse de montée en pression des poussières combustibles (ASTM E 1226). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM E 1226, *Test Method for Pressure and Rate of Pressure Rise for Combustible Dusts*, s'applique à la mesure de la concentration minimale d'explosion, de l'énergie minimale d'inflammation, et à la pression d'explosion des poussières et des gaz.

16.10.2.26 Débit de chaleur et de fumée des matériaux et produits par la méthode calorimétrique de l'oxygène consommé. Calorimètre (ASTM E 1354). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM E 1354, *Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter*, concerne un équipement d'essais permettant de comparer les produits et de mesurer la puissance calorifique, l'inflammabilité au rayonnement, la production de fumée, la perte de masse, et certains gaz toxiques émis par les matériaux

16.10.2.27 Inflammabilité des matières plastiques (ASTM D 1929). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme ASTM D 1929, *Standard Test Method for Determining Ignition Température of Plastics*, s'applique à la détermination en laboratoire des températures d'auto-ignition, et d'inflammation explosive des matières plastiques soumises à l'air chaud d'un four.

16.10.2.28 Tension de claquage d'un diélectrique (Mil-Std–202F Method 301). Cette procédure d'essai, décrite dans la norme Mil-Std–202F, *Test Method for Electronic and Electrical Components*, qu'on appelle aussi essai sous haute tension , de surtension, de tension de claquage, ou de résistance diélectrique consiste à appliquer une tension plus élevée que la tension nominale pendant un temps donné entre deux parties d'un composant électriquement isolées l'une de l'autre, ou entre des parties isolées et la terre.

16.10.2.29 Résistance des isolants électriques (Mil-Std–202F Method 302). Cette méthode d'essai, décrite dans la norme Mil-Std–202F, *Test Method for Electronic and Electrical Components*, concerne la mesure de la résistance électrique des parties isolantes d'un composant lors de l'application d'une tension générant un courant de fuite à travers ou en surface du composant

16.10.3 Quantité suffisante d'échantillon. Les investigateurs incendie n'ont pas toujours une pleine connaissance des capacités du personnel de laboratoire et des possibilités du matériel scientifique. Cette méconnaissance se traduit souvent par un volume d'échantillon prélevé par l'investigateur trop faible pour effectuer les analyses et les essais.

16.10.3.1 Il est sûr, que l'investigateur n'a pas toujours le loisir de prélever la quantité d'échantillon, qu'il souhaiterait réellement prélever. Bien souvent il prélève la quantité d'échantillon correspondant à ce qui est découvert au cours des investigations.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

16.10.3.2 Toute analyse ou essai de laboratoire requiert une quantité minimale d'échantillon pour permettre la production de résultats interprétables et suffisamment précis. L'investigateur doit connaître ces contraintes. Il est prudent pour lui de consulter le laboratoire d'analyse ou d'essais concernant les quantités minimales d'échantillon à fournir.

16.10.4 Analyses et essais comparatifs.

16.10.4.1 Au cours de certaines affaires, l'investigateur peut avoir besoin de déterminer si les installations, l'équipement électrique, ou d'autres produits sont conformes à des normes reconnues. De tels documents normatifs sont publiés par l'American Society for Testing and Materials, les Underwriters Laboratories Inc., ou d'autres organisations.

16.10.4.2 A titre de comparaison, lors des analyses et essais, il est souvent intéressant de disposer d'un équipement ou d'un produit de référence. L'équipement ou produit de référence peut permettre de réaliser des essais sur un matériel qui n'a pas été endommagé par le feu et d'étudier si cet équipement ou produit est susceptible d'être à l'origine du feu. La référence doit être un produit de même marque et de même modèle que le produit concerné par le feu.

16.11 Délai de conservation des indices.

16.11.1 A l'issue des investigations, se pose souvent la question, de ce que l'investigateur doit faire des indices. Il ne doit ni les détruire ni les jeter avant qu'il en ait reçu l'autorisation. Dans certains cas, les indices doivent être conservés pendant de nombreuses années et au final être retournés à leur propriétaire.

16.11.2 Pour les affaires criminelles telles que les incendies volontaires, il est nécessaire de conserver les preuves et indices jusqu'au jugement de l'affaire. Pendant le procès, les indices et preuves qui sont présentés, tels que les rapports, les photographies, les schémas et les indices matériels sont enregistrés et conservés par le tribunal. Les produits volatils ou les objets encombrants seront retournés à l'investigateur par le tribunal. D'autres indices non utilisés au cours du procès peuvent encore être entre les mains de l'investigateur. Après que tous les appels aient eu lieu, l'investigateur peut demander au tribunal l'autorisation de détruire ou de rendre à leurs propriétaires les objets conservés. La notification écrite de l'accord doit être conservée. L'investigateur, en mission dans un cadre pénal doit garder à l'esprit la possibilité du traitement potentiel de l'affaire au tribunal civil, ce qui peut nécessiter la conservation des indices après la fin de la procédure pénale.

Chapitre 17 Détermination du lieu d'origine

17.1 Introduction.

Ce chapitre recommande une méthodologie à suivre pour déterminer le lieu d'origine d'un incendie. La *zone d'origine* est définie comme un bâtiment, une partie de bâtiment, ou une zone géographique au sein d'une scène d'incendie, où on pense raisonnablement que « le point d'origine » d'un incendie ou d'une explosion peut se situer. Le *point d'origine* est défini comme la zone la plus réduite, qu'un investigateur puisse définir, au sein de « la zone d'origine », à l'endroit de laquelle une source d'énergie, du comburant, et un combustible ont pu se rencontrer et interagir pour démarrer un feu ou une explosion *(Voir 3.3.9, Zone d'origine).* Par exemple, en pratique sur le terrain, le point d'origine peut être aussi étendue qu'une simple chaise ou qu'un équipement électrique ou aussi localisé qu'un endroit spécifique sur la chaise ou à l'intérieur de l'équipement, en fonction de ce que l'investigateur peut définir comme plus petite localisation géographique. Le lieu d'origine du feu constitue l'une des principales hypothèses qu'un investigateur développe et vérifie au cours des investigations. Généralement, si le lieu d'origine ne peut pas être déterminé, la cause ne pourra pas être déterminée, et généralement, si le lieu d'origine n'est pas correctement identifié, la cause ne pourra pas non plus être correctement identifiée. La détermination du lieu d'origine du feu correspond à l'identification tridimensionnelle de la localisation où le feu a pris naissance.

17.1.1 Ce chapitre traite principalement de la détermination de l'origine des feux dans les bâtiments ; toutefois, la méthodologie s'applique généralement à tous types de détermination de l'origine d'un feu. Des chapitres spécifiques abordent les exigences particulières relatives à la détermination de l'origine des feux en dehors des bâtiments (véhicules à moteur, bateaux, feux de forêts, etc.).

17.1.2 La détermination de l'origine d'un feu nécessite la coordination d'informations provenant de plusieurs des sources suivantes ;

(1) *Informations issues des témoignages.* Analyse des observations rapportées par des personnes qui ont assisté à l'incendie ou qui connaissaient la situation existant au moment du feu

(2) *Traces laissées par le feu.* Analyse des effets et des traces laissées par le feu *(Voir chapitre 6)*

(3) *Relevé des traces d'arcs électriques.* Analyse des endroits où des arcs électriques ont causé des dommages et enregistrements des informations relatives aux circuits électriques concernés *(Voir Section 8.10.)*

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

(4) *Cinétique de l'incendie.* Analyse de la cinétique de l'incendie, c'est à dire, la physique et la chimie qui gouvernent la naissance et la croissance du feu *(voir Chapitre 5)*, ainsi que l'interaction entre l'incendie et les différents systèmes du bâtiment *(Voir Chapitre 7.)*

17.2 Méthodologie globale.

La méthodologie globale de détermination de l'origine d'un feu est la méthode scientifique décrite au chapitre 4. Cette méthode comprend l'identification et la définition du problème à résoudre, le recueil des données, l'analyse des données, la formulation d'une ou de plusieurs hypothèses, et le plus important ; la vérification de la ou des hypothèses. Pour appliquer la méthode scientifique, l'investigateur doit développer au moins une hypothèse basée sur les données disponibles à cet instant. Ces hypothèses devraient être considérées comme des « hypothèses de travail », qui après vérification peuvent être écartées, révisées, ou développées en détails si de nouvelles données sont recueillies au cours des investigations et de nouvelles analyses réalisées. Ce processus est répété lorsque de nouvelles informations apparaissent. *(Voir la figure 17.2.)*

17.2.1 Pour vérifier une hypothèse sur l'origine d'un incendie, il est nécessaire de comprendre l'enchaînement des évènements, la croissance du feu et comment le feu se propage dans le bâtiment. Une analyse consistant seulement à identifier les premiers éléments enflammés et la source d'ignition adaptée, ne prend pas en compte des données importantes, qui sont utiles pour vérifier les hypothèses formulées sur l'origine du feu. Dans une analyse aussi focalisée, la croissance et la propagation de l'incendie, ainsi que des dommages résultants ne sont suffisamment exploités.

17.2.1.1 L'objectif de l'analyse de la propagation de l'incendie est de déterminer si les dommages matériels résultants et les données recueillies sont cohérents avec l'hypothèse sur la zone d'origine du feu. Par exemple, un feu qui démarre dans une corbeille est une hypothèse de travail envisageable, mais les dommages consécutifs au feu sont largement dépendants de la position du combustible initial et des éventuels combustibles relais. Si la corbeille se situe dans une zone où il n'y a pas de combustible à proximité, les conséquences peuvent être très différentes de la situation où la corbeille est située à côté d'un canapé en polyuréthane. Les deux hypothèses s'appuient sur le même scénario de départ de feu, mais l'issue est très différente. Aussi, si l'hypothèse posée sur l'origine du départ de feu n'est pas cohérente avec la croissance et la propagation du feu, cette hypothèse n'est pas valable. Les scénarios de propagation du feu dans un local ou dans un bâtiment devraient être examinés en se basant sur les principes de la dynamique du feu présentés au chapitre 5 et sur les traces laissées par le feu étudiées au chapitre 6.

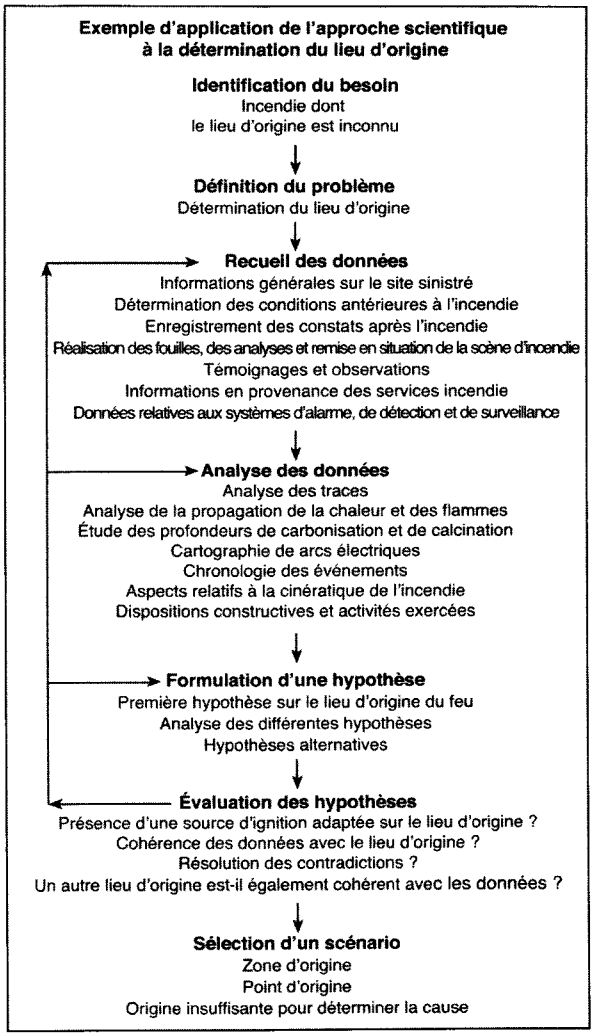


FIGURE 17.2 Exemple d'application de l'approche scientifique pour déterminer l'origine d'un incendie.

17.2.1.2 Dans certains cas, un seul élément tel qu'une preuve matérielle irréfutable ou un témoin visuel crédible de l'inflammation, ou un enregistrement vidéo peuvent permettre de déterminer l'origine de l'incendie. Toutefois, dans de nombreux cas, aucun élément singulier n'est suffisant à lui seul. L'investigateur devrait exploiter toutes les informations disponibles pour formuler des hypothèses sur l'origine et le développement du feu et pour déterminer quelles hypothèses sont cohérentes avec tous ces indices disponibles. Lorsqu'une hypothèse qui semble plausible, n'est pas cohérente avec certains des indices, l'investigateur devrait essayer de relier les deux et de déterminer si c'est l'hypothèse ou l'indice qui n'est pas valable.

17.2.1.3 Dans certains cas, il est impossible de déterminer le point d'origine du feu. Lorsqu'il n'est pas possible d'identifier un point unique de départ de feu, il peut être utile pour de nombreuses raisons, de repérer les zones d'origine du feu. Dans de tels cas, l'investigateur devrait être capable de proposer des

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

justifications sur la zone d'origine en s'appuyant sur les indices qui légitiment les différentes options. Ne pas identifier le point d'origine ne compromet pas nécessairement la détermination de l'origine et de la cause. Dans certaines situations, l'étendue des dommages peut réduire la possibilité d'identifier le point d'origine du feu, sans pour autant écarter la possibilité de mettre en avant une origine crédible et des hypothèses sur la cause.

17.2.2 Succession de tâches. Les différentes tâches nécessaires, pour déterminer l'origine d'un feu en utilisant l'approche scientifique (recueil des données, analyse, formulations d'hypothèses, et vérification des hypothèses) sont réalisées de manière continuelle. De la même façon, les enregistrements de la scène d'incendie, les prises de notes, les photographies, l'identification des indices, l'interview des témoins, les investigations sur la cause, l'analyse de défaillance et d'autres recueils de données peuvent être réalisées simultanément. Généralement, les différentes tâches de détermination de l'origine du feu suivent une séquence de routine, alors que les actions spécifiques au sein de chaque activité peuvent être réalisées au même moment.

17.2.3 Analyse des traces successives. La zone d'origine peut être déterminée en examinant les effets du feu et les traces laissées par le feu. Les surfaces d'une scène d'incendie collectent toutes les traces de feu, générées pendant toute la durée de l'évènement, de l'allumage à l'extinction, bien que ces traces aient pu se trouver altérées, recouvertes ou oblitérées. Le facteur-clé pour déterminer l'origine d'un feu est de définir l'ordre dans lequel ces traces ont été laissées. Les données séquentielles n'indiquent pas seulement ce qui s'est passé, mais également l'ordre dans lequel les choses se sont produites. Les traces identifiables laissées par le feu devraient être suivies en amont pour revenir à l'origine du feu. Une fois que la zone d'origine a été établie, l'investigateur devrait être capable de comprendre et d'expliquer la propagation de l'incendie.

17.2.4 Procédure systématique. Les investigateurs devraient établir une procédure systématique à suivre pour chaque sinistre. En suivant une procédure familière, l'investigateur peut se concentrer sur le sinistre à examiner sans avoir besoin de réfléchir sur ce qu'il doit faire à l'étape suivante. En pratiquant de cette manière, l'investigateur peut éviter de passer à côté d'indices importants et ainsi de formuler des conclusions prématurées sur l'origine.

17.2.5 Méthodologie recommandée. Ce chapitre présente une méthodologie recommandée pour l'examen de la scène d'incendie. Cette méthodologie comprend une première analyse de la scène d'incendie, la formulation d'une première hypothèse sur le développement du feu, un examen approfondi de la scène d'incendie en essayant de reconstituer le sinistre, la formulation de l'hypothèse finale de propagation du feu, et l'identification du lieu d'origine du feu. L'identification de l'origine peut se produire très tôt au cours du processus, selon la nature des données et le moment où ces données arrivent. L'investigateur est informé de cette méthodologie recommandée, mais cela ne signifie pas, que la détermination de l'origine d'un feu se limite seulement à cette procédure. A l'intérieur du périmètre de leur mission, les investigateurs devraient prendre en compte tous les aspects de l'incendie au cours des investigations. Les témoignages, l'expertise de l'investigateur, et les procédures de lutte contre le feu jouent un rôle important dans la détermination de l'origine du feu.

17.3 Recueil de données pour la détermination de l'origine.

Cette section décrit le processus de recueil de données, en vue de déterminer le lieu d'origine du feu, notamment l'analyse initiale de la scène, la fouille des débris et la remise en situation, et le recueil de données complémentaires auprès des témoins ou de toute autre source.

17.3.1 Première analyse de la scène d'incendie. Il faudrait commencer par une première analyse de la scène d'incendie. Lorsque l'investigateur commence l'analyse initiale de la scène d'incendie, il démarre aussi le recueil des données pour la détermination de l'origine. A chaque étape de cette première analyse, il faudrait prendre des mesures pour protéger l'investigateur des risques présents sur le site et préserver la scène d'incendie. Les objectifs de cette première analyse sont ; de déterminer l'étendue des investigations à faire, notamment les équipements et la main-d'œuvre nécessaires, d'évaluer les conditions de sécurité sur le site, et de déterminer les zones nécessitant des examens approfondis.

17.3.1.1 Évaluation de la sécurité. L'investigateur devrait d'abord réaliser une première évaluation des conditions de sécurité sur le site, et déterminer s'il est possible de pénétrer sur le site. S'il n'est pas possible de rentrer pour des raisons de sécurité, l'investigateur doit définir les mesures à prendre en matière de sécurité individuelle ou pour que le site soit sécurisé. Chacun des risques décrits au chapitre 12 devrait être évalué. L'investigateur ne devrait pas faire de compromis sur la sécurité, quelle qu'en soit la raison.

17.3.1.2 Étendue des investigations. Après avoir traité les questions de sécurité, l'investigateur peut commencer la première analyse de la scène d'incendie. Les objectifs de cette analyse initiale sont d'évaluer la complexité et l'étendue des investigations, d'identifier l'équipement et le personnel nécessaires, et de définir les zones qui requièrent des analyses approfondies.

17.3.1.3 Hiérarchisation des investigations. Cette analyse peut se faire en même temps que les premiers enregistrements sur la scène d'incendie. Elle devrait comprendre un examen d'ensemble de tout

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

le site ou du bâtiment, à la fois l'extérieur et l'intérieur, et de toutes les zones pertinentes. L'ordre dans lequel les investigations sont réalisées peut varier, suivant l'état du site. Certains investigateurs préfèrent commencer par les zones les moins atteintes pour aller vers les zones les plus endommagées. Certains investigateurs préfèrent démarrer au point le plus haut de la scène et travailler en descendant. Quelque soit l'ordre dans lequel les choses sont faites, l'important est d'examiner toutes les zones qui présentent un intérêt au regard de l'origine et de la propagation de l'incendie.

17.3.1.4 Zones environnantes. Les investigateurs devraient inclure dans l'examen de la scène d'incendie, les zones qui se situent autour. Ces zones peuvent présenter des indices ou des traces significatives, même à distance du cœur de la zone sinistrée, permettant à l'investigateur de mieux définir la scène et les investigations. Tout élément présentant un intérêt devrait être enregistré au niveau de sa localisation par rapport à la scène d'incendie. Cette phase d'investigations peut être mise à profit pour solliciter les témoignages du voisinage, sur l'incendie ou de personnes susceptibles de disposer d'informations sur l'évènement.

17.3.1.5 Extérieurs des bâtiments. Faire le tour du bâtiment pour l'examiner, peut révéler l'étendue et la localisation des dommages et aider à évaluer les dimensions et la complexité de la scène d'incendie. On devrait à cette occasion prendre note des dispositions constructives générales, et du type d'occupation du bâtiment. Les dispositions constructives font référence à la façon dont le bâtiment a été construit, aux types de matériaux mis en œuvre, aux surfaces extérieures, aux modifications éventuelles, et à tout élément inhabituel qui pourrait avoir eu une influence sur le démarrage et la propagation du feu. Le niveau de destruction, susceptible d'avoir eu lieu dans un bâtiment mêlant différents types et méthodes de construction, est un élément important.

17.3.1.5.1 Le classement de l'activité du bâtiment concerne l'usage courant de ce bâtiment. L'usage est défini par la nature des activités menées et par la manière dont ces activités sont réalisées. Le nombre et la situation des personnes occupant le bâtiment peuvent aussi être intéressants. Si le classement de l'activité ou l'usage du bâtiment ont changé, ceci doit être pris en considération et enregistré. Les changements d'usage ou d'activité nécessitent quelquefois des modifications structurales ou architecturales, ou de la protection incendie selon les codes applicables. De telles modifications peuvent ou non avoir été entreprises.

17.3.1.5.2 Les dommages dus à l'incendie et les traces laissées par la fumée, la chaleur, et les flammes s'échappant vers l'extérieur, devraient être enregistrés et pris en compte pour définir les zones nécessitant des investigations supplémentaires. Un examen approfondi des effets et des traces laissées par l'incendie n'est pas nécessaire à ce stade des investigations.

17.3.1.6 Intérieurs des bâtiments. Lors de la première analyse, les investigateurs devraient examiner toutes les pièces et autres zones susceptibles de présenter un intérêt pour les investigations, notamment les zones qui ont été endommagées par le feu ou qui sont proches des zones endommagées par le feu ou la fumée. L'objectif premier de cette évaluation est d'identifier les zones qui requièrent une analyse approfondie. L'investigateur devrait examiner les conditions d'occupation des locaux, y compris les modes de stockage, la nature des contenus, l'entretien et la maintenance. Les dispositions constructives, les finitions intérieures, et le mobilier devraient être enregistrés. Les zones endommagées, et l'étendue des dommages dans chaque zone (sévère, mineur, ou aucun) devraient être enregistrées. Ces dégâts devraient être comparés avec les dégâts perçus de l'extérieur. Au cours de cet examen, l'investigateur devrait réévaluer la solidité du bâtiment

17.3.1.7 Altérations postincendie. Au cours de cette évaluation, l'investigateur devrait enregistrer toute indication d'éventuelles altérations survenues après l'incendie. De telles altérations sont susceptibles d'affecter l'interprétation faite par l'investigateur des indices matériels. Ces altérations sont par exemple le retrait ou le déplacement de débris, le retrait ou le déplacement du contenu, des altérations sur le tableau d'alimentation électrique, des modifications de la position des vannes sur une installation sprinkleur, ou des modifications sur une installation au gaz. Si les altérations réalisées sont indiquées, l'investigateur pourrait essayer de contacter les personnes qui ont altéré la scène. Ces personnes devraient être interrogées sur l'étendue des altérations, et sur les enregistrements qui ont été faits sur le site avant altération.

17.3.1.8 A la fin de l'analyse préliminaire de la scène d'incendie, l'investigateur devrait définir les conditions de sécurité, les besoins en personnel et en matériel, ainsi que les zones autour et dans le bâtiment qui nécessiteront un examen détaillé. L'analyse préliminaire de la scène d'incendie, constitue un aspect important des investigations. L'investigateur devrait passer sur cette analyse autant de temps que nécessaire pour définir ce qui doit l'être. Le temps passé sur cette analyse peut permettre d'économiser du temps et des efforts dans les étapes ultérieures des investigations.

17.3.2 Fouilles et remise en situation. Les fouilles réalisées sur une scène d'incendie, et la remise en situation permettent à l'investigateur d'observer les traces laissées sur les surfaces exposées et de localiser d'autres indices susceptibles d'aider l'investigateur à analyser précisément l'origine du feu. L'objectif d'une remise en situation est de recréer de manière aussi réelle que possible, la position du contenu et les composants du bâtiment avant le feu.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

17.3.2.1 Domaine d'application des fouilles et de la remise en situation. L'analyse préliminaire de la scène d'incendie ayant permis d'identifier les zones, qui nécessitent un examen ultérieur, la remise en situation de la scène d'incendie peut ne pas requérir le retrait des débris et le replacement du contenu dans l'ensemble du bâtiment. Comme évoqué précédemment, l'analyse préliminaire ne devrait pas être réalisée de manière hâtive. Une analyse attentive de la scène d'incendie peut permettre de réduire à un niveau de pénibilité acceptable, la tâche de retrait des débris d'incendie. Si la zone à remettre en situation ne peut pas être réduite, alors l'investigateur devrait accepter la nécessité de retirer les débris de toute la zone présentant un intérêt.

17.3.2.2 Sécurité. Des pratiques de travail, en sécurité, tout au long des opérations sont nécessaires. La fouille et le retrait des débris peuvent affaiblir un bâtiment et le faire s'effondrer. Le retrait des débris peut aussi favoriser l'exposition à des substances dangereuses, à des trous dans le sol, non-recouverts, ou à des câbles sous tension. Tous les risques importants, qui pourraient être rencontrés au cours des investigations, devraient être réduits avant de poursuivre les opérations d'investigation. Voir le Chapitre 12 pour une présentation détaillée des conditions de sécurité.

17.3.2.3 Fouilles. Le déblai de certains débris est essentiel pour des investigations incendie approfondies. Un déblai imparfait, conduisant à une révélation limitée de portions de traces laissées par le feu ou de tout autre indice, peut mener à une mauvaise analyse. Le travail sur une scène d'incendie est sale et pénible. Accepter cet état de fait est essentiel pour conduire correctement les opérations d'investigations.

17.3.2.3.1 Le retrait des débris, au cours du déblai qui accompagne les opérations d'extinction, concerne l'investigateur incendie. Les pompiers peuvent perturber la scène, et ainsi rendre la détermination du lieu d'origine plus difficile. Seules les opérations de déblai et d'arrosage strictement nécessaires pour assurer une extinction complète, devraient être réalisées. Lorsque ces opérations entraînent une altération importante de la scène d'incendie, il faudrait essayer d'enregistrer cette scène en prenant des photographies et des notes avant qu'il y ait altération si cela est réalisable.

17.3.2.3.2 Les investigateurs devraient s'interroger sur l'endroit, où les débris issus du déblai devraient être placés. Dans certains cas, il peut être souhaitable de déposer les débris dans un endroit sûr. Les débris ne devraient être déplacés que sur une zone qui a déjà été examinée et qui ne nécessite pas d'investigation ou d'enregistrement supplémentaire. Déplacer les débris deux fois est contre-productif. Le déblai des débris devrait être réalisé de façon organisée et systématique. Cela signifie que les débris devraient être retirés par couches, accompagnés des enregistrements adéquats à mesure que le processus se déroule. Si plusieurs investigateurs participent aux fouilles, il faudrait qu'ils se mettent d'accord sur les objectifs de ces fouilles avant de commencer. Un échange peut permettre d'éviter qu'un investigateur jette quelque chose qu'un autre investigateur considère comme important. A mesure que les débris sont retirés, il faudrait examiner chaque couche à la recherche d'un détail insolite.

17.3.2.3.3 Pendant les fouilles sur la scène d'incendie, il existe un risque de destruction des indices. Même s'il est souhaitable de travailler efficacement, l'utilisation d'équipements lourds pour ôter les débris ne devrait être entreprise que s'il n'est pas possible d'utiliser des outils à mains pour faire le travail. La mise en œuvre inappropriée d'équipements mécanisés pour fouiller, peut potentiellement détruire plus d'indices qu'en révéler.

17.3.2.4 Engins de chantiers. Une investigation peut nécessiter la mise en œuvre d'engins de chantiers tels que des grues, ou des pelles mécaniques. L'état du site sinistré peut nécessiter qu'on enlève des parties du bâtiment ou son contenu, parce qu'ils représentent un danger, bloquent l'accès ou doivent être retirés au cours d'un examen systématique de la scène d'incendie. Avant de mettre en œuvre des engins de chantier, il faudrait enregistrer les observations de la même manière que pour toutes les investigations. On devrait également procéder à des enregistrements à intervalles fréquents pendant que les engins de chantier travaillent.

17.3.2.4.1 Travailler avec des engins de chantier peut présenter des dangers et être bruyant. Un investigateur devrait être désigné pour communiquer avec le conducteur de l'engin. Une présentation des objectifs de la fouille, devrait être faite au conducteur à mesure que l'investigation progresse vers de nouvelles zones. La vitesse à laquelle une investigation incendie avance est nettement plus lente que la vitesse à laquelle ces engins de chantier opèrent normalement. Il faudrait se mettre d'accord sur des signes de mains usuels avant de démarrer l'action des engins de chantier afin que le conducteur sache bien d'où viennent les signes et ce qu'ils signifient. Pour réduire le risque d'accident, les manœuvres des engins de chantier devraient cesser dès qu'une personne pénètre sur la zone de danger où l'engin travaille.

17.3.2.4.2 Avant la mise en œuvre, d'engins de chantiers, les zones où la présence de liquide inflammable peut être envisagée, devraient être identifiées. Lorsque c'est possible, les prélèvements devraient être effectués dans ces zones avant l'utilisation des engins de chantiers. Avant d'être utilisés, les engins de chantiers devraient être inspectés et toute fuite de produit pétrolier devrait être enregistrée. Le plein des engins devrait être effectué dans une zone désignée à cet effet, suffisamment éloignée des zones intéressantes au regard des investigations, de façon à ne pas risquer de contaminer la scène ou les éléments pénétrant sur la scène d'incendie. Si la contamination est à envisager, des échantillons des fluides des engins devraient être prélevés à des fins de comparaison.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

17.3.2.4.3 Il est préférable de recourir aux engins de chantier avec le moins d'impact possible sur la scène d'incendie. Des destructions moindres sont généralement obtenues en plaçant l'engin à l'extérieur du bâtiment et en utilisant l'engin pour soulever ou déplacer des éléments de l'intérieur vers l'extérieur du bâtiment. Pour soulever un élément susceptible d'être un indice ou une preuve, on peut utiliser des élingues pour limiter les dommages sur l'élément déplacé. Lorsque de grosses pièces de structure telles que des murs doivent être démolies, il est préférable de procéder de manière à ne pas modifier ni ajouter de débris, sur la zone à examiner située à l'aplomb. Des considérations relatives à la sécurité ou aux contraintes du site peuvent conduire à ne pas pratiquer comme indiqué juste avant. Lorsque cela est possible et adapté à la situation, étayer devrait être envisagé comme une alternative à la démolition.

17.3.2.4.4 Les éléments, qui sont retirés du bâtiment peuvent être examinés et enregistrés, et peuvent demeurer sur la scène d'incendie, en cas de besoin, pour des investigations ultérieures. Le déplacement des débris en dehors du site, est de nature à limiter toute investigation ultérieure, mais est parfois nécessaire. Les éléments déplacés hors du site devraient être correctement enregistrés.

17.3.2.4.5 Lors de certaines investigations, il faudra utiliser des engins de chantiers à l'intérieur de la scène d'incendie. Dans une telle situation, l'engin devrait être mis en œuvre, de façon à minimiser les perturbations sur la scène d'incendie. Une méthode consiste à utiliser l'engin pour progresser à l'intérieur du bâtiment en procédant de façon systématique. L'engin, initialement positionné à l'extérieur du bâtiment, est mis en œuvre pour faciliter l'observation d'une partie de l'intérieur du bâtiment. Dès que cette zone a été examinée, enregistrée et que les débris ont été enlevés, l'engin est amené à l'endroit qui a été nettoyé. A partir de la nouvelle position, l'engin est utilisé pour faciliter l'observation des zones adjacentes. Le mode de progression est renouvelé autant de fois que nécessaire. A chaque fois, l'engin est positionné uniquement aux endroits qui ont été examinés et enregistrés. Dans tous les cas, le conducteur de l'engin devrait être sous les ordres de l'investigateur incendie. Le remplissage et le déchargement de chaque pelletée devrait être observé pour la recherche d'indices intéressants. Pré-planifier la progression des investigations, peut permettre de limiter les altérations inutiles de la scène d'incendie.

17.3.2.5 Éviter la dénaturation. Au cours des fouilles, il faudrait faire attention à ne pas endommager les sources de l'ignition, les combustibles, ou tout autre indice potentiellement significatif par rapport à la scène d'incendie. Si la zone examinée par l'investigateur contient des indices importants, il faudrait envisager de suspendre les investigations et d'informer les parties potentiellement intéressées, pour leur donner l'opportunité d'examiner les indices sur le site. Le chapitre 11 fournit des recommandations afin d'éviter la dénaturation des indices et preuves.

17.3.2.6 Éviter la contamination. Afin d'éviter la contamination de la scène d'incendie, il faudrait faire extrêmement attention, lors de l'utilisation de matériels portatifs équipés de moteurs à explosion, comme les tronçonneuses fonctionnant à l'essence. Le remplissage du réservoir de carburant de ces équipements devrait être effectué loin du bâtiment.

17.3.2.7 Nettoyage des sols. Après avoir enlevé les débris, prélevé les échantillons pour analyse ou essai, et terminé les enregistrements appropriés de la scène d'incendie, il peut être utile de nettoyer à grande eau les sols ou les surfaces. Ce nettoyage peut permettre de révéler de façon plus nette des traces laissées par l'incendie. La haute pression et les jets bâtons devraient être mis en œuvre avec précaution car leur usage peut endommager des traces significatives.

17.3.2.8 Contenu. Le contenu, ou ce qu'il en reste, et qui n'a pas été enlevé lors de la phase de fouille devrait faire l'objet d'enregistrements sur sa localisation, son état, et sa position. Après que les débris aient été retirés, il est possible, à des fins d'analyse, de replacer le contenu à l'endroit et dans la position qu'il occupait avant le sinistre.

17.3.2.8.1 Lorsque le contenu a été déplacé, au cours des opérations d'extinction ou de déblai, la remise en situation initiale, après l'incendie est beaucoup plus difficile. L'endroit où était situé l'objet, peut se présenter comme une zone protégée ou avoir créé d'autres indices de sa position, tels que, par exemple, des pieds de tables, qui laissent des petites zones claires sur le sol. Le problème est de déterminer quel pied va sur quelle trace. Si l'analyse de la scène ou les témoignages ne permettent pas de définir la position, toutes les orientations possibles devraient être envisagées. Ou sinon, la position ne devrait pas être prise en compte dans la remise en situation. Essayer de deviner, peut conduire à une orientation inexacte de l'objet, et ainsi alimenter avec des données fausses, le processus d'interprétation. L'alternative est d'enregistrer le contenu dans toutes les positions, qui sont probables avec l'espoir que des informations ultérieures permettront d'en définir précisément la localisation.

17.3.2.8.2 En plus de la remise en place du contenu, la remise en situation peut aussi comprendre la remise en place d'éléments de structures (c.à.d. les portes, les poutres, les poteaux, les pans de murs et les portions de sols), sur lesquels le feu peut avoir laissé des traces.

17.3.3 Recueil de données additionnelles, en vue de la détermination du lieu d'origine du feu. Les paragraphes qui suivent, examinent des thématiques, qui en plus de l'examen de la scène d'incendie et de la remise en situation, peuvent permettre d'obtenir des données utiles pour la détermination du lieu d'origine du feu.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

17.3.3.1 État initial. L'état du bâtiment, avant l'incendie, devrait être défini autant que possible. Des éléments tels que l'entretien, l'état des fondations et des cheminées, les dommages causés par les insectes, la présence et l'état du système de protection incendie, et autres, constituent des données importantes. Disposer de photographies ou de vidéos avant le sinistre peut être intéressant, mais il faut être conscient que des changements ont pu se produire entre le moment où la photographie a été prise et celui de l'incendie. Les propriétaires, les employés, ou les occupants d'un bâtiment peuvent être capables de fournir des informations ou des schémas sur la situation qui a précédé l'incendie. Les voisins sont également susceptibles de fournir des photographies montrant le bâtiment. Certaines juridictions proposent maintenant des photographies des bâtiments (avant incendie) sur les sites web d'enregistrement des taxes. Il existe des entreprises spécialisées dans les photographies aériennes, principalement de bâtiments commerciaux, qui peuvent fournir des vues des bâtiments avant le sinistre. Des images par satellite sont également disponibles pour de nombreuses zones ; ces images peuvent constituer des enregistrements du site et de son environnement avant l'incendie. Des informations supplémentaires peuvent être obtenues auprès des services de secours ; elles peuvent comprendre des photographies, des schémas du bâtiment, les dangers particuliers, et les systèmes de protection incendie. D'autres services publics peuvent aussi disposer d'informations et d'enregistrements sur le bâtiment avant l'incendie.

17.3.3.2 Description des combustibles. L'investigateur devrait identifier les combustibles, qui se trouvaient dans le bâtiment ou dans la zone objet des investigations, et les caractéristiques de ces combustibles. Lorsque l'on s'intéresse à la zone d'origine, le type, la quantité, et la localisation des combustibles faisant partie respectivement de la construction et du contenu, devraient être identifiés et pris en compte dans l'analyse des traces laissées par le feu, de la croissance du feu, et des caractéristiques de la propagation. Dans ce processus d'analyse, il importe non seulement d'identifier le premier combustible potentiellement enflammé, mais aussi d'identifier les combustibles relais.

17.3.3.3 Dimensions du bâtiment. Les dimensions du bâtiment, constituent des données importantes. Dans beaucoup de cas, mesurer le bâtiment, tel qu'il se présente après l'incendie est le seul moyen d'obtenir les dimensions. Les dimensions devraient être relevées dans toutes les zones du bâtiment qui peuvent servir à comprendre le développement du feu et la propagation du feu et des fumées. Les dimensions mesurées devraient comprendre la largeur, la longueur, et la hauteur de la pièce ou du bâtiment. L'emplacement, la taille, et l'état (ouvert ou fermé) de toutes les ouvertures devraient être enregistrés, ainsi que tout obstacle ou élément qui aurait pu affecter l'écoulement de la fumée et des gaz dégagés par l'incendie. Le temps nécessaire à obtenir les dimensions du bâtiment peut être relativement important et la quantité d'informations recueillies peut être limitée en fonction du niveau de destruction. Les dimensions du bâtiment sont nécessaires pour reconstituer le développement du feu en utilisant un logiciel de modélisation incendie ou des calculs simples réalisables à la main *(voir le Chapitre 20)*. Lorsque le site ne peut plus être visité, des informations peuvent être obtenues à partir de photos d'investigation, de notes et de schémas relevés par d'autres investigateurs ou auprès des architectes, des ingénieurs, des contractants, des compagnies d'assurance, ou de services publics tels que le département de la construction. L'investigateur devrait évaluer la précision des plans et déterminer s'ils représentent, ce qui a réellement été construit. *(Voir la présentation sur la conception des bâtiments à la Section 7.2.2.6.)*

17.3.3.4 Systèmes équipant le bâtiment. Les systèmes présents dans le bâtiment, peuvent être à l'origine de l'incendie ou peuvent influencer la propagation du feu. L'investigateur devrait envisager de rechercher des informations sur l'état avant l'incendie de l'installation électrique, du système de chauffage et de climatisation, des installations au gaz ou au fioul, et des systèmes de protection incendie dans le bâtiment. Cette recherche d'informations devrait être effectuée dans tous les cas où un système est susceptible d'avoir joué un rôle dans la cause, la détection, la propagation ou l'extinction du feu.

17.3.3.5 Conditions météorologiques. L'investigateur devrait relever les conditions météorologiques qui peuvent avoir eu une influence sur l'incendie. Les zones environnantes peuvent fournir des indices sur les conditions météorologiques. La direction du vent peut être indiquée par le mouvement des fumées ou par les dommages causés par le feu sur les bâtiments ou la végétation. En outre, les conditions climatiques après l'incendie peuvent occasionner des modifications d'ordre physique sur la scène d'incendie.

17.3.3.6 Équipements électriques. Les informations relatives aux équipements électriques devraient être enregistrées. Les moyens mis en œuvre pour distribuer l'électricité devraient être déterminés, et les dommages subis par les équipements devraient être enregistrés. Le processus de constats devrait débuter par l'alimentation électrique en entrée. Les intensités et les tensions indiquées sur le tableau principal devraient être enregistrées. Le type, le calibre, la position (en fonction/déclenché/arrêté), et l'état des dispositifs de protection du circuit peuvent être intéressants au regard des investigations et devraient être enregistrés.

17.3.3.7 Charges électriques. L'emplacement des prises électriques et des interrupteurs dans la pièce ou dans la zone identifiée comme le lieu d'origine, devrait être enregistré. Les équipements électriques branchés sur les prises devraient être identifiés et enregistrés. Le processus d'investigation peut nécessiter le suivi des

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

circuits à travers le bâtiment. Ce suivi des circuits, a pour objectifs d'identifier les interrupteurs, les prises, et les équipements sur un circuit particulier, et aussi d'identifier quel dispositif protège ce circuit, et dans quelle position et quel état se trouve ce dispositif. Les équipements électriques et la puissance qu'ils consomment, devraient être enregistrés. Un enregistrement plus détaillé des installations électriques et des dispositifs de protection peut être nécessaire lorsque l'on suspecte une cause électrique ou que les équipements électriques ont contribué au feu, ou lorsque l'on procède au relevé des traces d'arcs électriques. La prudence est recommandée dans l'interprétation des dommages aux câbles et aux équipements électriques car il peut être difficile de distinguer la cause de la conséquence. Pour une présentation plus complète des équipements électriques, voir le chapitre 8.

17.3.3.8 Systèmes de chauffage et de climatisation. Les circulations d'air à travers les systèmes de chauffage et de climatisation peuvent affecter le développement et la propagation du feu et transporter les produits de combustion à travers le bâtiment. L'investigateur devrait enregistrer l'emplacement, les dimensions, et le fonctionnement (entrée/retour/sortie) des ouïes de ventilation dans la zone étudiée, et si l'ouïe était ouverte, fermée ou obstruée au moment de l'incendie. La vérification des filtres peut permettre d'identifier des dommages causés par la chaleur ou les fumées ou des dépôts de suies afin de déterminer si le système de chauffage et de climatisation était en fonctionnement au moment de l'incendie. Certains systèmes de chauffage et de climatisation sont équipés de détecteurs conçus pour modifier le fonctionnement du système en cas de feu. Certains systèmes sont équipés de clapets manuels ou automatiques conçus pour contrôler la propagation du feu, les mouvements de fumée, ou les écoulements d'air. Lorsque de tels systèmes existent, leur emplacement et leur état devraient être notés et les enregistrements des déclenchements devraient être fournis. La localisation, et le réglage ou la position des thermostats, des interrupteurs et des organes de contrôle des systèmes de chauffage et de climatisation devraient être examinés et enregistrés.

17.3.3.9 Installations au gaz. L'alimentation de gaz devrait être examinée et les constats afférents devraient être enregistrés. L'objectif de cette analyse est de déterminer si le gaz a contribué à l'incendie. Dans le cas où cette vérification montrerait que le gaz a pu contribuer à l'incendie, alors l'installation devrait être examinée en détails et les constats effectués devraient être enregistrés. L'analyse devrait comprendre la recherche de fuites, si possible, et la détermination de la pression d'alimentation, si possible. Comme avec les équipements électriques, il peut être difficile de faire la distinction entre les indices relatifs à la cause et les conséquences. Les incendies peuvent compromettre (et souvent compromettent) l'intégrité des installations de distribution du gaz. L'investigateur devrait enregistrer l'état et la position (ouvert/fermé) des vannes de gaz. Ces vannes sont fréquemment fermées au cours des incendies, aussi il faudrait essayer de savoir si quelqu'un les a manœuvrées au cours du sinistre.

17.3.3.10 Installation fonctionnant avec des combustibles liquides. Il existe un grand nombre d'équipements et d'installations fonctionnant avec des combustibles liquides. Il peut s'agir de systèmes fixes, tels que des chaudières au fioul et des chauffe-eau, ou des systèmes portatifs, tels que des poêles au pétrole lampant. Dans chaque cas, la localisation et la quantité de combustible présent devraient être enregistrées. Les conduites d'alimentation et les vannes qui équipent les réservoirs situés à distance, devraient faire l'objet d'enregistrements. Si l'équipement dispose d'un réservoir annexe ou faisant partie intégrante du système, il faudrait évaluer ou mesurer la quantité de combustible restant dans le réservoir. Si le système de chauffage peut être à l'origine du feu, ou si le combustible utilisé peut avoir contribué à la propagation de l'incendie, un échantillon de ce combustible devrait être mis de côté.

17.3.3.11 Systèmes de protection incendie. L'examen de tous les systèmes de protection incendie concernés (détection incendie, alarme incendie, et systèmes d'extinction) est important afin de déterminer si chaque système a fonctionné correctement, et cela peut aider à reconstituer le développement et la propagation du feu. Si le système était surveillé, il faudrait obtenir les enregistrements auprès du service de surveillance. Dans certains cas, les informations sur les alarmes, les dérangements et les temps correspondants, peuvent être extraites à partir du tableau principal. Ces données sont volatiles et il faut faire attention en les extrayant à partir du tableau de signalisation. L'obtention de ces données requiert généralement un savoir-faire et un équipement spécifiques. Il faudrait s'adresser à un technicien qualifié pour décharger ces données car si le travail n'est pas fait correctement, une bonne partie des données pourrait être perdue définitivement. Dans de nombreux cas, l'alimentation électrique du bâtiment est coupée après un incendie, aussi, le temps pour récupérer les données est limité, du fait que le système fonctionne sur ses batteries de secours. En hiérarchisant les tâches à réaliser sur site, il faudrait prendre en compte cette fenêtre d'intervention limitée dans le temps.

17.3.3.12 Données relatives aux systèmes de protection incendie. L'emplacement et l'état des systèmes devraient être enregistrés, y compris la hauteur des équipements montés au mur et la distance d'éloignement par rapport au mur pour les systèmes montés au plafond. En examinant les traces laissées par le feu, il faudrait tenir compte des sprinkleurs qui ont déclenché. Le déclenchement des détecteurs incendie et celui des sprinkleurs peuvent tous deux fournir des informations sur la chronologie

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

des évènements. Dans certains cas, l'endroit ou la zone spécifique de déclenchement du premier détecteur ou sprinkleur peut être exploité afin de resserrer la zone d'origine du feu ; l'investigateur évalue ensuite les sources d'ignition envisageables dans la zone concernée. Certains systèmes ne fournissent qu'une alarme ou que des données sur le débit d'eau, sans spécifier la zone concernée. Cette information peut servir à évaluer la croissance et la propagation du feu, en comparant le délai de déclenchement du système aux délais et aux observations des premiers pompiers ou témoins sur les lieux.

17.3.3.13 Caméras de surveillance. Les caméras de sécurité qui surveillent les bâtiments peuvent être très utiles en particulier en fournissant des repères de temps indiscutables. *(Voir la question de la chronologie au chapitre 20).* Les évènements s'étant produit avant ou pendant le feu, y compris dans certains cas, l'inflammation et le développement du feu peuvent avoir été enregistrés. Le système d'enregistrement peut se trouver dans un endroit sécurisé ou suffisamment éloigné. Il faudrait le récupérer et l'examiner même s'il est endommagé.

17.3.3.14 Systèmes de détection intrusion. Le système de détection intrusion peut se déclencher au cours d'un feu du fait de la chaleur, des mouvements de fumée, de la destruction des câbles, ou de la perte de l'alimentation. Un système anti-intrusion surveillé doit normalement envoyer un signal de dérangement au centre de contrôle si la ligne de communication est endommagée ou s'il y a perte de l'alimentation. Comme pour le système de détection incendie, il faudrait essayer de récupérer l'historique au niveau du tableau de signalisation avant de redémarrer le système. Ceci demande en général des compétences spécialisées. Certains systèmes de détection enregistrent l'identité des personnes qui entrent et sortent d'un bâtiment.

17.3.3.15 Observations rapportées par les témoins. Les observations rapportées par les témoins constituent des informations qui sont utilisables au cours de la recherche du lieu d'origine de feu. Les témoignages peuvent fournir des informations sur la situation avant, pendant, et après le feu. Certains témoins sont susceptibles de donner des photographies ou des vidéos sur le site avant ou pendant le sinistre. Les observations ne se limitent pas exclusivement à des observations visuelles. Les sons, les odeurs, et la perception de chaleur peuvent apporter un certain éclairage sur l'origine du feu. Les déclarations d'un témoin concernant la localisation de l'origine de feu nécessitent que l'investigateur mène des investigations aussi approfondies que possible afin de recueillir des données susceptibles d'étayer ou de réfuter les déclarations de ce témoin. Lorsque les déclarations d'un témoin ne sont pas étayées par l'interprétation que fait l'investigateur des indices matériels, celui-ci devrait évaluer séparément le témoignage et les interprétations.

17.4 Analyser les informations.

L'approche scientifique nécessite que toutes les informations recueillies, concernant le lieu d'origine de l'incendie, soient analysées. Il s'agit d'une étape essentielle qui doit être réalisée avant la formulation de la moindre hypothèse. L'identification, le recueil, et l'enregistrement des informations ne signifient pas pour autant que l'analyse a été faite. L'analyse des informations s'effectue en s'appuyant sur les connaissances, la formation, l'expérience et l'expertise de l'individu qui réalise cette analyse. Si l'investigateur n'est pas suffisamment sachant pour interpréter correctement les données, il devrait alors se faire assister d'un sapiteur compétent en la matière. L'interprétation des informations va permettre à l'investigateur de formuler des hypothèses basées sur les indices et preuves, plutôt que sur des convictions spéculatives ou subjectives.

17.4.1 Analyse des traces laissées par le feu. Un investigateur devrait étudier les concepts des effets de l'incendie, de la dynamique du feu, et de la génération de traces par le feu, concepts décrits aux chapitres 5 et 6. Ces connaissances sont fondamentales dans l'analyse d'une scène d'incendie pour en déterminer le lieu d'origine.

17.4.1.1 Prise en compte de toutes les traces. Toutes les traces observables devraient être prises en compte dans l'analyse. La détermination précise du lieu d'origine du feu à partir d'un ensemble de traces unique est rare, sauf dans le cas des feux ayant généré des dommages très limités.

17.4.1.2 Chronologie des traces. Alors que les traces laissées par le feu constituent les informations les plus directement accessibles pour déterminer le lieu d'origine d'un feu, l'investigateur devrait garder à l'esprit que les dommages et les traces de carbonisation, observés après le sinistre, correspondent à l'ensemble du déroulement de l'incendie. Un défi majeur dans l'analyse des traces laissées par le feu est de déterminer dans quel ordre elles se sont formées. Les traces observées après un feu qui est éteint tôt dans sa phase de développement peuvent fournir des informations différentes de celles obtenues à partir des traces qui restent après l'embrasement généralisé d'un local ou après des destructions importantes subies par le bâtiment. Les traces générées suite à une reprise de feu peuvent avoir une influence sur l'analyse de la chronologie des évènements ou de l'ordre dans lequel se sont formées les traces.

17.4.1.3 Formation des traces. L'investigateur ne devrait pas présupposer que le feu a duré le plus longtemps à l'endroit où il a pris naissance et que par conséquent les traces présentant les destructions les plus profondes devraient correspondre au lieu d'origine. Des destructions plus fortes à un endroit plutôt qu'à un autre, peuvent être le résultat de contraintes thermiques différentes provenant de charges calorifiques différentes, de l'emplacement

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

des lots combustibles dans le local, d'une ventilation plus élevée, ou de la stratégie d'intervention. Pour des raisons similaires, l'investigateur devrait prendre en compte ces paramètres lorsque des foyers multiples peuvent être envisagés.

17.4.1.3.1 Les dimensions, l'emplacement, et la puissance générée par un lot de combustible peut avoir autant d'effet sur l'intensité des dommages que la durée pendant laquelle ce lot combustible a brûlé. Une zone où les dommages sont très marqués peut avoir été créée par la présence à cet endroit d'une charge combustible plus élevée. L'investigateur devrait envisager que l'incendie a pu se propager vers cet endroit à partir d'un lieu d'origine où la charge calorifique était plus faible.

17.4.1.3.2 Des lots de combustibles composés des mêmes éléments et de taille identique peuvent brûler différemment suivant leur emplacement dans un local. L'influence de la position des murs par rapport au feu devrait être prise en compte pour interpréter le niveau de destruction en lien avec la recherche de l'origine de l'incendie. Lors de la détermination de cette origine, il faudrait examiner la possibilité que le combustible dans le lieu présumé où l'incendie a débuté n'ait pas été le premier matériau enflammé et que la sévérité des dommages soit le résultat de la présence d'un mur ou d'un coin de mur et du rayonnement réfléchi par celui-ci.

17.4.1.4 Ventilation. La ventilation, ou le manque de ventilation, au cours d'un feu, a des conséquences significatives sur la puissance du feu et donc sur l'ampleur des dommages observables, produits par le feu. L'analyse des traces laissées par le feu, devrait donc inclure le fait que la ventilation influe sur la génération de ces traces. Les incendies contrôlés par la ventilation tendent à brûler de façon plus intense à proximité de fenêtres ouvertes ou de toute autre ouverture, générant ainsi davantage de dommages. Connaître l'emplacement et le type de combustible est important pour l'interprétation des traces. Lorsque les conditions d'embrasement généralisé sont atteintes dans un local, les traces qui se forment à ce moment sont largement influencées par la ventilation. Les conditions d'embrasement généralisé peuvent faire évoluer ou modifier les traces qui s'étaient formées au cours de la phase précédente du feu, alors contrôlé par le combustible. En outre, les incendies peuvent générer des hydrocarbures imbrûlés qui peuvent s'échapper du local par les ouvertures. Ces imbrûlés peuvent se mélanger avec l'air et brûler à l'extérieur du local, produisant des traces supplémentaires qui indiquent que le feu s'est propagé à l'extérieur du local où il a pris naissance. Aussi, connaître les changements qui ont pu intervenir au niveau de la ventilation (par ex. extraction mécanique, bris de vitre, ouverture ou fermeture des portes, passage du feu à travers le cloisonnement) est important pour l'interprétation des traces laissées par le feu. Déterminer les traces, qui ont été générées au point d'origine par le premier combustible qui a pris feu est généralement de plus en plus difficile lorsque la taille et la durée de l'incendie augmentent. Ceci est particulièrement vrai si le local a atteint le stade de l'embrasement généralisé.

17.4.1.5 Traces dues à la cinématique et à la puissance du feu. Comme évoqué au chapitre 6, le feu produit des traces par l'un ou l'autre de ces deux mécanismes ; la propagation du feu ou la puissance localement atteinte. Comme évoqué ci-avant, des différences relatives à la nature du combustible, à la puissance, à l'emplacement ou à la ventilation peuvent générer des différences au niveau de l'intensité des traces créées qui n'indiquent pas pour autant dans quelle zone se trouve le premier combustible qui s'est enflammé. Les traces qui résultent de la croissance et du mouvement (propagation) du feu constituent de meilleurs indicateurs de la zone d'origine du feu. Il peut être difficile, toutefois, de distinguer les traces résultant du mouvement de celles résultant de l'intensité du feu. De plus, certaines traces proviennent à la fois de l'intensité et du mouvement (propagation) du feu.

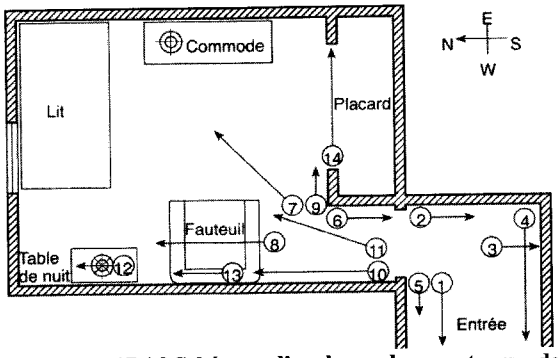


FIGURE 17.4.2 Schéma d'analyse des vecteurs de propagation de la chaleur montrant la direction des mouvements de chaleur, la longueur des flèches étant proportionnelle à l'intensité des traces observées. L'origine du feu se situe dans la zone des vecteurs 6, 10, et 11. (Source : Kennedy and Shanley, « USFA Fire Burn Pattern Tests — Program for the Study of Fire Patterns. »)

17.4.2* Analyse de la direction de la propagation de la chaleur et des flammes. L'analyse de la direction de la chaleur et des flammes, reportée sur un plan, constitue un outil pour l'interprétation des traces d'incendie. Le tracé de ces vecteurs chaleur et flammes s'applique sur le plan, de la scène d'incendie, que l'on dessine. Ce plan devrait comprendre les murs, les couloirs et les portes, les fenêtres et tout mobilier ou contenu intéressant. Ensuite, en traçant des flèches, l'investigateur indique la direction de la propagation de la chaleur

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

et des flammes à partir de l'interprétation qu'il fait des traces identifiables laissées par le feu. La dimension des flèches devrait refléter l'amplitude à l'échelle (taille réelle) des traces individuellement représentées. Les flèches peuvent pointer dans la direction du déplacement du feu à partir de la source de chaleur, ou bien pointer vers l'arrière en direction de la source de chaleur, du moment que la même convention est respectée sur l'ensemble du schéma. L'investigateur incendie devrait identifier chaque vecteur selon les traces respectives qu'il représente. Dans la légende du plan, l'investigateur devrait donner les détails des différentes traces, telles que la hauteur à partir du sol, la hauteur du sommet des traces, la nature de la surface sur laquelle les traces se sont formées, la géométrie des traces, l'effet spécifique du feu qui a engendré les traces, et la direction de la propagation du feu que les traces permettent de déduire. Par exemple, comme présenté sur la figure 17.4.2, le vecteur #7 représente les dommages causés par la combustion de la moquette avec une diminution des dommages lorsque l'on s'éloigne vers le nord-est, le vecteur #8 représente la comparaison des dommages causés par la combustion entre les deux côtés d'une chaise , le côté sud présentant des dommages plus importants, et le vecteur #10 représente des traces en cône tronqué avec diminution des dommages et augmentation de la hauteur de démarcation lorsque l'on se déplace vers le nord.

17.4.2.1 Autres vecteurs. D'autres vecteurs peuvent aussi être représentés afin de montrer les directions réelles de la chaleur et des flammes. Dans ce cas, l'investigateur devrait clairement identifier les vecteurs qui représentent les traces de feu constatées et les vecteurs qui représentent la propagation de la chaleur telle que l'investigateur l'envisage à partir de l'interprétation des traces laissées par le feu. D'un point de vue terminologique, les termes « source de chaleur » sont à clarifier. Ce terme ne désigne pas nécessairement le lieu d'origine du feu. Au contraire, il couvre toute source de chaleur susceptible de générer des traces identifiables. Une source de chaleur peut correspondre au foyer initial mais pas nécessairement. Il est important que l'analyse à l'aide des vecteurs de chaleur et de flamme soit modulée par une compréhension fine de la progression de l'incendie et des bases de la dynamique du feu. Le schéma des vecteurs permet de disposer d'une vision d'ensemble des traces à des fins d'analyse. Le schéma permet aussi d'identifier toute trace qui semble incohérente et qui doit être expliquée. Le but final de l'analyse par les vecteurs est de présenter et d'enregistrer graphiquement l'interprétation faite par l'investigateur des traces laissées par l'incendie.

17.4.2.2 Source de chaleur. Une source de chaleur peut être, tout lot de combustibles, qui en brûlant, est susceptible de générer des traces identifiables. Ces traces peuvent être produites par le foyer initial, mais pas nécessairement. Imaginons un incendie qui se propage dans un garage et qui met le feu à des liquides inflammables qui y sont stockés. Les liquides inflammables constituent une nouvelle source de chaleur qui va laisser des traces sur les différentes surfaces dans le garage. Par conséquent, il est impératif que l'analyse des traces soit modulée par une compréhension fine du développement de l'incendie et des bases de la dynamique du feu.

17.4.2.3 Autres outils pour mettre en évidence des traces. Lorsque les traces laissées par l'incendie n'apparaissent pas visuellement de façon évidente, l'étude de la profondeur des carbonisations ou des calcinations peut aider l'investigateur à localiser les zones plus ou moins endommagées et à identifier les lignes de démarcation formées par un ensemble de traces. Les résultats de cette étude devraient être reportés sur un schéma. Les mesures des profondeurs de carbonisation ou de calcination sont enregistrées sur le schéma en utilisant une échelle adaptée. Une fois les profondeurs de carbonisation ou de calcination enregistrées sur le schéma, on peut tracer des lignes qui relient les points présentant des profondeurs de carbonisation ou de calcination égales ou quasiment égales. Ces lignes peuvent permettre de révéler des traces identifiables. *[Voir la figure 15.4.2(f).]*

17.4.3 Analyse de la profondeur de carbonisation. L'analyse de la profondeur de carbonisation est beaucoup plus fiable pour évaluer la propagation de l'incendie, plutôt que pour établir des délais spécifiques de combustion ou pour évaluer la puissance libérée par un feu de matériaux situés à proximité. En mesurant l'étendue et les profondeurs relatives de carbonisation, l'investigateur peut être capable de déterminer quelles parties des équipements ou des bâtiments ont été le plus longtemps exposées à la chaleur. La profondeur de carbonisation d'un point par rapport à un autre est la clé pour exploiter correctement ces mesures – en identifiant les endroits où les dommages ont été les plus intenses du fait de l'exposition, de la ventilation, ou de l'emplacement du combustible. Les profondeurs de carbonisation décroissant lorsque l'on s'éloigne d'une source de chaleur, l'investigateur peut alors en déduire la direction de la propagation du feu. Certains paramètres clés affectent la validité de l'analyse à partir des profondeurs de carbonisation. Ces paramètres sont notamment les suivants ;

(1) Les foyers ou sources de chaleur uniques ou multiples, qui créent des traces de carbonisation sur lesquelles on peut faire des mesures. Ces mesures de la profondeur de carbonisation peuvent être utiles

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

pour mettre en évidence qu'il existe plusieurs foyers ou sources de chaleur.

(2) La comparaison des mesures sur la carbonisation, qui ne devrait être effectuée que pour des matériaux identiques. Il ne serait pas fiable de comparer la profondeur de carbonisation sur un poteau dans un mur avec la profondeur de carbonisation d'un panneau mural en bois situé à proximité du poteau.

(3) La ventilation qui influe sur la vitesse de combustion. Le bois peut présenter des traces de carbonisation plus profondes lorsqu'il est situé à côté d'une source de ventilation ou d'une ouverture par laquelle les gaz chauds peuvent être évacués.

(4) La reproductibilité des techniques et des méthodes de mesures. Les mesures situées dans la même gamme de valeurs doivent être réalisées avec les mêmes outils et les mêmes techniques. *[Voir la figure 15.4.2(f).]*

17.4.3.1 Enregistrement des profondeurs de carbonisation. Les lignes de démarcation, qui n'apparaissent pas visuellement de façon évidente, peuvent souvent être identifiées pour l'interprétation par la réalisation de mesures et de relevés des profondeurs de carbonisation sur un plan quadrillé. En traçant les courbes reliant les points ayant la même profondeur de carbonisation (courbes d'iso-carbonisation) sur le plan quadrillé, des lignes de démarcation peuvent être identifiées.

17.4.3.2 Mesure des profondeurs de carbonisation. La reproductibilité de la méthode de mesure de la profondeur de carbonisation est un point clé en vue de produire des informations fiables. Les outils possédant une pointe aiguisée, comme les canifs, ne permettent pas de réaliser des mesures précises car l'extrémité pointue du couteau aura tendance à entailler le bois non-carbonisé juste en-dessous. Le meilleur outil est une pige fine et émoussée à son extrémité, comme certains types de pieds à coulisse, les jauges de mesure de l'usure des pneus, ou une règle métallique spécialement modifiée. Les pieds à coulisse comportant une jauge de profondeur ayant une section circulaire, comme présenté sur la figure 17.4.3.2(a), sont d'excellents outils de mesure de la profondeur de carbonisation. La figure 17.4.3.2(b) montre comment les utiliser. Le même outil de mesure devrait être utilisé pour un ensemble de données à comparer les unes aux autres. Une pression reproductible doit aussi être appliquée lors de l'insertion de l'outil de mesure dans le matériau en vue d'obtenir des résultats précis.

17.4.3.3 Les mesures de profondeur de carbonisation, comme montrées sur la figure 17.4.3.3, devraient être réalisées au centre des boursouflures, plutôt que dans ou près des crevasses qui se trouvent entre les boursouflures.

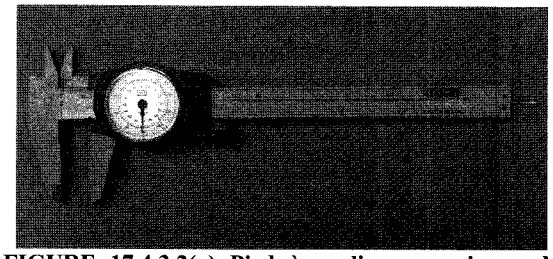


FIGURE 17.4.3.2(a) Pied à coulisse avec jauge de profondeur.

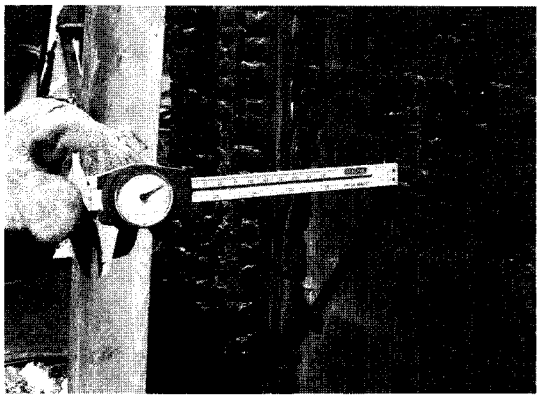


FIGURE 17.4.3.2(b) Utilisation du pied à coulisse pour mesurer la profondeur de carbonisation.

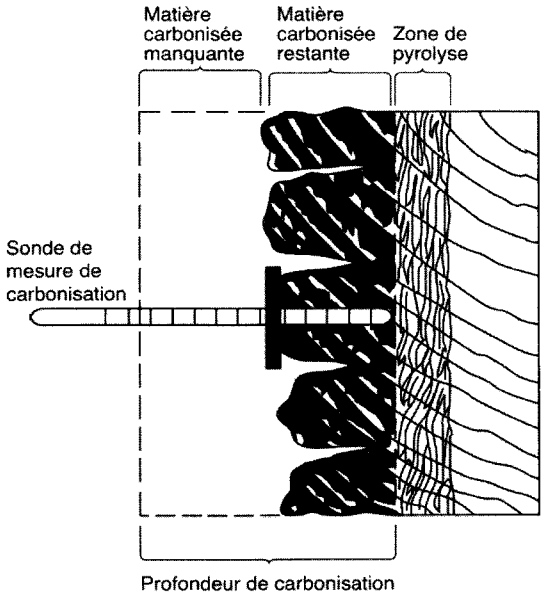


FIGURE 17.4.3.3 Mesure de la profondeur de carbonisation.

17.4.3.4 Bois manquant. Lorsqu'il détermine la profondeur de carbonisation, l'investigateur devrait prendre en compte le bois qui a brûlé et qui peut avoir été complètement détruit par le feu et il devrait ajouter l'épaisseur de bois qui manque à la valeur de la profondeur de carbonisation mesurée.

17.4.3.5 Étude de la profondeur de carbonisation en relation avec les combustibles gazeux. Lorsqu'une fuite de gaz constitue la source de combustible initiale, le feu résultant

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

produit des profondeurs de carbonisation relativement homogènes souvent réparties sur une surface importante. L'évolution progressive de la profondeur de carbonisation, utilisée par les investigateurs pour reconstituer la propagation du feu, peut n'exister que dans les zones vers lesquelles le feu s'est propagé à partir des endroits où le gaz s'est accumulé initialement. Des traces de carbonisation plus profondes peuvent être relevées à proximité immédiate de la fuite, car la combustion est susceptible de se poursuivre à cet endroit après consommation de la quantité de gaz initialement émise. Cette trace de carbonisation peut être très localisée en raison de la pression du jet de gaz à proximité immédiate de la fuite ; elle peut permettre à l'investigateur de localiser la fuite.

17.4.4 Étude de la profondeur de calcination. La comparaison des profondeurs de calcination peut permettre d'identifier des différences sur l'échauffement subi par des plaques de plâtre exposées à un incendie. Des traces de calcination plus profondes indiquent des échauffements plus longs ou plus intenses (flux thermique reçu) et sont représentatives des températures atteintes les plus élevées sur la plaque au cours de l'incendie. Certains paramètres clés affectent la validité de l'analyse des profondeurs de calcination. Ces paramètres sont notamment les suivants ;

(1) Les foyers ou sources de chaleur uniques ou multiples, qui créent des traces de calcination sur lesquelles on peut faire des mesures. Ces mesures de la profondeur de calcination peuvent être utiles pour mettre en évidence qu'il existe plusieurs foyers ou sources de chaleur.

(2) La comparaison des mesures de calcination, qui ne devrait être effectuée que pour des matériaux identiques. Il faut garder en mémoire que les plaques de plâtre sont commercialisées en différentes épaisseurs, sont fabriquées à partir de matières premières différentes, et évoluent avec le temps. L'investigateur devrait soigneusement examiner les épaisseurs de plâtre sur les murs ou les plafonds car on peut y trouver des plaques neuves montées lors de réparations.

(3) Les finitions réalisées sur les plaques de plâtre (peinture, papier-peint, stuc) devraient être prises en compte pour la détermination des profondeurs de calcination. Il faudrait que l'investigateur sache que certaines de ces finitions sont combustibles et que si elles s'enflamment, cela pourrait affecter les traces relatives à la calcination du plâtre.

(4) Les mesures devraient être réalisées de manière reproductible afin de réduire les erreurs sur le recueil des données.

(5) Les plaques de plâtre peuvent se trouver endommagées au cours des opérations d'extinction, de déblai, et après l'incendie par le jet des lances et l'eau stagnante. Le mouillage peut ramollir le plâtre calciné jusqu'au point où aucune mesure fiable ne peut plus être réalisée.

17.4.4.1 Enregistrement des profondeurs de calcination. Un schéma rassemblant les mesures des profondeurs de calcination peut être réalisé de la même manière que pour les profondeurs de carbonisation

17.4.4.2 Mesure des profondeurs de calcination. La mesure et l'analyse des profondeurs de calcination peuvent être réalisées par observation visuelle des sections résiduelles ou par utilisation d'une pige. La méthode basée sur l'observation visuelle nécessite de retirer soigneusement une petite portion de plâtre sur toute son épaisseur [au minimum environ 50 mm (2 in.) de large] du mur ou du plafond pour observer et mesurer l'épaisseur de la couche calcinée. Pour la seconde méthode il faut réaliser une étude des profondeurs de calcination en utilisant une pige de faible section, comme illustré sur la figure 17.4.4.2(a) et sur la figure 17.4.4.2(b), et en notant la profondeur à laquelle on perçoit une différence de résistance du plâtre calciné. Lorsque l'investigateur utilise la méthode avec la pige, il devrait réaliser les mesures sur la plaque de plâtre concernée, à intervalles réguliers tant sur l'axe horizontal que vertical ; souvent un pas de 0,3 m (1 ft) ou moins convient. Il faudrait faire attention à insérer l'outil en exerçant la même pression pour chaque mesure. De telles mesures peuvent être faites sur des plaques de plâtre montées au mur ou au plafond.

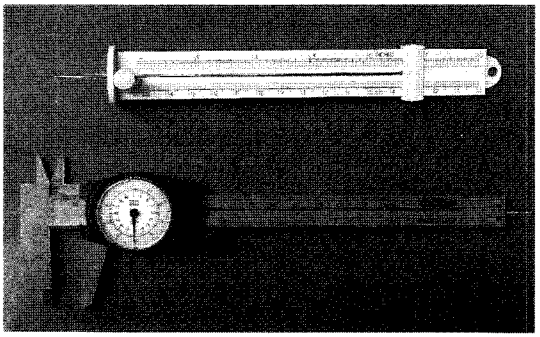


FIGURE 17.4.4.2(a) Présentation de deux outils pouvant être utilisés pour mesurer les profondeurs de calcination.

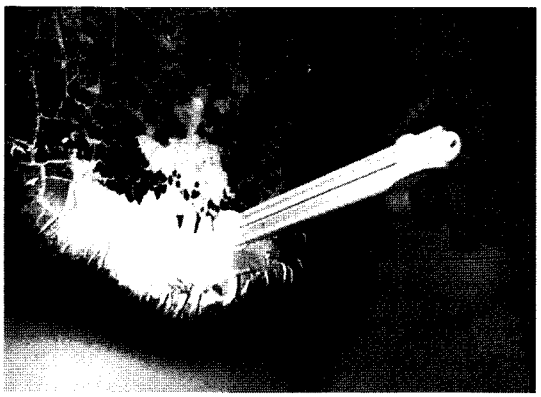


FIGURE 17.4.4.2(b) Mesure de la profondeur de calcination sur une portion de plaque de plâtre.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

17.4.5 Étude ou cartographie des arcs électriques. L'étude des arcs électriques (aussi désigné par cartographie des arcs électriques) est une technique qui consiste à utiliser la localisation des arcs électriques afin d'aider à la détermination de la zone d'origine du feu. Cette technique s'appuie sur le comportement attendu des circuits électriques sous tension, exposés à la propagation d'un incendie. La relation entre la localisation des arcs électriques et le bâtiment et entre les localisations des différents arcs électriques peut constituer un ensemble de traces, susceptibles d'être utilisées pour l'analyse de la chronologie au cours de laquelle les différentes parties de l'installation électrique ont été touchées. Ces données séquentielles peuvent être exploitées en combinaison avec d'autres informations pour identifier plus finement la zone d'origine de l'incendie. Dans certaines conditions, telles que la destruction complète des circuits secondaires, la fusion des conducteurs du fait de la chaleur du feu, la remise sous tension de l'installation après l'incendie, ou l'impossibilité d'identifier les arcs électriques sur les conducteurs, peuvent rendre la mise en œuvre de cette technique plus difficile voire impossible. La localisation d'arcs électriques dans la zone d'origine du feu peut aider à identifier une ou plusieurs sources d'inflammation à prendre en compte. Il faudrait garder en mémoire que les câbles ne circulent que dans certaines zones d'un bâtiment ; il en résulte que le nombre d'informations disponibles sera limité par la distribution spatiale des câbles susceptibles de générer des arcs électriques. Pour la cartographie des arcs électriques sur les conducteurs exposés à un incendie, les câbles d'alimentation des appareils électriques, ou les conducteurs des circuits secondaires qui se trouvaient dans le local en feu, peuvent fournir les informations les plus utiles. Les câbles des circuits secondaires, qui se trouvent protégées derrière un isolant thermique, comme une plaque de plâtre ou de bois contre-plaqué, ont peu de chances d'apporter des informations utiles pour la cartographie des arcs électriques, car les protections électriques auront probablement ouvert le circuit avant que le feu ne détruise les isolants des câbles montés au-dessus des plafonds ou encastrés dans les murs.

17.4.5.1* Procédure proposée. Pour réaliser une étude des arcs électriques, on peut procéder de la façon suivante ;

(1) Identifier la zone à étudier.

(2) Faire un schéma de la zone aussi complet et précis que possible.

(3) Identifier les zones à l'intérieur de la zone d'étude, comme par exemple ; plafond, sol, mur nord, mur sud etc.

(4) Identifier tous les câbles électriques qui circulent dans la zone, en notant lorsque c'est possible, la charge de chaque circuit, le sens de circulation de l'énergie (amont/aval), la localisation des boîtiers de connexions, les prises de courant, les interrupteurs (ou tout autre système de commande), la section de chaque conducteur, les caractéristiques des protections contre les surintensités ; calibre, type et état.

(5) Choisir une zone à examiner et commencer l'analyse systématique de chaque conducteur de la zone.

(6) Examiner et toucher chaque conducteur, en vue de relever des anomalies ou des dommages en surface, tels que des perlages ou des entailles. Lorsqu'il est nécessaire de retirer les conducteurs des gaines, faire attention à ne pas abimer les conducteurs.

(7) Déterminer si l'anomalie est due à un arc électrique, à la chaleur de l'incendie, ou à la fusion d'un mélange eutectique (alliage de métaux).

(8) Positionner l'arc sur le schéma et enregistrer ses caractéristiques (défaut avec un autre conducteur sur le même câble, défaut avec un conducteur d'un autre câble, conducteur coupé, conducteur partiellement coupé, défaut avec une conduite métallique reliée à la terre, ou avec un élément conducteur du bâtiment).

(9) Repérer le lieu du ou des arcs en utilisant un marquage adéquat et enregistrer la ou les localisations.

(10) Préserver les éléments en tant qu'indices ou preuves si nécessaire.

17.4.5.2 Schéma pour l'étude des arcs électriques. Le schéma utilisé pour relever les emplacements des arcs électriques devrait être aussi détaillé que possible. La précision du schéma permettra de minimiser les erreurs de l'analyse qui suivra. En délimitant chaque zone, il faut garder à l'esprit que certains des câbles sont susceptibles de traverser d'autres zones. Indiquer l'orientation sur le schéma est particulièrement utile. Lors de l'examen de l'état des dispositifs de protection des différents circuits, il faudrait relever le type d'équipement ; fusible, disjoncteur, dispositif de protection contre un défaut de mise à la terre, ou dispositif de protection contre un arc électrique.

17.4.5.3 Localisation des arcs électriques. Typiquement, l'examen de chaque conducteur peut être réalisé en passant le conducteur entre les doigts, pour y relever d'éventuelles imperfections ou anomalies de surfaces, de type convexe ou concave. Passer un morceau de coton, le long du conducteur constitue une autre façon de détecter des imperfections superficielles. Après avoir repéré une imperfection, il faut examiner l'endroit visuellement afin d'évaluer si l'imperfection résulte d'un perte ou d'une accumulation de métal (indiquant la possibilité d'un arc électrique), ou d'une toute autre raison, telle que la présence de saletés, l'oxydation, ou des particules d'isolant carbonisé. Il faut examiner toute la longueur du conducteur endommagé au cas où il y aurait eu

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

plusieurs arcs électriques sur le même conducteur. Il faut ensuite repérer chaque arc sur le plan ou sur les schémas en élévation, aussi précisément que possible.

17.4.5.3.1 L'identification des arcs électriques n'est pas une tâche facile. Il peut être difficile de faire la différence entre la fusion du fait d'un arc électrique et la fusion des conducteurs à cause de la chaleur de l'incendie, aussi appelée fusion thermique. La première différence entre les deux est relative, à l'étendue de la surface concernée par la fusion. L'arc électrique peut créer un dommage extrêmement localisé à l'endroit où la température a dépassé la température de fusion du conducteur métallique. L'arc peut générer des dommages additionnels aux conducteurs ou aux surfaces reliées à la terre qui se trouvent à côté. Les bords de la zone fondue sont généralement assez nets. La fusion causée par un environnement à température élevée peut être plus étendue et peut concerner de nombreux conducteurs dans la zone. Plusieurs photographies, montrant les deux types de dommages, figurent au chapitre 8. Pour certaines fusions, il n'est pas possible d'en déterminer la cause. Dans ce cas, il faut les enregistrer comme possible ou indéterminé.

17.4.5.3.2 Les dommages créés par un arc dépendent de sa durée et du moment d'occurrence. En courant alternatif, la différence de potentiel entre deux conducteurs dépend de l'endroit sur le cycle alternatif au moment où l'arc se produit. Les disjoncteurs ou les fusibles peuvent ouvrir le circuit pour couper le courant en aussi peu de temps qu'un demi-cycle (0.8 ms dans les circuits à 60 cycles, 1.0 ms dans les circuits à 50 cycles). Au cours de chaque cycle en courant 120 V alternatif, la différence de potentiel entre la phase et le neutre varie entre +120V et -120V. Lorsque la différence de potentiel approche de 0V, les dommages créés par l'arc tendent à être moins importants et donc moins visibles.

17.4.5.4 Enregistrements des lieux où se sont produits les arcs. Pour identifier les lieux où se sont produits les arcs, il faut attacher sur les conducteurs un repère visible tel qu'un bolduc coloré, une étiquette colorée pour câble, ou un adhésif, et enregistrer les lieux des arcs en les photographiant ou en les filmant. S'il était nécessaire d'apporter des preuves sur l'étude des arcs électriques, on pourrait alors prélever les circuits électriques dans le bâtiment. Réaliser le prélèvement de chaque circuit, à la fois ceux qui ont été le siège d'arcs électriques et ceux qui ne l'ont pas été, n'a de sens que si on maintient la relation entre le circuit et son emplacement dans le bâtiment. La position dans le bâtiment des conducteurs victimes d'un arc par rapport à ceux qui sont indemnes, et la localisation des arcs en elle-même, constituent des indices significatifs ; ce qui n'est pas le cas des câbles endommagés par l'incendie pris en dehors de leur contexte.

17.4.5.5 Prélèvement des conducteurs dans le cadre d'une étude des arcs électriques. Il faut soigneusement identifier, étiqueter et prélever avec précaution les conducteurs, qui sont parfois cassants et peuvent être assez fragiles. La manipulation peut les rompre, ce qui rend l'identification et l'étiquetage beaucoup plus ardus. Les liaisons des conducteurs, par exemple dans ce qui reste des boîtes de jonctions, peuvent être devenues lâches et être tombées plus loin, ce qui potentiellement empêche de reconstituer le circuit.

17.4.5.6 Exploitation d'une étude des arcs électriques. Une cartographie des arcs est d'abord utile pour analyser les données afin de définir la chronologie des évènements, mais il faut savoir que cette cartographie peut servir à la fois pour formuler des hypothèses mais aussi pour les tester. Clairement, si un conducteur a été coupé du fait d'un arc électrique, on peut conclure sans ambiguïté qu'un arc généré en aval de la rupture, s'est produit dans la chronologie avant cette rupture. Il existe des exceptions à cette règle, lorsque les conducteurs demeurent alimentés ; par un autre circuit du fait d'une erreur de câblage, par un onduleur, ou par un groupe électrogène. De plus, concernant la zone d'éclosion du feu, en l'absence d'éléments contradictoires, il semble légitime de considérer que le lieu d'origine puisse correspondre à l'une des zones où les équipements électriques ont été endommagés en premier.

17.4.5.7 Limites des études des arcs électriques. Une étude des arcs électriques peut permettre d'identifier les zones où le feu a endommagé des conducteurs électriques sous tension, dans les premières phases de l'incendie. De la même façon, la localisation spatiale des arcs peut permettre d'identifier un endroit spécifique où le feu s'est produit avant que le courant ne soit coupé dans cette zone. Ces outils d'investigation peuvent se révéler utiles dans la détermination du lieu d'origine. La précision de la détermination est, cependant, directement, liée à la capacité de l'investigateur à identifier correctement les dommages créés par les arcs sur les câbles. Les dommages causés par l'incendie sur les conducteurs en cuivre peuvent ressembler aux dommages causés par les arcs électriques, et un examen visuel sur le site sinistré peut ne pas être suffisant pour identifier correctement les véritables lieux où se sont produits des arcs électriques. Lorsque l'analyse des circuits électriques amènent à identifier de façon incorrecte des arcs électriques, les hypothèses formulées à partir de ces interprétations basées sur des constations erronées seront elles-aussi fausses. L'investigateur peut souhaiter réaliser le prélèvement de chaque portion de conducteur où il a repéré un possible arc électrique en vue d'une analyse et d'une vérification plus fines.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

17.4.6 Analyse de la chronologie. L'analyse de l'enchaînement des évènements au cours du temps peut être utile en vue de déterminer le lieu d'éclosion d'un feu. La majeure partie des informations pour cette analyse proviendra des témoignages. Dans certains cas, un témoin peut avoir vu le feu démarrer et peut donc indiquer à l'investigateur la zone de départ. Une telle situation créée une pression sur l'investigateur, afin qu'il mène des investigations aussi approfondies que possible, en vue de mettre en évidence des faits qui étayent ou réfutent les dires du témoin. Parmi les moyens de vérifier ces dires, on peut citer l'analyse des traces laissées par le feu, la cartographie des arcs électriques, ou la comparaison des délais de déclenchement des détecteurs de fumée, des détecteurs de chaleur ou des détecteurs intrusion avec les observations du témoin. Cette analyse peut permettre d'identifier des lacunes ou des incohérences parmi les informations, d'aider à préparer les questions pour les interviews supplémentaires du témoin, et de constituer une base pour l'analyse et la reconstitution de la progression de l'incendie. La question de la chronologie est abordée de façon plus détaillée à la section 20.2.

17.4.7 Dynamique de l'incendie. Les principes de la dynamique de l'incendie peuvent être mis en œuvre pour analyser les données en vue de formuler des hypothèses sur le lieu d'origine du sinistre et de compléter par d'autres techniques de détermination du lieu d'origine du feu. Ces analyses peuvent aider pour l'identification des combustibles susceptibles d'avoir été les premiers à s'enflammer, pour l'établissement de la chronologie d'inflammation des combustibles suivants, pour la détermination des données supplémentaires à recueillir, pour l'analyse des traces laissées par le feu, et pour la détermination des sources d'ignition potentiellement adaptées.

17.5 Formulation d'une hypothèse sur le lieu d'origine du feu.

A partir de l'analyse des informations, l'investigateur devrait, à ce stade, formuler une hypothèse ou un ensemble d'hypothèses permettant d'expliquer l'origine et le développement de l'incendie. Cette hypothèse ne devrait s'appuyer que sur les données empiriques recueillies par l'investigateur. On sait qu'en se basant sur les principes scientifiques l'investigateur peut être continuellement occupé à recueillir des informations, les analyser, formuler une hypothèse et la vérifier. L'investigateur peut formuler une hypothèse sur le lieu d'éclosion du feu relativement tôt dans le processus d'investigation, mais lorsque ce processus est terminé, peu importe l'ordre dans lequel les choses ont été réalisées, l'investigateur devrait être capable de montrer en quoi les différentes étapes sont conformes aux principes scientifiques. La figure 17.2 montre comment les procédures présentées dans ce chapitre suivent les principes scientifiques ;

17.5.1 Hypothèse initiale. L'hypothèse initiale sur le lieu d'origine du feu est formulée à partir des observations rapportées par les témoins, de la visite initiale sur site, et des tentatives pour expliquer le déplacement du feu dans le bâtiment. Ce processus est réalisé en appliquant les méthodes définies dans les sections précédentes de ce chapitre. La formulation de l'hypothèse initiale permet à l'investigateur d'organiser et de planifier la suite des investigations sur l'origine du sinistre. La formulation de cette hypothèse initiale constitue un point critique de l'investigation. A ce stade, il est important que l'investigateur s'applique à identifier d'autres lieux d'origine envisageables, et qu'il prenne en compte toutes les hypothèses raisonnables concernant ce lieu d'origine jusqu'à ce que des éléments suffisants justifient de les écarter.

17.5.2 Modification de l'hypothèse initiale. Les investigations ne devraient pas être organisées uniquement dans le but de démontrer l'hypothèse initiale. Il est important de garder un esprit ouvert. Les travaux d'investigation peuvent amener à modifier plusieurs fois l'hypothèse initiale, avant que l'investigation ne soit terminée. L'investigateur devrait continuer à réévaluer les zones d'origine potentielles en prenant en compte les informations supplémentaires accumulées au cours de la progression des investigations.

17.6 Vérification des hypothèses sur le lieu d'origine du feu.

Afin de se conformer aux principes scientifiques, dès lors qu'une hypothèse est envisagée, l'investigateur doit la vérifier en utilisant un raisonnement déductif. La vérification par un raisonnement déductif est basée sur le principe que *si* l'hypothèse est vraie, *alors* la scène d'incendie devrait présenter certaines caractéristiques, à supposer que le feu n'a pas ensuite effacé ces caractéristiques. Par exemple, si un témoin affirme qu'une certaine porte était fermée au cours de l'incendie, alors on devrait observer une zone protégée sur les huisseries de la porte, qui tendront à prouver l'hypothèse que la porte était effectivement fermée. *(Voir le chapitre 4 et les annexes A.4.3.6.)*

17.6.1 Moyens de vérification des hypothèses. Au cours des investigations, l'investigateur peut développer et tester de nombreuses hypothèses sur la progression du feu. Par exemple, l'investigateur a, souvent, à déterminer si une porte ou une fenêtre était ouverte ou fermée. A la fin de la recherche du lieu d'origine, on arrive au stade de la vérification des différentes hypothèses. Une détermination techniquement valable du lieu d'origine, est celle qui est cohérente avec les informations disponibles. Pour tester les hypothèses, il faudrait pouvoir répondre aux questions posées du 17.6.1.1 au 17.6.1.3.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

17.6.1.1 Existe-t-il une source d'ignition suffisante sur le lieu d'origine envisagé ? L'absence de source d'ignition adaptée sur le lieu d'origine supposé devrait conduire à examiner plus minutieusement cette hypothèse. Les investigateurs devraient se méfier du piège de la logique circulaire. Alors que la cause du feu était à un moment nécessairement située au point d'origine, l'investigateur qui écarte une source d'inflammation potentielle car elle « n'était pas localisée au lieu d'origine envisagé », doit être particulièrement minutieux en vérifiant son hypothèse sur le lieu d'origine et en examinant les hypothèses alternatives. *(Voir la section 18.2.)* Ceci est particulièrement vrai dans le cas des incendies généralisés aux locaux. A moins qu'il existe un indice fiable permettant de restreindre la zone d'origine à une partie spécifique du local, toute source d'inflammation potentielle située dans le local d'où le feu est parti, devrait être examinée en tant que cause possible.

17.6.1.2 Est-ce qu'un feu ayant pris naissance à l'origine envisagée dans l'hypothèse aurait généré les dommages observés ? L'investigateur devrait faire attention lorsqu'il s'agit de déterminer l'origine du feu et que les seuls indices concernent la présence concomitante d'un combustible facilement inflammable et d'une source d'ignition potentielle. La chronologie des évènements, qui ont amené la source d'ignition à rencontrer le combustible et qui ont engendré les dommages observés, permet de localiser le lieu d'origine puis la cause. L'hypothèse sur le lieu d'origine devrait rendre compte des dommages matériels sur le bâtiment et son contenu mais aussi des effets du feu subis par les occupants.

17.6.1.3 Est-ce que la croissance et le développement du feu à partir de l'origine envisagée sont cohérents avec les données disponibles sur la chronologie ? Peu de données constatées sont susceptibles d'ébranler d'avantage une hypothèse sur l'origine du feu que des observations faites par un témoin crédible qui seraient en contradiction avec cette hypothèse. Tout constat peut être incohérent avec l'hypothèse finale. Les constats doivent être pris comme un tout, vis-à-vis de l'hypothèse, tout en analysant la fiabilité et l'importance de chaque constat individuellement. Au final, l'investigateur devrait être capable d'expliquer en quoi la croissance et le développement d'un feu, ayant démarré au lieu d'origine correspondant à l'hypothèse formulée, sont cohérents avec les constats.

17.6.2 Techniques et outils pour l'analyse. Il existe des techniques et des outils d'analyse, qui permettent d'évaluer une hypothèse sur le lieu d'origine du feu. Le recours à des outils et techniques pour analyser la dynamique du feu peut amener une compréhension du phénomène susceptible d'accroître les bases techniques pour la détermination de l'origine du feu. Ces analyses peuvent aussi permettre d'identifier des manques ou des incohérences au niveau des données. L'intérêt des outils relatifs à la dynamique du feu ne se limite pas à la vérification d'une hypothèse. Ils peuvent aussi être utilisés pour l'analyse des données et pour la formulation des hypothèses. Les techniques et outils comprennent l'analyse de la chronologie, l'analyse de la dynamique du feu, et l'expérimentation.

17.6.2.1 Analyse de la chronologie. L'analyse de la chronologie constitue un outil d'investigation qui présente la relation entre les évènements et les conditions présentes du fait du feu. Ces évènements et conditions sont généralement fonctions du temps, aussi l'enchaînement d'évènements peut être utilisé pour évaluer une hypothèse relative au lieu d'origine du feu. Les évènements pertinents et les conditions susceptibles d'être présentes comprennent ; l'inflammation de nouveaux lots de combustibles, les modifications concernant la ventilation, le déclenchement de détecteurs de chaleur ou de fumée, le flashover, le bris de vitres, et la propagation du feu à des locaux voisins. Une grande partie de ces informations sera issue de témoignages. Des outils d'analyse de la cinétique de l'incendie *(voir 20.4.8)* peuvent être mis en œuvre afin d'estimer les évènements et les conditions au cours du temps. La chronologie est abordée de façon plus détaillée à la section 20.2.

17.6.2.2 Modélisation de l'incendie. Les concepts fondamentaux de la dynamique du feu peuvent être utilisés pour évaluer des hypothèses sur le lieu d'origine d'un incendie. Ces fondamentaux sont décrits dans la littérature scientifique et sont incorporés dans des modèles de calcul qui vont des équations algébriques simples à des modèles informatisés plus complexes *(voir la section 20.4.8)*. On alimente le modèle avec les données spécifiques du sinistre afin de prédire les conditions induites par l'incendie à partir d'une hypothèse donnée. On peut ensuite confronter les résultats aux indices matériels et aux témoignages afin d'évaluer l'hypothèse formulée l'origine du feu. Les modèles sont susceptibles de traiter des questions relatives au développement et à la propagation du feu et aux conditions de tenabilité pour les occupants.

17.6.2.3 Essai. Des essais peuvent être réalisés afin d'évaluer une hypothèse qui a été formulée sur le lieu d'origine d'un incendie. Si les résultats expérimentaux correspondent aux dommages constatés sur le site sinistré, l'essai permet d'étayer l'hypothèse qui a été formulée. Si l'essai aboutit à des résultats différents, une nouvelle hypothèse est à envisager ou des informations supplémentaires peuvent être nécessaires, en tenant compte des différences possibles entre l'essai et la situation réelle. L'exemple suivant concerne un essai. L'origine envisagée se situe dans une corbeille en osier, elle-même posée dans le coin d'une pièce habillée avec des panneaux en bois. Les constats

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

après le feu réel montrent qu'il reste des résidus de la corbeille, que la moquette n'est pas endommagée dans le coin, de même que les panneaux en bois. Un essai feu reproduisant le départ de feu envisagé, a totalement consommé la moquette, la corbeille en osier, et le panneau en bois. Aussi (en supposant que l'expérience reproduisait les conditions initiales au moment du départ de feu), l'essai a démontré que le lieu d'origine envisagé n'était pas cohérent avec les dommages correspondant à ce scénario.

17.7 Sélection de l'hypothèse finale.

Une fois l'hypothèse concernant le lieu d'origine du feu évaluée, l'investigateur devrait revoir l'ensemble du processus, afin de s'assurer que toutes les informations crédibles ont été prises en compte et que toutes les hypothèses alternatives ont été étudiées et écartées. Lorsque l'on s'appuie sur une démarche scientifique, la non-prise en compte des hypothèses alternatives constitue une erreur sérieuse. La question critique à laquelle doit répondre l'investigateur incendie est « existe-t-il d'autres hypothèses cohérentes avec les données ? » L'investigateur devrait enregistrer tous les faits qui étayent le point d'origine retenu à l'exclusion des autres points d'origine initialement envisageables.

17.7.1 Définition de la zone d'origine. Bien que le terme *zone d'origine* soit couramment utilisé pour parler du lieu d'origine, l'investigateur devrait décrire cette zone comme l'espace tridimensionnel où le feu a pris naissance, en définissant également les limites de cet espace.

17.7.2 Données incohérentes. Il n'est pas courant qu'une hypothèse soit totalement cohérente avec toutes les données. Chaque élément d'information devrait être analysé quant à sa fiabilité et sa pertinence - dans une analyse, toutes les données n'ont pas la même valeur. Il arrive fréquemment que certaines traces ou certains témoignages fournissent des informations qui se révèlent incohérentes. Les contradictions devraient être mises en évidence et résolues. Le manque de données peut rendre cela difficile voire impossible. Lorsque la résolution de la contradiction n'est pas possible, alors, il faudrait réévaluer l'hypothèse.

17.7.3 Étude de cas. D'autres investigateurs peuvent apporter leur contribution pour l'évaluation d'une hypothèse relative au lieu d'origine d'un feu. Un investigateur devrait pouvoir fournir ses données et ses analyses à un autre investigateur, qui devrait pouvoir aboutir à la même conclusion sur l'origine du feu. Pour toute affaire d'incendie quelque peu significative, il est presque certain qu'il y aura une contre-expertise par d'autres investigateurs. Des avis différents peuvent résulter du poids conféré à certaines données par différents investigateurs ou de l'application de théories différentes (dynamique du feu) à des faits sous-jacents pour un cas particulier.

17.8 Origine insuffisamment définie.

Il existe des cas où il n'est pas possible de formuler une hypothèse vérifiable, permettant le cas échéant d'identifier des causes potentiellement envisageables. L'objectif de la recherche du lieu d'origine est d'identifier de manière précise l'endroit où le feu a démarré. En pratique, l'investigateur dispose d'une hypothèse sur l'origine lorsqu'il arrive sur la scène d'incendie. L'origine correspond à la scène d'incendie. Parfois, il n'est pas possible de déterminer une zone ou un volume qui soit plus petit que la scène entière. Aussi, la conclusion des investigations pour rechercher le lieu d'origine, peut être l'identification d'un volume trop important pour déterminer un quelconque facteur causal, ou bien l'impossibilité pour fixer des limites matérielles autour du volume où le feu a pris naissance. Pour illustrer ce propos, on peut prendre l'exemple d'un départ de feu où le bâtiment a entièrement brûlé sans témoin. De tels incendies sont parfois qualifiés de sinistres totaux. La zone d'origine correspond à tout le bâtiment, mais en réalité aucune hypothèse sur l'origine du feu ne peut être développée et évaluée en raison de l'insuffisance de données fiables.

17.8.1 Zones de départ de feu étendues. Il existe des cas où l'absence de détermination du lieu d'origine ne compromet pas nécessairement les investigations ; par exemple lorsque le feu résulte de l'inflammation de vapeurs de gaz à l'intérieur d'un bâtiment. Les dommages occasionnés sont susceptibles d'empêcher l'identification de l'endroit où le gaz a trouvé une source d'ignition. Cependant, des hypothèses sur les sources d'ignition probables peuvent être formulées.

17.8.2 Justification d'une zone d'origine étendue. La recherche de l'origine devrait permettre d'identifier les données qui justifient la conclusion selon laquelle la zone de départ ne peut pas être réduite à une zone de taille normale. On peut, par exemple, montrer qu'il n'y avait pas de traces significatives permettant de remonter jusqu'à l'origine, que tous ou presque tous les combustibles ont brûlé, ou que d'autres méthodes d'identification du lieu d'origine ont été mises en œuvre mais qu'aucune conclusion raisonnable n'a pu être établie.

17.8.3 Témoignages visuels sur la zone d'origine. Lorsque la zone d'origine identifiée est trop large pour être vraiment utile, la détermination de la cause de l'incendie peut devenir très difficile voire impossible. Dans certains cas, lorsque l'on ne peut pas dégager de meilleure hypothèse, susceptible d'être évaluée, quant à l'origine du sinistre, à partir de l'examen de la scène d'incendie seule, on peut, peut-être, trouver un témoin qui a vu le feu à son démarrage et qui peut préciser à l'investigateur la zone d'origine du feu.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 18 Détermination de la cause de l'incendie

18.1 Introduction. Ce chapitre propose une méthodologie à suivre pour déterminer la cause d'un incendie. La détermination de la cause d'un incendie est un processus qui consiste à déterminer le premier combustible qui a pris feu, la source d'ignition, le comburant, et les circonstances qui ont concouru à l'éclosion du feu. La détermination de la cause du feu est réalisée en général après la détermination du lieu d'origine du feu (voir le chapitre sur la détermination du lieu d'origine). En général, la détermination de la cause d'un incendie ne peut être considérée comme fiable que si le lieu d'origine a été correctement établi.

18.1.1 Facteurs relatifs à la détermination de la cause d'un incendie. Déterminer la cause d'un incendie implique d'identifier les facteurs qui furent nécessaires au feu pour démarrer. Ces facteurs comprennent la présence d'une source d'ignition suffisante, la nature et la géométrie du premier combustible enflammé, et les circonstances, telles qu'une défaillance ou une cause humaine, qui ont permis aux différents facteurs d'être réunis et de démarrer le feu. La défaillance d'un dispositif ou d'un équipement peut correspondre par exemple à un thermostat de sécurité qui ne s'est pas ouvert. Le dispositif peut être en échec suite à un défaut de conception. Les causes d'incendie d'origine humaine comprennent par exemple le défaut de surveillance d'un ustensile de cuisine sur une cuisinière, la réalisation d'une connexion de conducteurs électriques trop lâche générant une résistance de contact, ou un acte intentionnel. Prenons, par exemple, une couverture qui est enflammée par une ampoule à incandescence dans un placard. Les différents facteurs, qui ont pu concourir au départ du feu, sont notamment : la lampe positionnée trop près de l'étagère, des combustibles rangés trop près de la lampe, et la lampe laissée allumée dans le placard. L'absence de n'importe lequel de ces facteurs aurait empêché le feu de se produire. Le rôle d'un investigateur est d'identifier les facteurs qui ont contribué au feu.

18.1.2 Premier combustible enflammé. Le premier combustible enflammé correspond à celui qui entretient la combustion au-delà de la source d'ignition. Par exemple, le bois d'une allumette ne peut pas être le premier combustible enflammé, alors que du papier, un liquide inflammable, ou des rideaux, enflammés par cette même allumette, peuvent l'être.

18.1.3 Source d'ignition. La source d'ignition se situe à l'endroit ou à proximité du point d'origine, au moment de l'inflammation, bien que dans certaines circonstances, telles que l'inflammation de vapeurs inflammables, les deux peuvent sembler ne pas coïncider. Parfois, la source d'ignition demeure au point d'origine sous une forme identifiable, alors que dans d'autres cas la source d'ignition peut avoir été altérée, détruite, consumée, déplacée, ou retirée. Cependant, pour que la cause soit démontrée, il faudrait que la source ait pu être identifiée. Dans certains cas, il n'y a aucune trace matérielle de la source d'ignition, mais une chronologie de départ du feu peut envisagée à partir d'autres éléments.

18.1.4 Comburant. Généralement, le comburant est apporté par l'oxygène de l'air ambiant. De l'oxygène médical, stocké en bouteilles ou produit par des générateurs d'oxygène, ainsi que certaines substances chimiques sont susceptibles d'entretenir ou d'activer les réactions de combustion (Voir les comburants dans le chapitre sur les principes relatifs aux sciences du feu).

18.1.5 Chronologie de départ du feu. Ni un combustible à lui seul ou une source d'ignition à elle seule ne suffisent à faire naître un feu. Le feu résulte de la réunion d'un combustible, d'un comburant, et d'une source d'ignition. La description par l'investigateur des différents évènements, y compris la chronologie de départ du feu, (les facteurs qui ont permis à la source d'ignition, au combustible, et au comburant d'interagir) peut participer à établir la cause du feu.

18.2 Grandes lignes de la méthodologie. Les grandes lignes de la méthodologie pour déterminer la cause d'un incendie correspondent à l'approche scientifique décrite au chapitre sur les principes de la méthodologie. Cette méthodologie comprend l'identification et la définition du problème à résoudre, le recueil des données, l'analyse des données, la formulation d'une ou de plusieurs hypothèses, et, très important, l'évaluation de l'hypothèse ou des hypothèses. Pour mettre en œuvre les principes de l'approche scientifique, l'investigateur doit formuler au moins une hypothèse fondée sur les données disponibles du moment. Ces hypothèses de départ devraient être considérées comme des « hypothèses de travail », qui après évaluation, pourront être écartées, revues, ou développées en détails au fur et à mesure que de nouvelles informations seront recueillies au cours des investigations et que de nouvelles analyses seront effectuées. Ce processus est répété aussi longtemps que de nouvelles données se présentent. (Voir la figure 18.2).

18.2.1 Prise en compte des informations. Dans certains cas, un élément unique, tel qu'un indice matériel irréfutable ou un témoin crédible du départ de feu, ou un enregistrement vidéo, peut constituer le fondement de la détermination de la cause.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Toutefois, dans la plupart des cas, aucun élément n'est suffisant à lui seul pour permettre une détermination de la cause de l'incendie. L'investigateur devrait exploiter toutes les ressources disponibles pour formuler des hypothèses de cause d'incendie et pour définir quelles hypothèses sont cohérentes avec l'ensemble des informations crédibles. Lorsqu'une hypothèse apparemment crédible n'est pas cohérente avec certaines des données, l'investigateur devrait essayer de faire coïncider les deux et de déterminer laquelle de l'hypothèse ou des données, est erronée.

18.2.2 Enchaînement des actions à mener. Les différentes actions pour déterminer la cause sur la base d'une approche scientifique (recueil des données, interprétation, formulation d'hypothèses, et évaluation des hypothèses) sont à mener en permanence. De la même manière, réaliser des enregistrements sur la scène d'incendie, prendre des notes, faire des photographies, identifier les indices, interroger les témoins, rechercher le lieu de départ, analyser les défaillances potentielles, et toute autre activité de recueil d'information peut être effectuée en parallèle avec les précédentes actions. Les investigateurs sont invités à se référer aux sections de ce guide qui traitent de ces aspects spécifiques. De même, il faudrait que les investigateurs gardent à l'esprit les questions de dénaturation et de contamination potentielles de la scène d'incendie et qu'ils se rapportent aux chapitres sur les aspects légaux et sur les indices matériels.

18.2.3 Point et zone d'origine. Dans certains cas, il sera impossible de déterminer le point d'origine du feu au sein de la zone d'origine. Lorsqu'un point unique ne peut pas être identifié, il peut quand même être utile pour de nombreuses raisons d'identifier la ou les zones d'origine. Dans de tels cas, l'investigateur devrait être en mesure de fournir des informations fiables expliquant la zone d'origine accompagnées des indices sur lesquels s'appuie chaque hypothèse envisagée. Dans certaines situations, l'étendue des dommages peut réduire les chances d'identifier spécifiquement le point d'origine, sans toutefois compromettre la possibilité de mettre en avant des hypothèses crédibles sur l'origine et la cause.

18.3 Recueil de données pour la détermination de la cause. Le processus de recueil de données pour la détermination de la cause comprend l'identification : des lots combustibles, des sources d'ignition, des comburants, et des circonstances. Des données devraient être collectées en vue d'identifier tous les combustibles, sources d'ignition, et comburants potentiels dans la ou les zones d'origine du feu. Il peut aussi être nécessaire de recueillir des données à l'extérieur de la zone d'origine, telles que des échantillons de combustible non brûlé ou des sources d'ignition similaires situées dans d'autres zones. Les informations sur les circonstances, qui ont réuni le combustible, la source d'ignition, et le comburant, peuvent provenir de nombreuses sources différentes. Si elle a été réalisée avant le sinistre, une analyse documentée des zones possibles d'éclosion d'un feu peut être utile.

18.3.1 Identification des combustibles dans la zone d'origine. L'investigateur devrait identifier les combustibles présents dans la zone d'origine au moment de l'éclosion du feu. L'un de ces combustibles est le premier combustible qui a pris feu. Il faudrait identifier la nature, la quantité et l'emplacement des combustibles contenus dans le bâtiment et constitutifs du bâtiment lui-même.

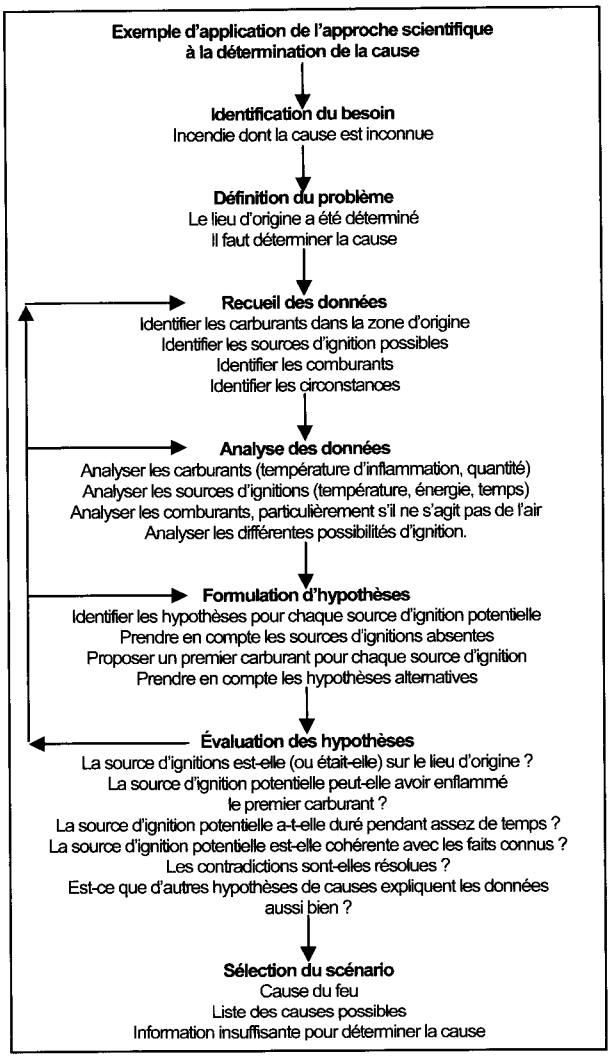


FIGURE 18.2 Exemple de mise en application de l'approche scientifique à l'identification de la cause.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

18.3.1.1 Il est nécessaire d'identifier le combustible initial pour évaluer la capacité des sources d'ignition potentielles à enflammer ce combustible et pour comprendre les évènements qui ont entraîné le démarrage du feu. Il arrive quelquefois qu'une fraction du combustible ayant pris feu en premier, subsiste après l'incendie, mais c'est rare. Ce combustible initial doit pouvoir être enflammé par la source d'ignition envisagée. Les matériaux trouvés dans la plupart des bâtiments ne peuvent pas être enflammés par des sources d'ignition, développant une faible énergie, ayant une température relativement basse ou une durée trop courte. Par exemple, les revêtements de sols, les éléments de charpente en bois, le mobilier en bois, et les tapis et moquettes ne s'enflamment pas à moins d'être exposés à une source d'énergie suffisamment importante. L'investigateur devrait identifier les éléments facilement inflammables, qui une fois en feu, pourraient constituer une source de chaleur suffisante pour endommager ou communiquer le feu aux matériaux plus difficilement inflammables. (Voir le paragraphe consacré à la charge calorifique dans le chapitre sur les principes relatifs aux sciences du feu).

18.3.1.2 Le combustible initial peut appartenir à un équipement présentant un dysfonctionnement ou une défaillance. On peut citer comme exemple : l'isolant d'un conducteur chauffé jusqu'à sa température d'inflammation par un courant excessif, ou le boîtier plastique d'une cafetière qui surchauffe.

18.3.1.3 Le combustible initial peut être un élément situé trop près d'un équipement qui produit de la chaleur. On peut citer comme exemple un tissu contre une lampe à incandescence ou un radiateur, une pièce en bois trop près d'un poêle à bois ou d'une cheminée, ou des combustibles trop près du collecteur d'échappement d'un moteur ou d'un pot catalytique.

18.3.1.4 Certains combustibles laissent des traces que l'on ne trouve en principe pas, après un incendie. Ces traces sont différentes de celles laissées par les matériaux de construction ou par les matières contenues dans un bâtiment et qui peuvent normalement être présentes dans la zone de départ du feu. On peut citer comme exemple les résidus de liquides inflammables ou de substances pyrotechniques, telles que les fusées éclairantes.

18.3.1.5 Les gaz, les vapeurs ou les poussières combustibles peuvent constituer le combustible initial et jeter la confusion concernant la localisation du point d'origine, car le point d'origine peut être situé à une certaine distance de l'endroit où un feu durablement entretenu a démarré sur le bâtiment ou au niveau du mobilier. De la même manière, un flash fire peut se produire associé à une combustion entretenue par des matériaux de faible densité comme des rideaux, situés à une certaine distance de la source de vapeur combustible de départ.

18.3.1.6 Il faudrait rechercher les informations auprès de personnes (telles que les occupants des lieux) qui ont connaissance des activités récentes qui ont eu lieu dans la zone d'origine ainsi que des éléments combustibles sensés être présents ou non. Il faudrait également recueillir des données sur les dispositions constructives du bâtiment dans la zone d'origine. Les informations sur le bâtiment sont susceptibles de comprendre les revêtements de sols, de plafonds et de murs, le type de portes et de fenêtres, et toute autre information nécessaire pour l'analyse. L'âge des matériaux utilisés pour la construction ainsi que les méthodes associées peuvent être utiles. Ces données pourraient révéler quel a été le combustible au départ du feu. Ces informations pourraient également être utiles à l'investigateur afin d'éviter d'oublier les combustibles secondaires qui étaient présents dans la zone d'origine et qui ont contribué ultérieurement à alimenter le feu et ont assuré sa propagation. L'investigateur devrait se rapporter aux chapitres concernant : les principes relatifs aux sciences du feu, les traces laissées par l'incendie, les dispositions constructives, et les sources d'informations lorsqu'il analyse une zone de départ à la recherche du combustible initial.

18.3.2 Identification de la source et de la nature de l'énergie d'inflammation. L'investigateur devrait identifier et enregistrer tous les éléments susceptibles de produire de la chaleur dans la zone d'origine du feu. Les éléments générant de la chaleur comprennent les dispositifs, les installations, les équipements ainsi que les produits réactifs et ceux susceptibles de produire des réactions d'auto-échauffement. L'investigateur devrait également identifier les dispositifs ou les équipements qui dégagent normalement de la chaleur, mais qui seraient capables de générer suffisamment d'énergie pour enflammer des matériaux suite à une mauvaise utilisation ou à un dysfonctionnement.

18.3.2.1 Les sources d'ignition potentielles de gaz, vapeurs, ou poussières comprennent les flammes nues, les arcs créés par les moteurs ou les interrupteurs, les allumeurs électriques, les veilleuses ou les flammes des équipements au gaz, les surfaces chaudes, et l'électricité statique.

18.3.3 Identification des éléments et des activités présents dans la zone d'origine du feu. Il faudrait se renseigner auprès des propriétaires et des occupants sur les activités récentes ayant eu lieu dans la zone d'origine ainsi que sur les installations, équipements, ou dispositifs produisant de la chaleur qui étaient présents. Ces informations sont particulièrement importantes lorsque les sources d'ignition potentielles ne sont plus identifiables après l'incendie. Ces informations peuvent également être utiles en alertant l'investigateur sur les éléments de petite

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

taille ou ceux facilement oubliés lors de l'examen de la zone d'origine du feu. Lorsque des sources d'énergie électrique peuvent être considérées comme des sources d'ignition potentielles, l'investigateur devrait se rapporter aux chapitres sur l'électricité et sur les équipements. Il faudrait également réunir des informations sur l'achat de l'appareil, tel que neuf ou d'occasion, comment et quand il était utilisé, l'historique des réparations, et les problèmes éventuels.

18.3.4* Identification du comburant. Le comburant le plus courant (oxydant ou agent d'oxydation) dans un incendie est l'oxygène de l'air et il n'y a pas besoin de réaliser de constat particulier. Cependant, d'autres comburants, comme décrit du 18.3.4.1 au 18.3.4.3, devraient être identifiés et enregistrés s'il y en avait dans ou près de la zone d'origine du feu.

18.3.4.1 Quelquefois, on trouve de l'oxygène à une concentration supérieure à celle de l'oxygène atmosphérique, comme dans les caissons hyperbares, les tentes à oxygène, ou autour des équipements de production et de stockage d'oxygène.

18.3.4.2 Certains produits chimiques autres que l'oxygène moléculaire sont classés en tant que comburants. Certains composés chimiques courants tels que les produits de traitement des piscines, peuvent aussi se comporter comme des comburants.

18.3.4.3 Certains mélanges de produits chimiques, tels que les propergols solides, contiennent du comburant et du combustible et ne requièrent aucune source de comburant externe.

18.3.5 Identification de données sur la chronologie de l'inflammation. L'investigateur devrait recueillir des informations exploitables afin d'analyser les évènements qui ont permis au combustible et à la source d'ignition de se rencontrer (chronologie de l'inflammation). Ces informations sur les conditions entourant la concomitance du combustible, de la source d'ignition, et du comburant peuvent être relevées au travers d'observations, de témoignages, ou de données météorologiques. L'établissement de chronologies peut être utile pour organiser et analyser les informations. (Voir le chapitre sur l'analyse des défaillances et les outils d'analyse). Le recueil de données complémentaires peut être nécessaire pour déterminer les circonstances qui ont réuni le combustible, la source d'ignition, et le comburant. Le recueil de données peut se poursuivre même après que la scène d'incendie ait été examinée et peut nécessiter des équipements de laboratoire spécifiques. Ces informations complémentaires peuvent conduire à la modification ou au rejet d'hypothèses développées précédemment ou à la reconsidération d'hypothèses précédemment écartées.

18.4 Analyse des données. L'approche scientifique implique que toutes les informations qui se rapportent à la cause de l'incendie, soient analysées. L'analyse des données nécessite que chaque portion d'information se rapportant à la cause du feu, soit examinée et interprétée. Il s'agit d'une étape essentielle qui doit avoir lieu avant la formulation d'une quelconque hypothèse. Le but de l'analyse est de donner un sens aux résultats de la phase d'examen et d'interprétation ; cette analyse sera exploitée lors de la phase de formulation et d'évaluation des hypothèses. L'identification, le recueil et le classement des données constituent des tâches différentes de l'analyse proprement dite de ces données. L'analyse des données se fonde sur les connaissances, la formation, l'expérience et l'expertise de l'individu qui réalise cette analyse. Lorsque l'investigateur ne possède pas les compétences pour interpréter correctement des données, il faudrait rechercher une assistance auprès de quelqu'un ayant les connaissances adéquates. Comprendre la signification des informations, permettra à l'investigateur de formuler des hypothèses basées sur les indices plutôt que sur des spéculations ou des croyances subjectives.

18.4.1 Analyse du combustible. L'analyse du combustible correspond au processus d'identification du premier élément ou lot combustible enflammé (combustible initial) qui alimente la combustion au-delà de la source d'ignition et d'identification des combustibles cibles ultérieurs au-delà du combustible initial.

18.4.1.1 Géométrie et orientation. Comprendre la géométrie et l'orientation du combustible est important pour déterminer si ce combustible était le premier combustible enflammé. La configuration du combustible au plan physique joue un rôle significatif sur sa capacité à s'enflammer. Un combustible non gazeux ayant une surface spécifique élevée est beaucoup plus facilement inflammable qu'un combustible ayant une surface spécifique faible. On peut citer comme exemples de combustibles ayant une surface spécifique élevée : les poussières, les fibres, et le papier. Lorsque la surface spécifique augmente, l'énergie calorifique ou le délai requis pour enflammer le combustible, diminue. Les gaz et les vapeurs sont totalement dispersés (ils possèdent de fait une surface spécifique extrêmement élevée) et peuvent être enflammés instantanément par une source développant une faible énergie.

18.4.1.2 Température d'inflammation. Le combustible doit pouvoir être enflammé par la source d'ignition envisagée dans l'hypothèse développée. La température à laquelle le combustible a pu s'enflammer devrait être établie. Il est important de comprendre la différence entre une température d'inflammation pilotée et une température d'auto-inflammation. Les constituants de la plupart des

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

bâtiments ne sont pas susceptibles de s'enflammer en présence de sources d'inflammation de faible énergie, de température modérée, ou de courte durée. Par exemple, les revêtements de sols, les éléments de charpente en bois, le mobilier en bois, et les tapis et moquettes ne s'enflamment pas à moins d'être exposés à une source d'énergie suffisamment importante.

18.4.1.3 Quantité de combustible. Le premier matériau enflammé ne conduira pas au développement et à la propagation du feu si une quantité suffisante de combustible n'est pas présente. Par exemple, si le produit allume-feu utilisé pour démarrer un feu de charbon de bois est consumé avant que suffisamment de chaleur n'ait été transmise aux morceaux de charbon de bois, le feu va s'éteindre. L'investigateur devrait analyser la quantité de combustibles (primaire, secondaire, tertiaire, etc.) afin de déterminer si elle est suffisante pour expliquer le feu qui en a résulté.

18.4.2 Analyse de la source d'ignition. L'investigateur devrait évaluer les sources d'ignition potentielles dans la zone d'origine afin de déterminer si elles sont suffisantes. Une source d'ignition adaptée sera suffisamment énergétique et capable de transmettre cette énergie au combustible suffisamment longtemps pour élever le combustible à sa température d'inflammation.

18.4.2.1 L'échauffement d'un combustible potentiel est réalisé grâce à l'énergie qui lui est transmise. Chaque combustible réagit différemment à l'énergie qu'il reçoit en fonction de ses propriétés thermo-physiques. L'énergie peut être réfléchie, transmise, ou dispersée à travers le matériau ; seule l'énergie absorbée conduisant à l'élévation de la température du combustible.

18.4.2.2 Les gaz inflammables ou les vapeurs émises par les liquides, tels que l'essence automobile, sont susceptibles de migrer sur une distance importance depuis leur point d'émission avant de rencontrer une source d'ignition suffisante. L'inflammation ne se produira que dans des conditions spécifiques, la condition première étant une concentration comprise à l'intérieur de la fourchette d'inflammabilité et une source d'énergie suffisante située au sein du mélange inflammable.

18.4.3 Comburant. Le comburant est généralement l'oxygène de l'air. Dans certains cas des comburants alternatifs ou complémentaires peuvent avoir été présents et l'investigateur devrait s'y intéresser et analyser le rôle qu'ils ont pu jouer sur le départ et la propagation du feu.

18.4.3.1 Lorsque l'on suspecte la présence d'un comburant autre que l'oxygène de l'air du fait de la présence de résidus, il faudrait prélever ces résidus et les analyser en laboratoire. En principe le comburant ne demeure pas sous sa forme initiale, mais laisse des résidus caractéristiques.

18.4.4 Chronologie de départ de feu.

18.4.4.1 On définit la chronologie d'un départ de feu comme l'enchaînement d'évènements et de conditions qui conduisent à l'interaction de la source d'énergie, du combustible, et du comburant à des concentrations et dans des circonstances appropriées pour démarrer la combustion. S'arrêter à identifier un combustible ou une source d'ignition n'explique pas et ne permet pas de décrire comme le feu a pris. Le feu résulte de l'interaction entre du combustible, du comburant, et une source d'ignition. Par conséquent, l'investigateur devrait être prudent pour conclure à une cause d'incendie juste parce qu'il a identifié un combustible facilement inflammable, une source d'ignition potentielle, ou tout autre élément caractéristique d'une chronologie de départ de feu. Connaître l'enchaînement d'évènements qui ont permis l'interaction de la source d'énergie, du combustible, et du comburant à des concentrations et dans des circonstances appropriées pour démarrer une combustion, est essentiel pour établir la cause d'un incendie.

18.4.4.2 L'analyse de la chronologie d'un départ de feu nécessite de déterminer les conditions et les évènements qui se sont produits ou dont l'occurrence était logiquement nécessaire, pour qu'un feu démarre. En outre, lorsque l'on décrit une chronologie de départ de feu, il faudrait déterminer l'ordre dans lequel les évènements se sont produits.

18.4.4.2.1 Lors de chaque investigation incendie, il faudrait rechercher les différents facteurs ayant contribué à l'éclosion du feu et les développer dans la conclusion sur la chronologie de départ de feu. Les facteurs à étudier comprennent notamment :

(1) Comment et quand dans la chronologie le premier combustible enflammé s'est retrouvé disponible sous une forme, phase, configuration et condition appropriées de manière à pouvoir être enflammé (combustible adapté) ;

(2) Comment et quand dans la chronologie le comburant s'est retrouvé disponible sous une forme et en quantité suffisante pour interagir avec la source d'ignition et le premier combustible enflammé et permettre ainsi la réaction de combustion ;

(3) Comment et quand dans la chronologie une source d'énergie adaptée s'est retrouvée disponible pour interagir avec le combustible ;

(4) Comment et quand dans la chronologie la source d'énergie adaptée a transmis de l'énergie au combustible pour l'enflammer ;

(5) Comment les dispositifs et éléments de sécurité conçus pour prévenir l'éclosion d'un feu ou pour en limiter les effets ont fonctionné ou dysfonctionné. (Pour des informations complémentaires voir le chapitre sur les équipements) ;

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

(6) Comment et quand dans la chronologie une action, un oubli, une intervention extérieure, ou des circonstances ont permis de réunir le combustible, le comburant, et une source d'ignition adaptée au moment et à l'endroit du départ de feu ;

(7) Comment le premier combustible enflammé a ensuite mis le feu à un deuxième combustible, puis à un troisième, et ainsi de suite ce qui a entraîné la propagation du feu.

18.4.4.3 Il y a des cas où on ne retrouve aucune trace matérielle de la source d'ignition à l'endroit d'éclosion du feu, mais où on peut déduire une chronologie de départ du feu à partir d'autres données. Il faudrait baser la détermination de la cause d'un incendie sur des traces ou indices plutôt que sur leur absence ; toutefois, dans certains cas la source d'ignition ne peut pas être identifiée, mais la chronologie de départ de feu peut être déduite de façon logique. Cette déduction peut permettre d'aboutir, en évaluant différentes hypothèses alternatives mettant en jeu différentes chronologies de départ de feu, à condition que la chronologie de départ de feu retenue soit cohérente avec tous les faits connus (voir le chapitre sur les principes de la méthodologie). Les exemples suivants constituent des illustrations de cas qui se prêtent à la formulation de scénarios de départ de feu alors même que la source d'ignition n'est pas retrouvée au cours de l'examen de la scène. La liste n'est pas exclusive ; l'investigateur est mis en garde contre la formulation d'une hypothèse de chronologie de départ de feu en l'absence de données qui permettent d'étayer cette hypothèse.

(A) Explosions de combustible diffusé dans l'air et « flash fires ».

(B) Lorsqu'un résidu de liquide inflammable (confirmé par des analyses en laboratoire) est retrouvé en un ou plusieurs lieux sur la scène d'incendie et que sa présence à ce ou ces endroit(s) ne peut pas être expliquée (Voir le chapitre sur les incendies volontaires).

(C) Lorsqu'il y a des foyers multiples (Voir le chapitre sur les incendies volontaires).

(D) Lorsque des trainées sont observées (Voir le chapitre sur les incendies volontaires).

(E) Le feu a été observé ou enregistré au moment ou quasiment au moment de sa naissance ou avant qu'il ne se propage vers un second combustible

18.5 Formulation d'une hypothèse sur la cause. L'investigateur devrait mettre en œuvre la méthode basée sur une approche scientifique (voir le chapitre sur les principes de la méthodologie) pour réunir les données, formuler les hypothèses, et évaluer les hypothèses en tenant compte des chronologies potentielles de départ du feu. Ce processus d'analyse comprend la formulation et l'évaluation effectives d'hypothèses alternatives. Pour ce faire, on développe une hypothèse distincte en considérant chaque source d'ignition ayant une énergie suffisante située à l'origine de l'incendie, comme une source d'ignition potentielle. Une analyse systématique (évaluation des hypothèses) est ensuite menée en éliminant les hypothèses qui ne sont pas étayées (ou qui sont réfutées) par les faits mis en évidence au cours d'un examen plus approfondi. L'investigateur doit se garder de la tentation d'éliminer une source potentielle d'ignition simplement parce qu'on ne trouve pas de preuve évidente l'étayant. Par exemple, un investigateur ne devrait pas éliminer un chauffage électrique du fait qu'il n'y a pas de traces d'arc sur les conducteurs ou que les contacts ne sont pas collés. Le chauffage a pu constituer une source d'ignition autrement que consécutivement à une défaillance d'un élément, comme par exemple à cause de matières combustibles situées trop près de lui. On ne devrait éliminer des sources d'ignition potentielles que s'il existe des éléments fiables démontrant qu'elles ne peuvent pas constituer la source de départ du feu. Ainsi, un chauffage électrique peut être facilement écarté s'il n'était pas sous tension

18.5.1 Les équipements présents au point ou dans la zone d'origine du feu qui, soit produisent de la chaleur, ou soit sont capables d'en produire consécutivement à un défaut ou à une défaillance (par ex. les équipements électriques divers) devraient toujours faire partie de la liste des hypothèses, même si pour différentes raisons, ils peuvent être éliminés facilement.

18.5.2 L'investigateur devrait examiner soigneusement les sources d'ignition potentielles qui ne laissent pas de traces matérielles que l'on puisse retrouver. De telles sources d'ignition comprennent notamment les flammes nues lorsque le dispositif correspondant ne reste pas sur place (ex. on a utilisé un briquet, qu'on n'a pas laissé sur le site) ainsi que les décharges d'électricité statique (y compris les orages). Étant donné l'absence d'indice matériel, il est nécessaire de disposer d'autres indices pour conclure à la présence ou à l'absence de source d'ignition.

18.5.3 Pour toute source d'ignition potentielle située dans la zone d'origine, il faut avoir démontré la présence d'un ou de combustible(s), sous une forme et dans une configuration appropriées, pour lesquelles la source d'ignition potentielle peut être considérée comme une source d'ignition suffisante. Il est possible de formuler une hypothèse sur la cause même si l'on n'est pas en mesure d'établir spécifiquement lequel des combustibles a pris feu en premier.

18.5.4 Il se peut qu'il existe de multiples sources d'ignition suffisantes dans la zone de départ du feu en présence d'un combustible ayant pris feu en premier, identifié. Il est possible de formuler une hypothèse sur la cause même si l'on n'est pas en mesure d'établir spécifiquement laquelle de ces sources d'ignition a enflammé le combustible identifié comme ayant pris feu en premier. Lorsqu'il y a eu une fuite de propane dans un cellier, la source d'ignition a pu être la veilleuse du chauffe-eau ou

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

celle de la chaudière, bien qu'après l'incendie il peut ne pas être possible de déterminer précisément lequel des deux a enflammé le gaz.

18.6 Évaluation des hypothèses relatives à la cause de l'incendie. Chacune des hypothèses alternatives qui ont été formulées doit être évaluée en mettant en œuvre une approche scientifique. S'il reste une hypothèse et qu'elle a été évaluée sur la base de « l'approche scientifique » et qu'elle est jugée probable, alors on peut considérer que la cause de l'incendie a été identifiée.

18.6.1 Approche scientifique. La mise en œuvre de l'approche scientifique implique que toute hypothèse formulée à partir de l'analyse des données recueillies au cours de l'investigation doivent passer avec succès son évaluation sérieuse et soigneuse réalisée par l'investigateur ou son examen par d'autres. [Voir le chapitre sur les principes de la méthodologie ainsi que Daubert v. Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc. 509 U.S. 579, 113 S. Ct. 2786 (1993).]

18.6.2 Raisonnement déductif. L'évaluation d'une hypothèse est réalisée en appliquant le principe d'un raisonnement déductif, pour lequel l'investigateur compare l'hypothèse à tous les faits connus ainsi qu'à toute la connaissance scientifique applicable aux phénomènes physiques correspondant au sinistre dont il est question. Finalement, on aboutit à la détermination de la cause, par l'évaluation des différentes hypothèses relatives à la dite cause.

18.6.3 Questions destinées à évaluer les hypothèses. Pour évaluer une hypothèse sur la cause d'un incendie, il faudrait répondre aux questions suivantes ;

(1) Est-ce que la source d'ignition envisagée est capable d'enflammer le premier combustible qui a pris feu ?

(2) Est-ce que le temps requis pour l'éclosion du feu est cohérent avec la chronologie associée à l'hypothèse sur la cause et les faits relatifs au sinistre ?

(3) Quelles ont été les circonstances qui ont amené la source d'ignition au contact du combustible qui a pris feu en premier ?

(4) Quels furent, si tel est le cas, les modes de défaillance nécessaires à l'éclosion du feu ?

18.6.4 Moyens à mettre en œuvre pour évaluer une hypothèse. Lorsqu'il évalue une hypothèse, l'investigateur devrait tenter de rechercher les éléments conduisant à éliminer l'hypothèse plutôt que de chercher à confirmer cette hypothèse. Si l'hypothèse ne peut pas être écartée, elle peut alors être retenue comme étant possible ou probable. Pour évaluer une hypothèse, on peut s'appuyer sur ; l'application des principes fondamentaux des sciences, les expérimentations ou les essais réels, les expérimentations cognitives, les techniques et outils d'analyse, et l'analyse des systèmes.

18.6.4.1* Littérature scientifique. Le recours à la littérature scientifique constitue un excellent moyen pour accéder à des informations utilisables pour l'évaluation des hypothèses. L'analyse de la bibliographie peut comprendre les descriptions d'expérimentations et d'essais qui peuvent aussi être appliquées au cas spécifique de l'investigateur. Les « accès » à la littérature scientifique peuvent couvrir les bases de données internet, les bibliothèques techniques, les monographies, et les compilations de données physico-chimiques. L'investigateur devrait prendre en considération la validité de l'information disponible dans la littérature.

18.6.4.2 Principes fondamentaux de la science. Une hypothèse de cause d'incendie est réfutée si elle est contraire aux lois fondamentales de la physique ou de la thermodynamique. L'eau ne brûle pas – une hypothèse posant comme postulat l'inflammation de l'eau serait nécessairement fausse.

18.6.4.3 Expérimentations ou essais réels. On peut réaliser des essais pour évaluer une hypothèse de cause d'incendie. Il faut faire attention de développer un protocole expérimental susceptible de produire des résultats fiables et applicables au sinistre incendie ou explosion auquel on s'intéresse. Pour des informations plus détaillées, voir la section sur les essais feu dans le chapitre sur l'analyse des défaillances et les outils d'analyse.

18.6.4.4 Expérimentations cognitives. Lors d'une expérimentation cognitive, on fait une supposition et on l'évalue par rapport aux données. Une expérimentation cognitive est par exemple, « si on suppose que la porte était ouverte pendant l'incendie et qu'on constate que les gonds portent des traces de type miroir, alors le postulat ne peut pas être retenu. Pour plus d'informations voir le chapitre sur les principes de la méthodologie.

18.6.4.5 Chronologies. Lorsque l'on souhaite évaluer une hypothèse de cause d'incendie, la chronologie peut être un bon discriminant en déterminant si un scénario de départ de feu est cohérent avec les données existantes concernant la chronologie des évènements.

18.6.4.6 Arbre des défaillances. On peut utiliser l'arbre des défaillances pour évaluer la potentialité d'une cause d'incendie formulée en tant qu'hypothèse. On construit un arbre de défaillances en décomposant un évènement en composants causals. On intègre ensuite ces composants dans une séquence logique d'évènements ou de conditions nécessaires à l'occurrence de l'évènement étudié. Si les conditions ou la séquence ne correspondent pas à la réalité, alors l'hypothèse est écartée.

18.6.4.7 Autres techniques. Les autres techniques et outils décrits dans le chapitre sur l'analyse des défaillances et les outils d'analyse peuvent être utiles pour l'évaluation des hypothèses.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

18.6.5* Mise en œuvre incorrecte du processus d'élimination. La méthode qui consiste à déterminer la source d'ignition d'un incendie, en éliminant successivement toutes les sources d'ignition dont on pense, sait, ou croit qu'elles ont pu être présentes dans la zone d'origine du feu, puis en disant qu'une telle méthode permet d'établir la preuve d'une source d'ignition pour laquelle il n'existe aucune trace de son existence, est qualifiée par certains investigateurs de « corpus négatif ». Ce corpus négatif est typiquement utilisé pour qualifier certains incendies de volontaires, bien que cette méthode soit aussi mise en œuvre pour caractériser certains incendies classés comme accidentels. Cette façon de procéder qui ne respecte pas les principes d'une approche scientifique, est incorrecte, et ne devrait pas être utilisée car elle conduit à formuler des hypothèses qui ne peuvent pas être évaluées, et peut aboutir à une détermination erronée de la source d'ignition et du premier combustible enflammé. Toute hypothèse en rapport avec les facteurs causals (c'est-à-dire le premier combustible enflammé, la source d'ignition, et la chronologie d'inflammation), doit s'appuyer sur des faits. Ces faits sont établis à partir des traces laissées par l'incendie, des constats, des calculs, des essais, et des lois de la physique. Aucune spéculation ne peut être prise en compte dans l'analyse.

18.6.5.1 Cause indéterminée. Lorsque toutes les causes d'incendie envisagées ont été écartées et qu'il ne reste à l'investigateur aucun scénario accrédité par des faits, le seul choix possible pour cet investigateur est de conclure que la cause, ou certains facteurs liés à la cause demeurent indéterminés. On ne peut pas baser un scénario sur l'absence de traces ou de preuves (voir le 11.5.2, Types d'indices). Cela signifie, qu'on ne doit pas conclure à une source d'ignition qui n'est étayée par aucune trace ou élément de preuve même si toutes les autres sources d'ignition envisagées ont pu être écartées.

18.6.5.2* Source d'ignition et cause d'incendie. L'investigateur devrait garder en mémoire qu'on définit la cause d'un incendie comme étant « les circonstances, les conditions, ou la configuration qui ont réuni un combustible, une source d'ignition et un comburant (comme de l'air ou de l'oxygène) aboutissant à un incendie ou à une combustion explosive » (voir le chapitre des définitions, cause d'incendie). L'identification de la source d'ignition et du premier combustible enflammé ne suffit pas à définir la cause. Pour déterminer la cause de l'incendie et la chronologie d'inflammation, il faut que le scénario envisagé prenne en compte la relation entre la capacité de mise à feu de la source d'ignition et l'inflammabilité du premier combustible enflammé. Il faudrait que l'investigateur détermine si la source d'ignition envisagée est suffisante pour mettre le feu au premier combustible enflammé (voir le 18.4.2, Analyse de la source d'ignition).

18.7 Sélection de l'hypothèse finale. Après avoir évalué les hypothèses sur la « cause » de l'incendie, l'investigateur devrait passer en revue l'ensemble du processus, afin de s'assurer que toutes les données crédibles ont été prises en compte et que toutes les hypothèses alternatives crédibles relatives à la cause ont été examinées et écartées. Lors de la mise en œuvre d'une approche scientifique, un défaut de prise en compte des hypothèses alternatives constitue une erreur sérieuse. Les investigateurs incendie se doivent de répondre à la question critique, « Existe-t-il d'autres hypothèses compatibles avec les données ? ». Il faudrait que l'investigateur fournisse les enregistrements des éléments et faits qui étayent la détermination de la cause et l'exclusion de toutes les autres causes raisonnablement envisageables.

18.7.1 Établissement de la cause. Bien que le mot « cause » appartienne à une terminologie courante, il est important de rappeler que l'investigateur devrait expliciter la cause en termes de source d'ignition capable de fournir suffisamment d'énergie pour enflammer le premier combustible en jeu, et de circonstances qui les ont réunis. Il faudrait faire mention des combustibles impactés après le premier combustible, ceci est particulièrement vrai lorsque le premier combustible appartient à la source d'ignition, comme dans un appareil. Dans ce genre de situation, les combustibles qui suivent, peuvent être ceux qui sont localisés à proximité de l'équipement d'où le feu est parti.

18.7.2 Données incohérentes. Il n'est pas courant que toutes les données soient totalement cohérentes vis à vis de l'hypothèse retenue. Il faudrait analyser chaque élément d'information sur le plan de sa valeur et de sa fiabilité. Dans une analyse toutes les données n'ont pas la même valeur. Il arrive fréquemment que certaines analyses ou témoignages produisent des données qui semblent incohérentes. Il faudrait mettre en évidence les données incohérentes et comprendre pourquoi. Des informations incomplètes peuvent rendre cette tâche difficile voire impossible. S'il n'est pas possible de résoudre les questions d'incohérence, alors il faudrait réévaluer l'hypothèse de la cause.

18.7.3 Dispositifs et équipements de sécurité. Les dispositifs et équipements de sécurité sont en général conçus et construits pour empêcher qu'un feu prenne naissance ou se développe. Dans la détermination de la cause, il faudra prendre en compte l'action de ces dispositifs de sécurité.

18.7.4 Cause d'incendie indéterminée. Le niveau de qualité de la conclusion ne peut que refléter celui des données exploitées pour aboutir à cette conclusion. Lorsque le niveau de certitude de la conclusion n'est que « possible » ou « envisageable », la cause d'incendie ne peut pas être établie et devrait alors être classée en « indéterminée ». L'avis sur le degré de certitude des données recueillies au cours des investigations ou des hypothèses tirées de l'analyse des données est de la responsabilité de l'investigateur.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 19 Analyse de l'évènement pour la détermination de la cause et de la responsabilité.

19.1* Généralités.

19.1.1 L'objectif poursuivi, lors des investigations menées sur les incendies et les explosions, est souvent plus large que la simple détermination de la cause. Le but de toute investigation après sinistre est de parvenir à une conclusion satisfaisante, sur les caractéristiques et les conditions d'un incendie ou d'une explosion, ayant entraîné des décès, des blessures, des dommages aux biens ou toute autre conséquence indésirable. Ces caractéristiques peuvent être regroupées à l'intérieur des quatre rubriques suivantes ;

(1) *La cause de l'incendie ou de l'explosion.* Cette rubrique couvre l'analyse des circonstances, des conditions, ou des facteurs, qui ont permis la réunion, d'un combustible, d'une source d'ignition et d'un comburant (tel que l'oxygène de l'air), conduisant à un feu ou à une combustion explosive.

(2) *La cause des dommages aux biens, consécutivement à l'évènement.* Cette rubrique couvre l'analyse des facteurs responsables de la propagation du feu et de l'étendue des dégâts, y compris l'adéquation de la protection incendie, la résistance du bâtiment, et la contribution des produits et des matériaux à la propagation des flammes et des fumées.

(3) *La cause des décès et des blessés.* Cette rubrique couvre les éléments concernant la protection des personnes tels que l'adéquation des systèmes d'alarme, un nombre suffisant d'issues de secours ou de compartiments protégés, la contribution des matériaux émettant des produits toxiques, susceptibles de causer des décès, et les causes des blessures ou des décès survenus parmi les pompiers.

(4) *Le degré de contribution d'un comportement humain fautif à une ou plusieurs des causes évoquées en (1), (2), et (3).* Cette rubrique couvre la contribution du facteur humain à la cause ou à la propagation du feu ou aux atteintes aux personnes ; blessures ou décès. Elle englobe les actions et les omissions qui ont contribué à une perte (responsabilité), telles que l'incendie volontaires et la négligence.

19.1.2 On peut regrouper les causes d'un incendie ou les causes des dommages ou des atteintes aux personnes, en grandes catégories ; pour une approche générale, pour la mise en cause au civil ou au pénal, ou pour rendre compte. Les systèmes d'information ou les organisations officielles, peuvent être sensiblement différents au niveau ; local, de l'État ou fédéral ; ces systèmes devraient s'appliquer selon les exigences propres.

19.2 La cause de l'incendie ou de l'explosion.

Déterminer la cause d'un incendie implique d'identifier les circonstances et les facteurs nécessaires à l'éclosion du feu. Ces circonstances et ces facteurs, comprennent sans s'y limiter : les dispositifs ou les équipements concernés par le départ de feu, la présence d'une source d'ignition suffisante, la nature et la configuration des matériaux, qui ont pris feu en premier, et les circonstances ou les actions entreprises par les personnes, qui ont permis la réunion des différents facteurs amenant à l'éclosion du feu. Un investigateur unique ne peut pas être responsable ou être engagé pour traiter toutes ces questions.

19.2.1 Classement de la cause. Le classement de la cause d'incendie peut être utilisé pour la mise en cause *(voir la Section 18.6)*, à des fins informatives, ou pour alimenter des statistiques. Les différentes juridictions peuvent en donner des définitions variables, qui devraient s'appliquer selon leurs exigences propres. La cause d'un incendie peut être classée en ; accidentelle, naturelle, volontaire, ou indéterminée. L'utilisation du terme *suspect* ne constitue pas une description suffisamment précise de la cause du feu. Le soupçon fait référence à un niveau de preuve, ou à un niveau de certitude, et pas à une classe de cause de feu. Le soupçon ne correspond pas à un niveau de preuve suffisant pour déterminer une cause dans le cadre de ce guide. Ce terme devrait être évité. Les incendies pour lesquels le niveau de certitude sur la cause est ; possible ou envisageable, ou pour lesquels il n'existe que des soupçons, devraient être classés en indéterminé. Déterminer la cause d'un feu et classer un sinistre en fonction de sa cause sont deux processus séparés, qu'on ne devrait pas confondre l'un avec l'autre. *(Voir la Section 18.6.)*

19.2.1.1 Cause accidentelle. Les feux accidentels comprennent ceux, pour lesquels la cause démontrée ne concerne pas une action humaine intentionnelle pour mettre le feu, ou propager le feu dans une zone où il n'aurait pas dû se propager. Lorsque le caractère intentionnel ne peut pas être déterminé ou démontré à un niveau de certitude acceptable, le classement approprié est indéterminé. *(Voir la Section 18.6.)* Dans la plupart des cas, le classement sera sans ambiguïté, mais certains incendies volontaires peuvent parfois se retrouver classés en accidentel. Par

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

exemple, sur un plan légal, un feu d'ordures pourrait se propager, à cause d'une brusque rafale de vent. La propagation était accidentelle même si le feu a été allumé volontairement.

19.2.1.2 Cause naturelle. Les causes naturelles comprennent les feux, dont le départ n'est pas lié à une action ou à une intervention humaine directe, tels que les feux consécutifs à un orage, à un tremblement de terre, ou au vent.

19.2.1.3 Cause volontaire. Un incendie volontaire est allumé intentionnellement dans des circonstances, pour lesquelles une personne sait pertinemment que le feu n'aurait pas démarré seul. Lorsque le caractère intentionnel de l'action d'une personne ne peut pas être déterminé ou démontré à un niveau de certitude acceptable, le classement approprié est indéterminé. *(Voir la Section 18.6.)*

19.2.1.4 Cause indéterminée. Lorsque la cause ne peut pas être démontrée à un niveau de certitude acceptable, le classement approprié est indéterminé. *(Voir la Section 18.6.)*

(A) Les incendies ayant une cause indéterminée comprennent les incendies, qui n'ont pas encore fait l'objet d'investigations, ou ceux qui ont été examinés, ou qui sont en cours d'examen, et pour lesquels on dispose d'informations insuffisantes pour les classer autrement. Cependant, il arrive que l'enquête demeure ouverte sur un sinistre et que la cause puisse être déterminée ultérieurement, sur la base de nouvelles informations, ou de la découverte de nouveaux éléments.

(B) Dans le cas, où l'investigateur n'arrive pas à identifier la source d'ignition, il n'est pas toujours nécessaire de classer ce feu comme indéterminé *(voir 18.2.5)*. Lorsque les indices matériels permettent d'établir un facteur, tel que la mise en œuvre d'un accélérant, cet indice peut suffire à classer l'affaire en incendie volontaire même si d'autres facteurs, tels que la source d'ignition, ne peuvent pas être identifiés. En l'absence d'indices matériels sur la source d'ignition, la détermination du classement de la cause peut être plus difficile à justifier. Aussi, les investigateurs devraient s'efforcer à demeurer objectifs tout au long des opérations d'investigation.

19.3 La cause des dommages aux biens, consécutivement à l'évènement.

19.3.1 Les éléments, qui suivent, peuvent être utiles pour établir la cause des dommages aux biens. Ces facteurs se divisent en deux catégories majeures ; les dommages causés par la propagation du feu et de la fumée et les autres types de dommages.

19.3.2 Propagation Feu/Fumée. Les dommages causés par le feu ou par ses effluents peuvent être modulés en fonction des éléments qui suivent ;

(1) *Compartimentage.* Efficacité ou échec à confiner le feu et la fumée par des dispositions constructives ou par la mise en place de moyens de protection passifs spécifiques.

(2) *Modification activité/risque.* Modification par rapport à la situation initiale en matière de conception et d'exploitation ; passage d'un risque faible à un risque plus important, sans réalisation des changements appropriés au niveau de la protection incendie, de la résistance du bâtiment ou des moyens d'évacuation.

(3) *Détection/systèmes d'alarme.* Échec à avertir efficacement et dans un délai donné de l'occurrence d'un incendie, menant à un retard au niveau de la détection ou de l'alarme.

(4) *Comportement humain.* Comprend les actes intentionnels ou non et les négligences du fait des personnes.

(5) *Modes d'extinction.* L'échec d'un système d'extinction, protégeant un bâtiment, à contrôler ou à maîtriser le feu et la façon dont sont menées les opérations d'extinction, peuvent aussi constituer des facteurs ayant un impact sur le développement et la propagation du feu.

(6) *Charge calorifique.* La nature, la quantité, et la configuration des combustibles ont une influence sur le développement et la propagation du feu.

(7) *Nettoyage.* Un nettoyage mal fait peut contribuer aux dommages causés par le feu en fournissant du combustible, sous une forme plus facilement inflammable, et peut permettre une propagation du feu et des fumées plus rapide. Un défaut de rangement peut aussi être la cause d'accès encombrés, vis à vis des services de secours, au cours de l'intervention.

(8) *Ventilation.* Les opérations de désenfumage, menées par les pompiers, le chauffage et la climatisation, et les portes et fenêtres ouvertes peuvent avoir un effet sur la croissance du feu. La ventilation peut aussi entraîner le déplacement des fumées et des gaz chauds à l'intérieur des locaux ou entre locaux.

(9) *Non-respect de la réglementation.* Le non-respect de la réglementation incendie et des normes peut augmenter ou créer des dommages (par ex. laisser les portes coupe-feu ouvertes ou percer les murs coupe-feu).

(10) *Défaillance du bâtiment ou de ses équipements.* La défaillance d'un constituant du bâtiment ou d'un système (énergie et fluides, protection incendie, compartimentage, etc.) peut augmenter les dommages en permettant ou en causant la propagation du feu et de ses effluents, en fournissant des combustibles supplémentaires, ou en gênant l'extinction.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

19.3.3 Autres dommages. Les autres dommages consécutifs à un incendie recouvrent ; la perte de l'alimentation en énergie ou en fluide, les dommages dus aux intempéries, la corrosion, les dégâts des eaux, les moisissures, et les vols.

19.4 La cause des atteintes aux personnes.

(Voir le Chapitre 10 et le Chapitre 23.)

19.4.1 Propagation Feu/Fumée. Les éléments, qui suivent, peuvent être utiles pour établir la cause des décès ou des blessures consécutifs à l'incendie.

(1) *Toxicité.* Décès ou blessures consécutifs à l'exposition aux produits de combustion.

(2) *Matières dangereuses.* Décès ou blessures consécutifs, à l'exposition à des matières dangereuses, émises du fait d'un incendie ou d'une explosion, mais sans relation avec les produits de combustion.

(3) *Compartimentage.* Victimes consécutivement à une conception inadaptée ou à une faible efficacité des dispositions de compartimentage.

(4) *Modification activité/risque.* Modification par rapport à la situation initiale en matière de conception et d'exploitation ; passage d'un risque faible à un risque plus important sans réalisation des changements appropriés ; au niveau de la protection incendie, de la résistance du bâtiment ou des moyens d'évacuation.

(5) *Détection/systèmes d'alarme.* Échec à avertir efficacement et dans un délai donné, de l'occurrence d'un incendie, menant à un retard au niveau de la détection ou de l'alarme ou à une alarme inefficace.

(6) *Comportement humain.* Comportement humain ayant entraîné des victimes ; peut comprendre l'incapacité à réagir, la réaction inapproprié à une alarme, ou le délai d'évacuation *(voir le chapitre 10)*.

(7) *Modes d'extinction.* La défaillance du système de protection incendie du bâtiment, à contrôler ou à maîtriser le feu, ainsi que les opérations d'extinction sont également susceptibles de jouer un rôle sur les atteintes aux personnes.

(8) *Nettoyage.* Un nettoyage mal fait peut contribuer aux atteintes aux personnes par le feu, en fournissant du combustible, sous une forme plus facilement inflammable et peut permettre une propagation du feu et des fumées plus rapide. Un défaut de rangement peut aussi être la cause d'accès encombrés vis à vis des services de secours, au cours de l'intervention et vis à vis de l'évacuation des personnes.

(9) *Charge calorifique.* La nature, la quantité, et la configuration des combustibles ont une influence sur le développement et la propagation du feu.

(10) *Ventilation.* Les opérations de désenfumage menées par les pompiers, le chauffage et la climatisation, et les portes et fenêtres ouvertes, peuvent avoir un effet sur la croissance du feu. La ventilation peut aussi entraîner le déplacement des fumées et des gaz toxiques à l'intérieur des locaux, mettant en danger les occupants.

(11) *Non-respect de la réglementation.* Le non-respect de la réglementation incendie et des normes, peut augmenter ou créer des dangers (par ex. dépasser le nombre autorisé de personnes).

(12) *Issues de secours/refuge.* L'impossibilité pour les occupants, à s'échapper ou à trouver un refuge, du fait d'une conception inadaptée, de l'installation, de la maintenance, du fonctionnement, ou du non-respect de la réglementation peut augmenter le risque potentiel, de blessés et de morts.

(13) *Défaillance du bâtiment ou de ses équipements.* La défaillance d'un constituant du bâtiment ou d'un système (énergie et fluides, protection incendie, compartimentage, etc.) peut augmenter le danger, en permettant ou en causant la propagation du feu et de ses effluents, en fournissant des combustibles supplémentaires, ou en gênant l'extinction. La défaillance ou l'effondrement peuvent, en eux-mêmes, causer des blessés et des morts.

(14) *Actes intentionnels.* La plupart des circonstances, évoquées ci-avant, peuvent résulter d'actes intentionnels, avec ou non l'intention de provoquer, des blessés et des décès.

19.4.2 Plan d'urgence. Échouer à préparer correctement, tester, et faire appliquer un plan d'urgence adapté, peut entraîner des victimes.

19.5 Détermination des responsabilités.

Après avoir déterminé ; l'origine, la cause et le mode de développement d'un incendie ou d'une explosion, l'investigateur incendie peut avoir la mission de réaliser une analyse des défaillances et déterminer les responsabilités. La détermination des responsabilités sert à améliorer la réglementation et les normes et la sécurité incendie et permet des actions en justice au niveau civil ou pénal.

19.5.1 Nature des responsabilités. La responsabilité d'un incendie ou d'une explosion peut résulter d'une action ou d'une omission. Il peut s'agir de quelque chose qui a été fait, accidentellement ou intentionnellement, et qui, au final, a déclenché le feu ou l'explosion, ou il

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

peut s'agir d'une défaillance humaine à corriger ou à empêcher la survenue des circonstances qui ont causé le sinistre, la propagation du feu et des fumées, les atteintes aux personnes, ou les dommages. La responsabilité d'un feu ou d'une explosion peut être recherchée, quelle que soit le classement de l'évènement ; naturel, accidentel, volontaire, ou indéterminé. La responsabilité peut être attribuée, à une personne physique responsable ou à une autre entité, pour négligence, comportement imprudent, fiabilité d'un produit, incendie volontaire, non-respect de la réglementation ou des normes, ou tout autre motif.

19.5.2 Définition de la responsabilité. Être responsable d'un incendie ou d'une explosion, pour une personne ou une entité, signifie que celle-ci a joué un rôle dans la survenue de l'évènement ou de l'enchaînement d'évènements, qui ont causé le feu ou l'explosion, propagé l'incendie, et entraîné des blessures, des décès, ou des dommages aux biens.

19.5.3 Analyse de la responsabilité. Alors qu'il appartient, en général, à la justice de trancher sur les responsabilités, et de condamner pour défaut de fiabilité ; à des mesures pour y remédier, à des dommages et intérêts, ou à une peine, il appartient à la personne qui réalise l'analyse d'identifier les responsabilités, afin que la sécurité incendie puisse être améliorée, que les lois soient appliquées, ou que le litige puisse être réglé.

19.5.4 Niveaux de responsabilité. Une série ou un enchaînement d'évènements ou de circonstances est souvent à l'origine d'un incendie ou d'une explosion, de leur propagation, des victimes et des dommages qui en résultent. Une analyse de défaillance montre souvent qu'une modification sur une ou plusieurs des circonstances, actions, ou omissions aurait pu empêcher ou minimiser l'évènement. Ainsi, les responsabilités peuvent peser sur plus d'une personne ou d'une entité. Dans de telles situations l'analyse peut conduire à des niveaux de responsabilité différents.

Chapitre 20 Analyse des défaillances et outils d'analyse

20.1* Introduction.

Ce chapitre recense les méthodes disponibles, susceptibles d'aider l'investigateur à l'analyse d'un phénomène d'incendie/d'explosion. Les outils supplémentaires, nécessitant une expertise particulière, sont aussi présentés. Ces méthodes sont utilisables, afin d'analyser les incendies, quelle que soient leur taille ou leur complexité. Dans la plupart des cas, ces méthodes sont mises en œuvre, pour organiser les informations recueillies lors des enregistrements effectués sur site, sous une présentation rationnelle et logique. Elles peuvent aussi être utilisées, afin d'identifier les aspects de l'enquête, nécessitant des informations supplémentaires, et ce sur quoi les travaux à venir, devraient porter.

20.2 Chronologie.

20.2.1 Généralités. Une chronologie est une représentation graphique ou littéraire d'évènements relatifs, à un incendie, rangés par ordre chronologique.

20.2.1.1 Les évènements rapportés, dans une chronologie, peuvent s'être produits avant, pendant, ou après l'incendie. Cet outil d'investigation peut permettre, de montrer les relations entre les évènements, d'identifier les trous ou les incohérences au niveau des informations et des sources, d'apporter une aide pour l'interview des témoins, et plus largement d'aider à l'analyse et aux investigations concernant le sinistre. Une chronologie sous forme graphique est utile, en tant qu'outil démonstratif. La valeur d'une chronologie dépend de la précision des informations, qui ont été utilisées pour la réaliser.

20.2.1.2 Évaluer l'étendue ou les caractéristiques de l'incendie, est en général intéressant pour l'établissement d'une chronologie. Sur la base des outils de la dynamique du feu, *(voir le 20.4.8)*, les caractéristiques de l'incendie peuvent être mises en relation avec certains évènements spécifiques. S'il existe suffisamment d'évènements, il peut être possible d'évaluer l'allure de la courbe de puissance du feu, à minima pour les toutes premières phases de l'incendie.

20.2.1.2.1 Par exemple, l'observation de la hauteur des flammes par rapport à des objets de hauteur connue, peut être exploitée pour évaluer

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

la puissance du feu. Étant donné les caractéristiques des réponses des détecteurs et des sprinkleurs, on peut estimer la taille du feu au moment du déclenchement de ces équipements. Lorsque le temps de déclenchement est enregistré sur un tableau de signalisation ou est déporté sur un service central de gestion des alarmes, l'évaluation de la taille du feu dans la zone du bâtiment où l'alarme s'est déclenchée, peut faire partie intégrante de la chronologie. Lorsque le système de détection ou d'extinction couvre de multiples zones, le temps de déclenchement dans chaque zone peut être utilisé pour suivre la propagation du feu à travers le bâtiment et les évènements correspondants peuvent être ajoutés à la chronologie. Si on peut estimer la puissance pour quelques points au cours du temps, on peut en déduire une courbe de puissance envisageable, qui peut servir à évaluer différentes hypothèses de scénarios de cause et de croissance pour un incendie donné.

20.2.1.2.2 On peut aussi utiliser l'ingénierie du feu pour estimer les délais d'occurrence de certains évènements importants, lorsque les témoignages visuels ou les données brutes sur les délais, sont limités. Ces évènements concernent, par exemple, la mise à feu de combustibles additionnels, le déclenchement des détecteurs, le flashover, le bris de vitres, la propagation à des locaux voisins, et l'incapacitation ou le décès des occupants. Il est vrai que ces outils d'analyse ont des limites, et que les données d'entrée nécessaires aux calculs sont entachées d'incertitudes. Aussi, il peut être nécessaire de positionner les caractéristiques du feu et les évènements afférents dans une chronologie en termes d'intervalles de temps (par ex. flashover entre 10 :46 et 10 :48) plutôt qu'à un instant précis (par ex., 10 :46).

20.2.1.3 Pour établir une chronologie, il est nécessaire d'y faire figurer le moment où les évènements ou les actions se sont produits. En attribuant un temps à un évènement ou à une action, il est important d'indiquer le niveau de confiance que l'investigateur accorde à ce temps. Une façon de répondre à cet objectif est de distinguer les données de temps brutes (données réelles) et les données de temps estimées (évalués ou relatives).

20.2.2 Données de temps brutes (réelles).

20.2.2.1 Les données de temps brutes correspondent à un point particulier au cours du temps, directement ou indirectement relié à une horloge ou à un système de mesure du temps fiable et de précision connue. Il arrive qu'il n'y ait aucune donnée brute dans une chronologie. On peut obtenir des données de temps brutes auprès des différentes sources suivantes ;

(1) Le standard téléphonique ou les enregistrements radio des services de secours

(2) Le standard téléphonique ou les enregistrements radio de la police

(3) Les rapports des services médicaux d'urgence

(4) Les enregistrements des systèmes d'alarme (sur site, au niveau d'un central délocalisé, auprès d'un télésurveilleur, etc.)

(5) Les rapports des organismes de contrôle

(6) Les rapports des services de santé

(7) Les rapports des services incendie

(8) Les enregistrements des compagnies d'électricité, de gaz ou d'eau (maintenance/ alarmes/dépannage)

(9) Les vidéos ou les photos privées (à vérifier avec les magasins photos/vidéo locaux)

(10) La couverture médiatique (les photographes des journaux, la radio, la télévision, les magazines)

(11) Les horloges (réveils, pointeuses, horloges des systèmes de sécurité, adoucisseurs d'eau, arroseurs automatiques)

(12) Les bulletins météorologiques (météorologie nationale, aéroports, météorage)

(13) Les enregistrements réalisés par le propriétaire ou le locataire actuel et/ou précédent (maintenance par ex.)

(14) Les entretiens avec les témoins

(15) Les alarmes informatisées des services de secours, les enregistrements audio, et les transcriptions

(16) Les permis de construire ou les autorisations pour l'installation de certains systèmes

20.2.2.2 Toutes les horloges et systèmes de mesure du temps ne sont pas forcément synchronisés. Les écarts entre les différentes horloges devraient être enregistrés et les ajustements devraient être effectués si nécessaire.

20.2.3 Données de temps estimées (évaluées).

20.2.3.1 Les données de temps estimées peuvent ; soit être évaluées soit être relatives. Les *temps relatifs* correspondent à l'ordre chronologique d'évènements ou d'actions, déterminé par rapport à d'autres évènements ou actions. *Les temps évalués* correspondent à des estimations obtenues à partir d'informations ou de calculs. Ces temps peuvent être absolus ou relatifs par rapport à d'autres évènements ou actions. Les temps relatifs ou évalués peuvent souvent, être estimés, avec un degré de

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

précision connu. Par exemple, ils peuvent être liés à deux évènements connus, ou être situés à l'intérieur d'une fourchette de temps. Il peut être souhaitable de les situer dans intervalle de temps plutôt que d'en donner une valeur unique.

20.2.3.2 Par nature, les temps relatifs peuvent être très subjectifs. Le concept du temps écoulé varie selon les individus et selon le stress causé par l'évènement. Il est important que les témoins soient aussi précis que possible. On peut leur demander de se référer à leurs actions et à leurs observations, les unes par rapport aux autres, et par rapport à d'autres évènements. Tous les temps relatifs sont basés sur une estimation. On peut avoir des évènements pour lesquels le temps évalué ne peut pas être relié à une donnée de temps brute mais qui sont, cependant, intéressants au niveau de l'analyse. On parle alors de *temps évalué*. Les temps relatifs ou évalués sont généralement fournis par les témoins.

20.2.3.3 Les sources potentielles de temps estimés recouvrent celles des données de temps brutes énumérées au 20.2.2.1, ainsi que les estimations que l'on peut faire sur la réalisation d'une action ou l'occurrence d'un évènement.

20.2.4 Évènements repères. Certains évènements sont particulièrement intéressants car ils constituent des évènements de base dans la chronologie, ou car ils sont en relation étroite avec la cause, la détection, ou l'extinction d'un incendie. On les appelle des *évènements repères*. Un évènement repère est, par exemple, le temps d'alerte ou le temps d'arrivée sur place des services de secours, tels qu'enregistrés sur les rapports des services incendie. L'effondrement d'un toit, le bris d'une vitre ou une explosion constituent d'autres exemples d'évènements repères.

20.2.5 Chronologies multiples. Il est tout à fait envisageable que deux ou trois chronologies soient nécessaires pour évaluer et enregistrer de manière satisfaisante ; l'enchaînement des évènements qui ont concouru à l'éclosion du feu, l'incendie en lui-même et les actions entreprises après le sinistre. On peut qualifier ces chronologies de *macro* et de *micro*.

20.2.5.1 Une analyse macro des évènements peut démarrer sur des actions réalisées des mois avant l'incendie et se terminer avec la démolition du bâtiment. Pour illustrer, prenons l'exemple de travaux de rénovation qui ont endommagé l'installation électrique d'un bâtiment, et qui peuvent constituer la cause de l'incendie.

20.2.5.2 Une analyse micro se focalise sur des espaces de temps, inclus dans la chronologie globale, et qui présentent un intérêt particulier pour l'investigateur. Il peut s'agir, par exemple, de l'analyse d'évènements, s'étant produits juste avant le départ de feu, au cours des premières tentatives d'extinction, au cours de la croissance du feu, ou entre l'inflammation et l'extinction.

20.2.5.3 On peut présenter des chronologies en parallèle, pour montrer deux voire plusieurs séries d'évènements. L'objectif d'une représentation de ce type, peut être de montrer, qu'il existe ou non des relations entre ces enchaînements d'évènements.

20.2.5.4 Il existe différents outils, permettant de représenter une chronologie. Bien qu'une chronologie basique puisse être établie à l'aide d'un papier et d'un crayon, il existe des logiciels allant des produits les plus simples jusqu'à des outils de planification sophistiqués. La figure 20.2.5.4 présente un exemple de chronologie simple où les données brutes de temps, les temps estimés et les temps repères ne sont pas mentionnés ; de même la relation temporelle entre les évènements n'y figure pas.

20.2.5.5 Chronologie avec échelle de temps. Une chronologie avec échelle de temps représente une liste d'évènements, dans un ordre chronologique, et sur une échelle en fonction du temps. Les évènements, qui sont proches les uns des autres, dans le temps, figurent les uns à côté des autres, sur le graphique, alors que les évènements qui sont distants dans le temps, sont représentés, éloignés sur le graphique ; la chronologie respecte une échelle définie, c'est à dire un rapport entre le temps et la longueur sur le graphique. Voir la figure 20.2.5.5. En outre, sur la figure 20.2.5.5 les données brutes de temps sont représentées au dessus de l'échelle de temps tandis que les temps estimés figurent au-dessous. Sur la figure 20.2.5.5 les données brutes de temps comprennent lorsque John Doe a pointé au travail, ainsi que le temps auquel l'alarme a été transmise et le temps d'arrivée des services de secours, tous ces temps correspondant à des temps connus. Sur la figure 20.2.5.5 les temps estimés comprennent les temps correspondant au départ de feu, au déclenchement de la détection incendie, et au flashover déterminés à partir de la mise en œuvre de logiciels de calculs, ainsi que le temps auquel le premier témoin a pris conscience du feu.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

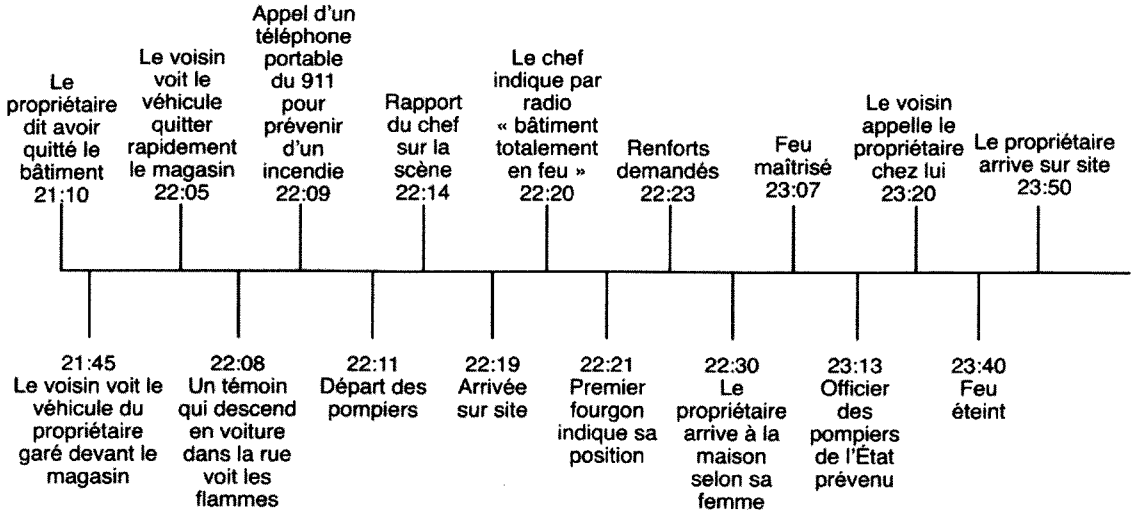


FIGURE 20.2.5.4 Présentation d'une chronologie simple.

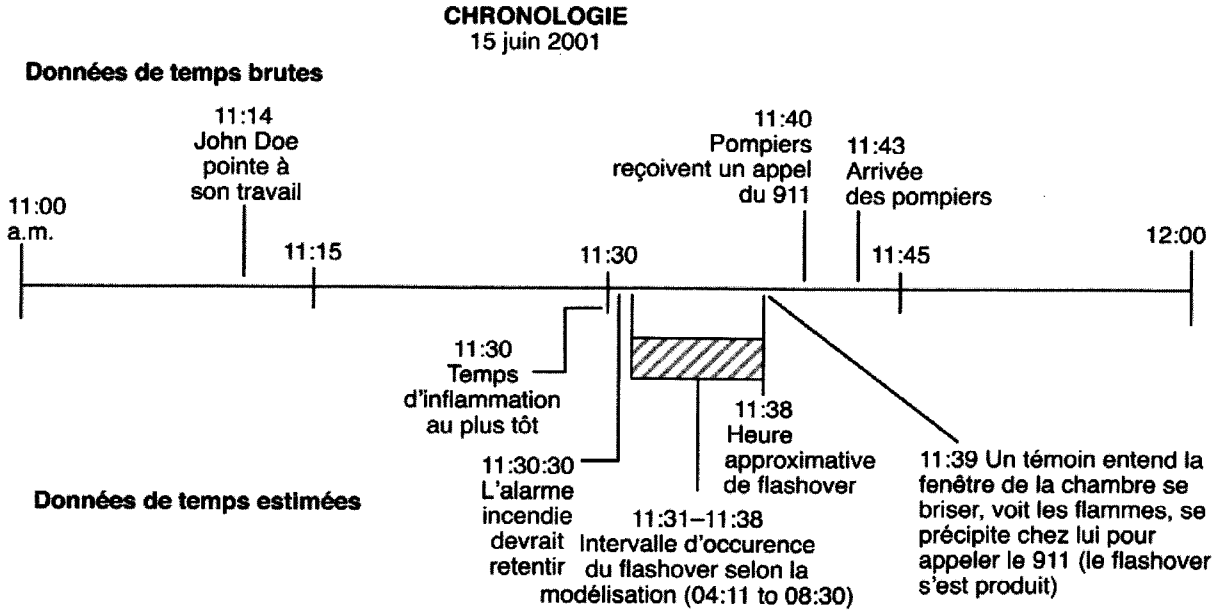


FIGURE 20.2.5.5 Exemple de chronologie avec une échelle de temps (présentant les données brutes de temps au dessus de la ligne et les temps estimés ou évalués au-dessous).

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

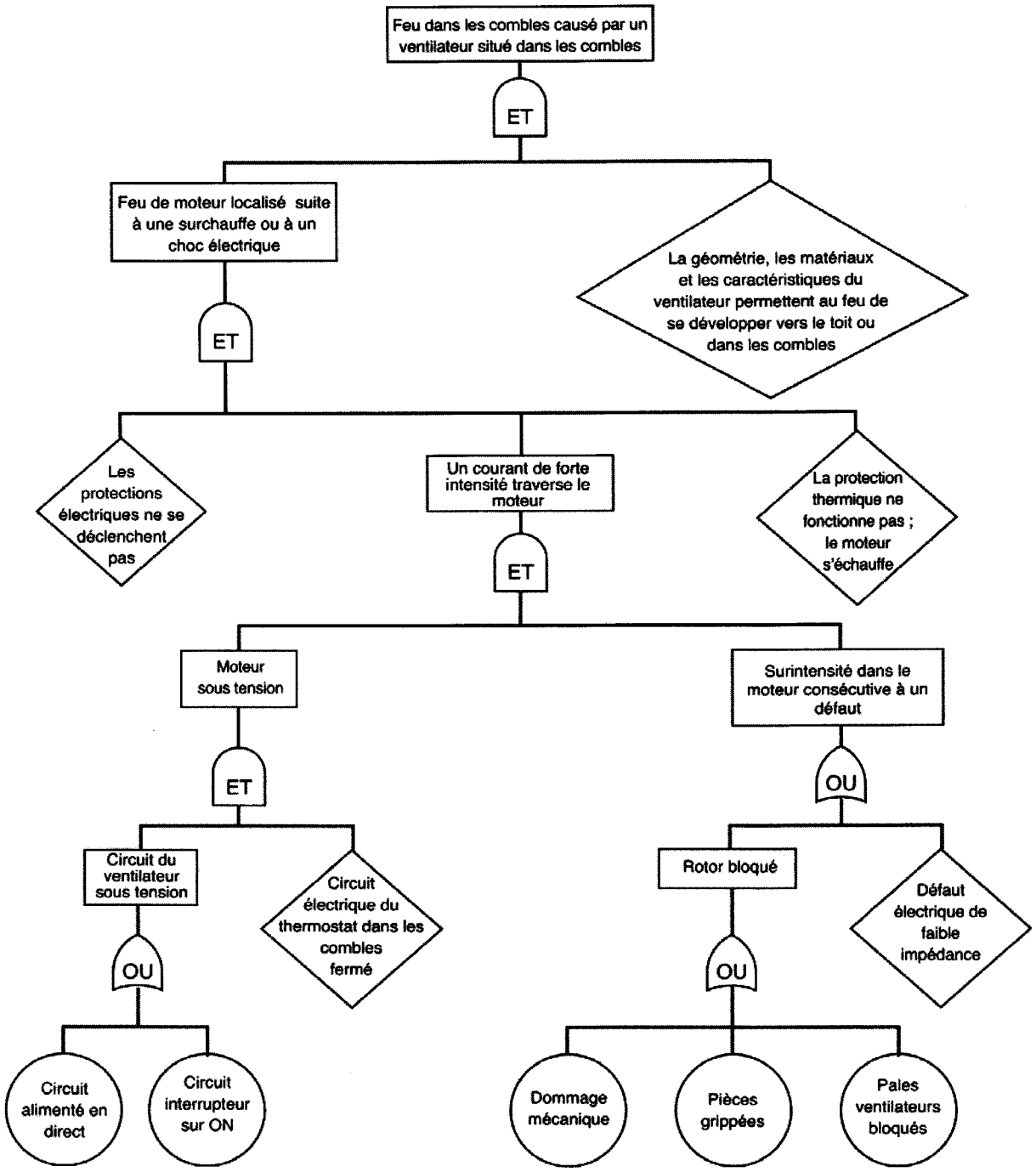


FIGURE 20.3.1.1 Arbre des causes présentant une combinaison de portes « et » et « ou ».

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

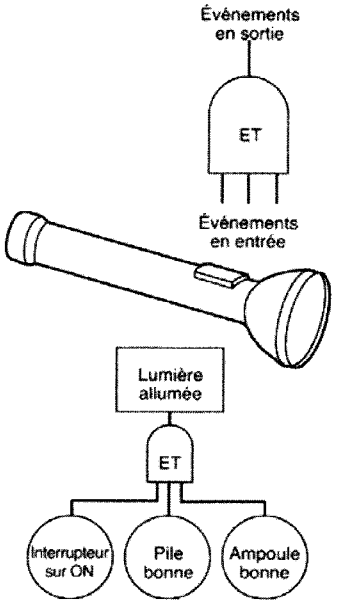


FIGURE 20.3.1.2 Exemple d'arbre des causes avec des portes « et ».

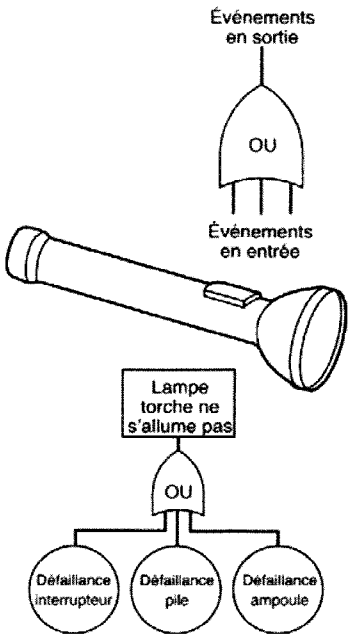


FIGURE 20.3.1.3 Exemple d'arbre des causes avec des portes « ou ».

20.3 Analyse des systèmes.

Les techniques d'analyse des systèmes constituent des outils importants, permettant de savoir quand et comment utiliser l'ingénierie et la modélisation. Ces méthodes, développées pour l'analyse de la sécurité des systèmes, comprennent ; l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets, l'arbre des causes, la méthode HAZOP, et la méthode What-if. Ces outils constituent des méthodes systématiques, d'analyse des systèmes, permettant de définir les risques et leurs effets ainsi que les défaillances. Ces outils peuvent être qualitatifs ou quantitatifs. Les probabilités associées aux risques ou les taux de défaillance peuvent se cumuler par multiplication des valeurs correspondantes, dans le cas d'une évaluation quantitative. Certaines des méthodes les plus couramment utilisées - arbre des causes et analyse des modes de défaillance et de leurs effets - sont décrites du 20.3.1 au 20.3.2. Il existe plusieurs autres méthodes d'analyse des systèmes, chacune ayant ses avantages et ses limites spécifiques.

20.3.1* Arbre des causes. Pour analyser un incendie ou une explosion, on peut utiliser l'arbre des causes, qui est un logigramme. On établit un arbre des causes en raisonnant de manière déductive. Le diagramme permet de représenter, au sein d'une séquence et à un emplacement, logiques, les circonstances et la succession d'évènements requis, pour que se produise un incendie ou une explosion.

20.3.1.1 On peut utiliser l'arbre des causes pour évaluer la faisabilité d'une cause de feu envisagé, ou d'un scénario de propagation de l'incendie, et pour identifier et évaluer des scénarios alternatifs. On établit un arbre des causes, en décomposant un évènement redouté en éléments causals ou en éléments constitutifs. Chaque composant est ensuite positionné à l'intérieur d'une chaîne logique d'évènements ou de circonstances nécessaires, à l'éclosion d'un feu ou d'une explosion, ou classé dans des catégories de caractéristiques spécifiques associées aux dommages, aux décès ou aux blessés. Si les circonstances ne sont pas réunies ou si les évènements ne sont pas produits selon la séquence requise, alors le scénario envisagé n'est pas possible. Par exemple, si le scénario envisagé requiert un circuit électrique sous tension et que l'installation n'était pas alimentée, le scénario n'est pas plausible à moins qu'on puisse envisager une source électrique alternative. La logique suivie pour évaluer les évènements et les circonstances, qui conditionnent l'évènement redouté est représentée par des choix « et » et des choix « ou ». Sur la représentation graphique d'un arbre des causes, ces étapes de choix sont qualifiées de *portes.* Dans la plupart des cas, un arbre des causes comprend une combinaison de portes « et « et de portes « ou », comme présenté sur la figure 20.3.1.1.

20.3.1.2 Lorsque l'occurrence d'un évènement est contrôlée par des « et », tous les éléments et circonstances doivent être réunis. La panoplie de conditions à réunir pour qu'une lampe torche fonctionne et produise de la lumière constitue un exemple avec des portes « et ». Pour qu'il y ait production de lumière, les piles doivent être bonnes, la lampe doit être opérationnelle, et l'interrupteur doit fonctionner. L'arbre des causes représentant ce processus correspond à la figure 20.3.1.2.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

20.3.1.3 Lorsque l'occurrence d'un évènement est contrôlée par des « ou », n'importe laquelle des séries d'éléments ou de circonstances peut aboutir à l'évènement en question. Que la lampe ne fonctionne pas alors que l'interrupteur est fermé, constitue un exemple avec des portes « ou ». La défaillance peut être due à la défaillance de l'interrupteur, à une lampe grillée, ou à des problèmes de piles. L'arbre des causes représentant ce processus correspond à la figure 20.3.1.3.

20.3.1.4 L'analyse par arbre des causes peut être utilisée pour évaluer la probabilité d'un évènement redouté en associant des probabilités aux circonstances et aux évènements. Associer des probabilités d'occurrence fiables, aux évènements et aux circonstances, est souvent difficile, voire impossible.

20.3.1.5 Il faut identifier tous les composants du système, les liens entre eux, et la validité des données. Pour établir un arbre des causes correctement, il peut être nécessaire de consulter des personnes ayant une expertise particulière sur les équipements, les matériels ou les procédés concernés.

20.3.1.6 La méthode d'analyse par arbre des causes peut conduire à plusieurs scénarios envisageables pour un évènement redouté donné. Si les données sont insuffisantes, il peut ne pas être possible de déterminer quel scénario est le plus probable.

20.3.1.7 Les sources d'informations exploitables, pour établir un arbre des causes comprennent les suivantes ;

(1) Notice d'utilisation et de maintenance
(2) Enregistrement des opérations de maintenance
(3) Enregistrement des remplacements de pièces et des réparations
(4) Documents relatifs à la conception
(5) Assistance d'un expert connaissant le système
(6) Examen et essais sur des équipements ou des matériels semblables
(7) Bases de données sur la fiabilité des composants
(8) Schémas de construction et spécifications
(9) Rapports des départements incendie
(10) Enregistrements effectués sur la scène du sinistre
(11) Déclarations des témoins
(12) Rapports médicaux concernant les victimes
(13) Information sur le comportement des personnes

20.3.1.8 Les arbres des causes sont établis selon un format normalisé, familier au sein de la communauté technique. Il existe des logiciels, pour aider les utilisateurs, à mener les analyses et à établir l'arbre des causes.

20.3.2 Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDEC). L'AMDEC est une technique utilisable, pour identifier les sources de défaillances basiques dans un système, et pour déterminer les conséquences de ces défaillances, de façon systématique. Appliquée aux investigations incendie/explosion, l'AMDEC consiste, à évaluer de façon systématique tous les équipements et/ou toutes les actions, qui ont pu contribuer à la cause du sinistre. On réalise une AMDEC en remplissant un tableau, dont les titres des colonnes ressemblent à ceux de la figure 20.3.2. Les titres des colonnes et le format du tableau sont modulables, mais on y trouve au minimum les trois rubriques suivantes ;

(1) Élément (ou action) analysée
(2) Défaut (défaillance) ou erreur menant au danger
(3) Conséquence de la défaillance

Composant	Mode de défaillance	Effet direct	Effet sur le système	Classe de risque	Modification recommandée

Composant	Mode de fonctionnement	Mode de défaillance	Risque	Fréquence de défaillance	Classe de risque	Action corrective

Élément	Mode de défaillance	Taux de défaillance	Événement redouté	Durée de l'événement redouté	Origine des données	Remarque

FIGURE 20.3.2 Exemples simplifiés de tableaux d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

20.3.2.1 L'AMDEC peut aider à l'identification des causes potentielles d'incendie ou d'explosion, et à l'identification des situations, où des analyses complémentaires pourraient apporter un plus. L'AMDEC est particulièrement utile dans les sinistres étendus et complexes. Elle peut permettre d'identifier à la fois les facteurs matériels et les facteurs humains, qui ont pu contribuer à la cause de l'incendie ou de l'explosion. Parallèlement, elle peut permettre d'éliminer des causes potentielles d'incendie ou d'explosion.

20.3.2.2 Des colonnes supplémentaires peuvent être ajoutées par l'investigateur, pour répondre aux besoins spécifiques d'une investigation. Une évaluation de la probabilité d'occurrence de chaque mode de défaillance, pris individuellement, est souvent présente. Il est utile d'analyser les conséquences d'une défaillance donnée au regard de l'incendie ou de l'explosion. Les tableaux d'AMDEC peuvent être répertoriés par élément et peuvent servir de base de travail pour les investigations ultérieures. Les tableaux AMDEC peuvent être établis en utilisant les feuilles de calcul d'un tableur informatique ou un logiciel spécialisé.

20.3.2.3 En remplissant le tableau, l'investigateur devrait prendre en compte, l'ensemble des conditions d'environnement, et l'état du processus (c.à.d. fonctionnement nominal, phase d'arrêt ou de démarrage) pour chaque élément ou action. Une probabilité ou une classe de probabilité peuvent être associée à chaque évènement. Lorsqu'un enchaînement de défaillances est nécessaire, pour qu'un sinistre se produise, il est possible de combiner les probabilités ou les classes de probabilité afin d'évaluer la probabilité, qu'un enchaînement d'évènements donné, conduise à ce sinistre.

20.3.2.4 Il est nécessaire d'identifier tous les composants connus du système, et toutes les actions humaines susceptibles d'avoir contribué au sinistre. La précision des données sur un enchaînement d'évènements dépend de la précision de chaque mode de défaillance, pris individuellement.

Tableau 20.3.2.7 Analyse des modes de défaillance et de leurs effets pour l'incendie d'une salle à manger

Composant élément	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Conséquence de la défaillance	Danger généré	Conditions requises	Indicateurs de la défaillance
Machine à café	La résistance de chauffage reste allumée	Interrupteur laissé sur « ON » et défaillance des sécurités	Évaporation de toute l'eau du réservoir ; emballement thermique de l'élément de chauffage ; augmentation des températures locales au-dessus de 600°C	nflammation du boîtier en plastique	Machine alimentée ; interrupteur sur « ON » ou reste fermé du fait d'une défaillance ; défaillance du thermostat ; défaillance des fusibles thermiques	Fusion du boîtier en aluminium autour de l'élément de chauffage ; aluminium resolidifié à la base de la machine ; circuit du thermostat fermé ; circuit des fusibles fermé
Cuisinière (électrique)	Auto-inflammation de l'huile de cuisson	Défaillance des dispositifs de régulation	Augmentation de la température de l'huile au-dessus de sa température d'auto-inflammation	Combustion de l'huile avec flammes et émission de grandes quantités de fumées	Cuisinière alimentée ; interrupteur sur « on » ou reste fermé du fait d'une défaillance ; pas de régulation de la température	Bouton de la plaque sur « ON » ; récipient en aluminium fondu ; huile consumée ou répandue sur la cuisinière ; contacts fondus ou soudés

Note ; les données et les conclusions présentées dans ce tableau sont théoriques et ne sont destinées qu'à servir d'exemple

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

20.3.2.5 Les données requises, pour une AMDEC, dépendent de l'étendue de l'analyse souhaitée. Les informations minimales comprennent typiquement ; la liste de tous les composants du système et toutes les actions humaines qui peuvent avoir conduit au sinistre, les modes de défaillance envisageables pour chaque composant ou action, et les conséquences directes de chaque défaillance. Il est important de savoir que beaucoup de composants d'un système pourront avoir, plus d'un mode de défaillance, aussi chaque mode de défaillance possible et ses conséquences spécifiques, devront être énumérés pour tout composant ou toute action.

20.3.2.6 Parmi les sources permettant d'obtenir des informations sur les systèmes et les composants, on peut citer les suivantes ;

(1) Notices d'utilisation et de maintenance
(2) Enregistrement des opérations de maintenance
(3) Enregistrement des remplacements de pièces et des réparations
(4) Documents relatifs à la conception
(5) Assistance d'un expert connaissant le système
(6) Examen et essais sur des équipements ou des matériels semblables
(7) Bases de données sur la fiabilité des composants
(8) Schémas de construction et spécifications
(9) Rapports des départements incendie
(10) Enregistrements effectués sur la scène du sinistre
(11) Déclarations des témoins
(12) Rapports médicaux concernant les victimes
(13) Information sur le comportement des personnes

20.3.2.7 Le tableau 20.3.2.7 présente un exemple théorique d'AMDEC réalisé sur un scénario d'incendie particulier, en vue de déterminer la cause de cet incendie.

20.4 Modélisation mathématique.

20.4.1 Généralités. Les techniques de modélisation mathématique, constituent des outils, permettant à l'investigateur, de tester des hypothèses, portant sur le lieu d'origine et la cause de l'incendie ou de l'explosion, ayant engendré des dommages, aux biens ou aux personnes. Même lorsque le lieu d'origine et la cause de l'incendie, n'appellent pas d'interrogations, il est souvent possible et même important, de définir la cause des dommages aux biens ou aux personnes.

20.4.1.1 Cette présentation met l'accent sur les modèles et les outils d'analyse, qui peuvent être mis en œuvre par des calculs à la main ou à l'aide de l'ordinateur. L'utilisation de ces outils analytiques, dépend de l'étendue de la mission de l'investigateur, du sinistre, et des objectifs pratiques des investigations. Pour compléter l'analyse, il peut être nécessaire de s'adresser à un expert spécialisé.

20.4.1.2 Les modèles mathématiques sont conçus pour simuler ou prédire des phénomènes réels en utilisant des principes scientifiques et des données empiriques. Il existe de nombreux domaines d'application, et des modèles sont mis en œuvre dans différentes disciplines spécifiques. Ceux, qui se sont révélés utiles dans le cadre des investigations incendie et explosion, sont présentés du 20.4.2 au 20.4.8.

20.4.1.3 Limites de la modélisation mathématique. La modélisation mathématique, qu'il s'agisse de calculs simplifiés réalisables à la main ou de modèles nécessitant un ordinateur, repose sur des postulats et a des limites intrinsèques, dont il faut tenir compte. Les modèles s'appuient généralement sur des données empiriques, et sont validés, par comparaison à d'autres données empiriques. Il faut prendre soin, de s'assurer que le modèle est utilisé, en tenant pleinement compte des limites, des hypothèses et des validations. Même si les modèles informatisés peuvent être utilisés pour évaluer des hypothèses, les modèles ne devraient pas constituer la seule base pour déterminer le lieu d'origine et la cause d'un feu.

20.4.1.4 Pour sélectionner un modèle mathématique, destiné à tester des hypothèses, il faudrait examiner la portée, le domaine d'application, les principes de base, ainsi que les modes de validation et de vérification du modèle. Il faudrait déterminer, si les modèles sélectionnés sont capables de résoudre les questions techniques soulevées par l'évaluation des hypothèses. La mise en œuvre de logiciels privés peut générer des questions auxquelles il faudra répondre, dans le respect de la possibilité pour les parties d'examiner les résultats et d'utiliser le logiciel.

20.4.1.5 Les données d'entrée des modèles mathématiques, sont entachées d'incertitudes, qui devraient être prises en compte, dans l'analyse des résultats fournis par le modèle. L'effet, des incertitudes associées aux données d'entrée, sur les résultats fournis par le modèle, devrait être évalué en réalisant une analyse de sensibilité. Les incertitudes sur les données d'entrée peuvent se trouver augmentées significativement, si aucune méthode normalisée, relative à la détermination des données d'entrée, n'a été développée pour le modèle sélectionné. D'autres sources d'incertitude sur les données d'entrée peuvent provenir de l'utilisation de données génériques issues de la littérature scientifique sur l'incendie, ou de l'utilisation de matériaux similaires pour la détermination expérimentale des données d'entrée.

20.4.1.6* Les résultats fournis par les modèles mathématiques sont entachés d'erreurs provenant des approximations réalisées, à l'intérieur des modèles. Les incertitudes introduites par les approximations du modèle devraient être prises en compte dans l'évaluation des hypothèses. Une information sur les incertitudes du modèle figure typiquement dans les documents de validation et de vérification (V & V). Des comparaisons supplémentaires des données de sortie du modèle avec les résultats expérimentaux disponibles et

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

pertinents peuvent être utiles pour établir plus avant la V & V du modèle pour son utilisation dans l'investigation après sinistre.

20.4.1.7 Les fichiers des données d'entrée et de sortie des logiciels de calculs devraient être conservés sous leur format original, en tant qu'enregistrement faisant partie des enregistrements de l'investigation. Lorsque les fichiers de données d'entrée et de sortie sont fournis aux autres parties, ces fichiers devraient être fournis sous format électronique d'origine de façon à ce qu'ils puissent être utilisés et examinés par des logiciels compatibles. Les fichiers ne devraient pas être fournis sous forme de scans ou de copies verrouillées, qui permettent une exploitation limitée des résultats par un logiciel. Comme pour toutes les questions relatives à la communication des pièces, les parties sont libres de contester le caractère raisonnable de la portée de la communication, la répartition des coûts, la charge de la production de la preuve, et la protection des secrets patrimoniaux ou commerciaux. Le tribunal peut produire des recours qui conviennent à toutes les parties et protègent leurs intérêts.

20.4.2 Analyse des transferts thermiques.

20.4.2.1 Les modèles de transferts thermiques permettent l'analyse quantitative de la conduction, de la convection, et du rayonnement dans les scénarios d'incendie. Ces modèles sont donc utilisés pour évaluer des hypothèses concernant la relation de cause à effet, la propagation de l'incendie, et les dommages résultants au niveau des biens et des personnes. Les modèles de transfert thermique sont souvent incorporés dans d'autres modèles, tels que les modèles structuraux ou les modèles d'analyse de la dynamique du feu. Il existe différents articles généraux sur l'analyse des transferts thermiques.

20.4.2.2 Les analyses et les modèles de transferts thermiques peuvent être utilisés pour évaluer différentes hypothèses, et notamment les suivantes ;

(1) Efficacité de la source d'inflammation *(Voir la section 18.3.)*

(2) Dommages ou propagation du feu au(x) bâtiment(s) voisin(s)

(3) Inflammation d'éléments combustibles relais

(4) Transfert thermique par les éléments de construction

20.4.3 Concentrations en gaz inflammable. Les modèles peuvent être utilisés, pour calculer les concentrations en gaz en fonction du temps et de la hauteur dans le volume ; ils peuvent permettre d'aider à identifier la source d'ignition. La modélisation de la concentration en gaz inflammable, combinée avec l'évaluation des dommages consécutifs à un incendie ou à une explosion et avec la localisation des sources d'ignition envisageables, peut être utilisée (a) pour déterminer si oui ou non une fuite suspectée ou présumée pourrait être à l'origine de l'explosion ou de l'incendie, et (b) pour définir quelle(s) source(s) de gaz ou de vapeurs combustibles seraient cohérente(s) avec le scénario incendie ou explosion, les dommages, et les sources d'inflammation envisageables.

20.4.4 Analyse des moyens hydrauliques.

20.4.4.1 L'analyse du système sprinkleur et des sources d'eau est souvent requise lors de l'évaluation de la cause des pertes. Les modèles mathématiques et codes de calculs, qui ont été utilisés pour concevoir ces systèmes, peuvent être utilisés lors de l'analyse des pertes. Cependant, la façon de s'en servir pour la conception est différente de celle lors d'une analyse après sinistre.

20.4.4.2 Une application courante de l'analyse hydraulique consiste à déterminer pourquoi un système sprinkleur n'a pas réussi à contrôler un feu. La modélisation peut aussi être utilisée pour analyser la perte consécutive à l'ouverture d'une seule tête sprinkleur, pour étudier les conséquences de canalisations embouées, et pour déterminer l'effet de la position de la vanne sur les performances du système au moment du sinistre. Il existe également des modèles et des méthodes permettant de calculer le débit dans des systèmes autres que les systèmes à eau, tels que des systèmes au dioxyde de carbone, des systèmes d'extinction automatique à gaz, des systèmes véhiculant des produits chimiques secs ou des combustibles.

20.4.5 Analyse de l'équilibre thermodynamique et chimique. On peut analyser les incendies et les explosions, suspectés d'avoir été causés par des réactions chimiques au sein de mélanges envisagés ou connus, à l'aide de l'analyse thermodynamique des mélanges chimiques probables et des contaminants potentiels.

20.4.5.1 L'analyse des équilibres thermodynamiques et chimiques peut être utilisée afin d'évaluer diverses hypothèses, parmi lesquelles figurent les suivantes ;

(1) Les réaction(s) susceptibles d'être à l'origine du feu ou de l'explosion

(2) Les mélanges de produits chimiques incompatibles

(3) Le rôle des contaminants

(4) Le rôle des conditions ambiantes

(5) La surchauffe potentielle d'un produit chimique ou d'un mélange de produits chimiques

(6) La possibilité pour un produit chimique ou un mélange de produits chimiques de générer des vapeurs ou des gaz inflammables

(7) Le rôle des actions humaines sur les défaillances au niveau du process

20.4.5.2 L'analyse des équilibres thermodynamiques des réactions chimiques nécessite généralement de fastidieux calculs, lorsqu'ils sont faits à la main. Des programmes de calcul sur ordinateur, couramment disponibles, rendent cette analyse beaucoup plus facile à réaliser. Les données d'entrée pour ces programmes informatiques sont typiquement des propriétés relatives aux produits telles que la formule chimique, la masse, la masse volumique, l'entropie, et la chaleur de formation.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

20.4.5.3 Les réactions chimiques, pour lesquelles on montre qu'elles sont peu probables d'un point de vue thermodynamique, peuvent être éliminées comme cause envisageable d'un feu. Les réactions qui sont favorisées sur le plan thermodynamique, doivent être analysées plus avant, afin de déterminer si la cinétique de la réaction considérée est suffisamment rapide pour avoir été à l'origine du feu, compte-tenu des conditions particulières de ce feu.

20.4.6 Analyse structurale. Les techniques d'analyse structurale peuvent être mises en œuvre en vue de déterminer les raisons de la défaillance de la structure d'un bâtiment ou d'expliquer les modifications qui ont pu se produire sur cette structure au cours d'un incendie ou d'une explosion. On peut trouver de nombreuses références dans les bibliothèques techniques, traitant de sujets tels que la résistance des matériaux, les formules de calcul pour les éléments de structure simples, et l'analyse structurale des assemblages.

20.4.7* Analyse de l'évacuation. L'impossibilité pour les occupants de s'échapper peut être l'une des questions les plus critiques, qu'un investigateur ait besoin de traiter. On peut utiliser des modèles d'évacuation, pour analyser les déplacements des occupants dans les conditions d'un incendie. Il est souvent nécessaire de coupler le modèle d'évacuation avec un modèle de dynamique du feu pour évaluer les effets de l'environnement du feu sur les occupants. Voir la section 10.3 sur les facteurs humains.

20.4.8* Analyse de la dynamique du feu. Les analyses portant sur la dynamique de l'incendie sont réalisées grâce aux équations mathématiques dérivées des principes scientifiques fondamentaux ou de données empiriques. On trouve de simples équations algébriques jusqu'aux logiciels de modélisation qui comprennent de nombreuses équations décrivant la dynamique de l'incendie. L'analyse de la dynamique du feu peut être mise en œuvre en vue de prédire le phénomène de l'incendie et les caractéristiques de son environnement comme par exemple ;

(1) Délai de flashover
(2) Température des gaz
(3) Concentrations en gaz (oxygène, monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, et autres)
(4) Concentrations des fumées
(5) Débit de fumée, de gaz et d'imbrûlés
(6) Températures au niveau des murs, du plafond et du plancher
(7) Délai de déclenchement des détecteurs de fumée, des détecteurs de chaleur, et des sprinkleurs
(8) Effets de l'ouverture de portes ou de fenêtres, d'un bris de vitre, ou d'autres phénomènes d'ordre matériel

20.4.8.1 Les analyses de la dynamique de l'incendie peuvent être utilisées pour évaluer des hypothèses concernant le lieu d'origine et le développement du feu. Ces analyses utilisent des informations sur le bâtiment, les principes de la dynamique du feu, et toute donnée nécessaire pour modéliser les conditions d'environnement créées par l'incendie selon l'hypothèse examinée. Les résultats de la modélisation peuvent être comparés aux indices matériels et aux témoignages en vue d'étayer ou d'écarter l'hypothèse correspondante.

20.4.8.2 Le bâtiment, son contenu, et les données relatives à la dynamique de l'incendie sont entachés d'incertitudes. Les effets de ces incertitudes devraient être étudiés par une analyse de sensibilité et il faudrait en tenir compte pour l'évaluation des hypothèses. Les incertitudes peuvent porter sur la position des ouvertures (ouvertes ou fermées), les caractéristiques des combustibles, les débits générés par les systèmes de chauffage et de climatisation, et la puissance des lots de combustibles. Voir la section 20.6 pour les procédures recommandées pour le recueil des données.

20.4.8.3 Les modèles d'analyse de la dynamique de l'incendie sont généralement classés en trois catégories ; les programmes spécialisés, les modèles à zones et les modèles à champs. Ils sont énumérés par ordre de complexité croissante et par puissance informatique requise croissante.

20.4.8.3.1 Programme spécialisé sur la dynamique du feu. Les routines spécialisées sur la dynamique du feu sont des procédures simplifiées conçues pour résoudre une question simple. Dans de nombreux cas, ces programmes permettent de répondre à des questions relatives, à la reconstitution du feu, sans recourir à des modèles incendie. Typiquement, moins de données d'entrée sont nécessaires pour ces routines par rapport aux données, qu'il faut, pour faire tourner un modèle incendie. On peut trouver des exemples de ces programmes dans la section FIREFORM du programme FPETOOL.

20.4.8.3.2 Modèles à zones. La plupart des modèles de développement du feu, susceptibles de fonctionner sur des ordinateurs de bureau sont des modèles à zones. Ces derniers scindent chaque local en deux volumes ou zones, une couche supérieure qui contient les gaz chauds produits par le feu, et une zone inférieure qui constitue la source d'approvisionnement en air pour la combustion. La taille des zones se modifie au cours de l'incendie. La zone supérieure peut s'étendre jusqu'à occuper quasiment tout le volume de la pièce.

20.4.8.3.3 Modèles à champs aussi appelés modèles CFD (Computational Fluid Dynamics). Les modèles CFD ont généralement besoin de stations de travail ayant des capacités importantes ou d'un processeur central. En divisant l'espace en de nombreuses petites cellules (généralement des dizaines de milliers), les modèles CFD permettent d'étudier les écoulements de gaz bien plus en détails que les modèles à zones. Lorsque de tels détails sont demandés, il est souvent nécessaire de recourir à la sophistication d'un modèle à champs. Cependant, en général, les modèles à champs reviennent plus cher à utiliser, demande plus de temps à paramétrer et à faire tourner, et requièrent souvent un

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

niveau d'expertise important pour faire les choix permettant de traiter le problème posé et pour interpréter les données de sortie du modèle. Le recours à des modèles CFD, dans le cadre des investigations incendie et des litiges associés, est en augmentation. Les modèles CFD sont particulièrement bien adaptés aux situations, où l'espace ou la configuration du combustible, est complexe ou irrégulièrement répartie, où la turbulence est un paramètre critique, ou lorsque des informations fines sont recherchées.

20.5 Essais feu.

20.5.1 Rôle des essais feu. Les essais feu constituent un outil susceptible de fournir des données venant en complément des informations recueillies sur la scène d'incendie *(voir 4.3.3)* ; ils peuvent aussi être utilisés pour tester des hypothèses *(voir 4.3.6)*. Les essais feu peuvent aller de l'échelle du laboratoire jusqu'à l'échelle en grandeur réelle avec reconstitution de l'ensemble du sinistre. Ces essais peuvent s'intéresser au lieu d'origine et à la cause du feu, ou au développement et à la propagation de l'incendie. Les composants et sous-systèmes à tester peuvent concerner le contenu du bâtiment, les systèmes équipant le bâtiment, et les dispositions architecturales et constructives du bâtiment lui-même.

20.5.1.1 Utilisés comme faisant partie du recueil de données, les essais feu peuvent fournir des informations sur les caractéristiques des combustibles ou des éléments consumés dans l'incendie, sur les caractéristiques des matériaux ou des assemblages affectés par l'incendie, ou sur les caractéristiques du feu susceptibles d'avoir joué un rôle au niveau de l'incendie. Ces informations sont importantes pour l'analyse des données et pour la formulation des hypothèses. *(Voir aussi la section 16.10.)*

20.5.1.2 Utilisés notamment pour tester une hypothèse, les essais feu peuvent aider à déterminer si cette hypothèse est cohérente avec les faits relatifs à l'affaire considérée et avec les principes des sciences du feu. Dans ce cas, les essais sont utilisés de la même façon que la modélisation. En outre, les essais feu peuvent appuyer la modélisation en fournissant des données d'entrée pour les modèles, ou en fournissant des données repères, qui peuvent être utilisées, pour évaluer la précision du modèle et son applicabilité.

20.5.2* Méthodes d'essais feu. Autant que possible, les méthodes d'essais feu, les procédures, et l'instrumentation devraient suivre ou être définies à partir d'essais normalisés ou de méthodes d'essais décrites dans la littérature scientifique relative au feu. La référence à des méthodes d'essais normalisées ou à la littérature scientifique sur le feu contribuera à la crédibilité scientifique des résultats. Les essais, qui ne sont pas réalisés selon une norme reconnue, devraient reproduire les faits pertinents de l'affaire concernée. La réalisation d'essais crédibles comprend la mise en œuvre de matériaux et d'assemblages constituant des exemplaires représentatifs des matériaux et des assemblages réels ; les essais devraient également être menés dans des conditions qui reflètent les conditions de la scène d'incendie au moment de l'incendie. Des résultats intéressants peuvent être obtenus à partir d'essais qui ne traitent que de certains aspects du sinistre.

20.5.3 Limites des essais feu. Même si les essais feu peuvent fournir des informations utiles, il n'est pas possible de reconstituer de façon parfaite toutes les conditions relatives à un incendie donné ; ce qui peut avoir une influence sur les résultats d'un essai en vrai grandeur. Les conditions météorologiques constituent un exemple de paramètre qui ne peut pas être reproduit facilement et qui peut avoir une influence sur les résultats d'un essai. Ceci devrait être pris en compte pour formuler une conclusion basée sur des résultats d'essais.

20.6 Données nécessaires pour la modélisation et les essais.

Les données relatives au sinistre, et requises pour la modélisation et les essais, normalement recueillies par l'investigateur, sont utilisées pour quantifier et caractériser matériellement la scène.

20.6.1 Matériaux et contenu.

20.6.1.1 L'analyse significative d'un incendie nécessite de pouvoir évaluer la puissance du feu, sa vitesse de propagation, et l'énergie totale dégagée. La détermination de ces grandeurs nécessite l'identification de la nature, des quantités, de la localisation, et des configurations des combustibles, réellement concernés par l'incendie. Par exemple, un arrangement vertical brûlera plus vite qu'un arrangement horizontal, du même combustible.

20.6.1.2 La composition, l'épaisseur, l'état, et les différentes couches de matériaux constituant les murs, les planchers, les fenêtres, les portes, et les plafonds devraient être enregistrés. Le plafond, les murs et les finitions décoratives, tout comme, la configuration, et l'état du contenu, devraient être enregistrés.

20.6.2 Ventilation. Comprendre les conditions de ventilation est important pour la validité d'un essai feu ou d'une modélisation. La position et l'état des portes, des fenêtres, des lanterneaux de toit, et de tout autre source de ventilation, tels que les ventilateurs de désenfumage commandés thermiquement, devraient être déterminés. Savoir quand les sources de ventilation étaient ouvertes ou fermées est important. Les effets dus à la ventilation incluant le vent, la ventilation par les services de secours, et le fonctionnement des dispositifs de chauffage et de climatisation, devraient être pris en compte.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 21 Explosions

21.1* Généralités.

21.1.1 Historiquement, le terme explosion a toujours été difficile à définir avec précision. Les traces représentatives d'une explosion, comprennent les dommages ou les effets dues à la surpression qui produit des modifications d'ordre mécanique sur les bâtiments, les équipements, ou tout autre objet.

21.1.2 Cet effet peut provenir du confinement de l'onde de surpression ou de l'effet de l'onde pression ou de l'onde de choc en milieu non-confiné sur une cible, telle qu'une personne ou une structure. La surpression est la pression qui générée ou émise en plus de la pression atmosphérique ambiante. (Voir la Section 21.11)

21.1.3 Définition d'une explosion. Une explosion est la conversion brutale d'une énergie potentielle (chimique ou mécanique) en énergie cinétique avec production et émission de gaz sous pression. Ces gaz produisent alors un travail mécanique, qui ruine le contenant, ou déplace, modifie ou fracasse les matériels situés à proximité.

21.1.3.1 Rupture hydrostatique d'un récipient. La rupture ou l'éclatement d'une cuve ou d'un réservoir du fait de la pression hydrostatique d'un fluide non-compressible tel que l'eau n'est pas une explosion, car la pression n'est pas créée par un gaz. Les explosions correspondent à des dynamiques de gaz.

21.1.3.2 Flash fires (feux éclairs). Un flash fire est un feu qui se propage rapidement à travers un combustible diffus tel que les poussières, les gaz, ou les vapeurs émises par un liquide inflammable, sans produire de pression destructrice. L'inflammation de combustibles diffus ne cause pas toujours nécessairement des explosions. L'occurrence d'une explosion dépend de la localisation et de la concentration du combustible diffus, de la géométrie des ouvertures, de la résistance du confinement (bâtiment ou réservoir) s'il existe, et de la présence d'obstacles.

21.1.4 Bien qu'une explosion s'accompagne presque toujours d'un bruit sourd, le bruit en lui-même ne constitue pas un élément essentiel pour la définition d'une explosion. Le premier critère, qui caractérise une explosion, est la génération et l'émission brutale de gaz.

21.1.5 L'inflammation d'un mélange inflammable, vapeurs-air, dans un récipient, qui conduit à l'éclatement du récipient ou même qui fait seulement sauter le couvercle, est considérée comme une explosion. L'inflammation d'un mélange identique en champ libre, bien qu'elle puisse être qualifiée de déflagration, peut ne pas rentrer dans le cadre des explosions, auxquelles on s'intéresse dans ce guide, et ceci même, s'il peut y avoir émission de gaz sous pression.

21.1.6 En mettant en application, les principes énoncés dans ce chapitre, l'investigateur devrait garder à l'esprit que de nombreux facteurs ont une influence sur les effets générés par une explosion et sur la nature des dommages qui peuvent en résulter. Ces facteurs comprennent le type, la quantité et la configuration du combustible, la taille et la forme du conteneur ou du bâtiment créant le confinement, les obstacles présents à l'intérieur du bâtiment, le type et la résistance des matériaux de construction du conteneur ou du bâtiment créant le confinement, et le type et la surface d'évent présent. *(Voir la Section 21.5.)*

21.1.7 Les sections constituant ce chapitre présentent les techniques d'analyse des explosions et des termes sources qui peuvent se développer à partir de sources diffuses telles que les gaz inflammables, les poussières, et les vapeurs émises par des liquides inflammables, à l'intérieur de bâtiments (voir dans le chapitre sur les dispositions constructives la section sur les types de construction). Ce chapitre s'applique à tous les bâtiments d'une façon générale. Cependant, la plupart des outils développés et couvrant les atteintes aux structures, sont plus adaptés aux bâtiment résidentiels et commerciaux, c'est-à-dire correspondant à des dommages générés par des explosions faibles à fortes. L'application de ces principes, à d'autres types de constructions, peut nécessiter des recherches et/ou des conseils supplémentaires, sur les effets des explosions dans d'autres sources. L'analyse des explosions, mettant en jeu des explosifs en phase condensée (solide ou liquide), qui ont un pouvoir détonant important, peut aussi requérir des connaissances spécialisées, allant au-delà du cadre de cet ouvrage.

21.1.8 Les investigations portant sur les explosions peuvent constituer une tâche extrêmement compliquée, technique, scientifique, et potentiellement dangereuse. Face à la nécessité de mener des investigations sur une scène d'explosion qui requière plus de ressources ou dépasse ses connaissances ou sa compétence, l'investigateur devrait sécuriser la scène pour préserver les traces et chercher à obtenir de l'expertise technique et les ressources adéquates pour réaliser les investigations sur site de façon satisfaisante et en sécurité.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

21.2* Typologies d'explosions.

Il existe essentiellement deux typologies d'explosions, auxquelles les investigateurs sont régulièrement confrontés ; les explosions mécaniques et les explosions chimiques, chacune pouvant être divisée en sous-catégories. Les différences, qui séparent ces deux typologies, concernent la source ou le mécanisme produisant la surpression.

21.2.1 Explosions mécaniques. Une explosion mécanique correspond à la rupture d'un conteneur, d'une bouteille, d'un réservoir, d'un générateur de vapeur, ou de tout autre récipient fermé entraînant l'émission de gaz ou de vapeur sous pression. La pression à l'intérieur du conteneur, du bâtiment ou du réservoir confiné n'est pas due à une réaction chimique ou à la modification de la composition chimique des substances dans le conteneur.

21.2.2* BLEVEs. Les BLEVEs (*boiling liquid expanding vapor explosion*) sont les explosions mécaniques, les plus couramment rencontrées par un investigateur incendie. Il s'agit d'explosions concernant des réservoirs, qui contiennent des liquides sous pression, à une température supérieure à leur point d'ébullition à la pression atmosphérique. Le liquide n'est pas forcément inflammable. Les BLEVEs constituent une sous-catégorie des explosions mécaniques mais ils sont si communs, qu'ils sont traités ici, comme un type d'explosion à part entière. Un BLEVE peut se produire dans un contenant aussi petit qu'un briquet jetable ou un récipient aérosol ou aussi grand qu'un réservoir de voiture ou un réservoir de stockage industriel. Alors que l'évènement initiateur peut résulter d'une rupture du réservoir, l'explosion et la surpression associées au BLEVE sont dues à la dilatation du gaz sous pression ou de la vapeur dans le ciel gazeux combinée à l'ébullition du liquide libérant rapidement la vapeur.

21.2.2.1 Un BLEVE se produit fréquemment lorsque la température du liquide et de la vapeur à l'intérieur d'un récipient ou d'un réservoir confiné, s'élève suite à l'exposition à un feu jusqu'à une limite de résistance, où la pression interne en augmentation ne peut plus être contenue, et le récipient explose. *(Voir la figure 21.2.2.1.)* La rupture du récipient soumet le liquide pressurisé à une diminution brutale de la pression, lui permettant de se vaporiser presque instantanément, ce qui contribue à la surpression et à l'explosion. Si le contenu est inflammable, il y a presque toujours inflammation. Si le contenu n'est pas inflammable, il s'agit néanmoins d'un BLEVE, mais sans inflammation des vapeurs. L'inflammation se produit généralement soit à cause de la source de chaleur externe, qui est à l'origine du BLEVE ou soit à cause d'une source électrique ou de frottements générés par l'éclatement ou les fragments du réservoir.

21.2.2.2 Un BLEVE est aussi susceptible de se produire, suite à la diminution de la résistance mécanique d'un contenant du fait d'un dommage mécanique ou d'un échauffement localisé au-dessus du niveau du liquide. La rupture du réservoir soumet le liquide pressurisé à une diminution brutale de la pression, lui permettant de se vaporiser presque instantanément, ce qui contribue à la surpression et à l'explosion. Un exemple courant de BLEVE ne concernant pas un liquide inflammable, est l'éclatement d'une chaudière à vapeur. La cause de la surpression, est la vapeur créée par la vaporisation brutale de l'eau. Cette surpression et cette explosion peuvent grandement endommager la chaudière à vapeur. Aucune réaction chimique, de combustion ou nucléaire n'est nécessaire. Ceci contribue à la source d'énergie, à la surpression et à l'explosion. La nature chimique de la vapeur (H_2O) n'est pas modifiée.

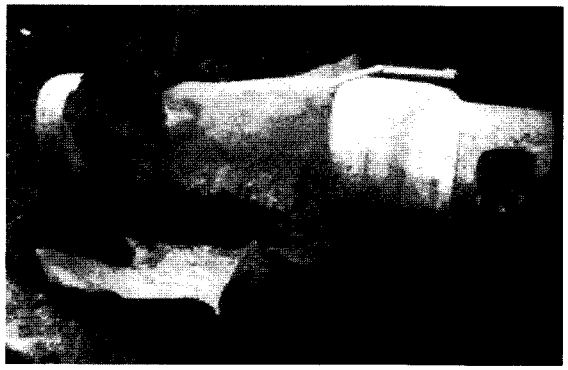


FIGURE 21.2.2.1 Bouteille de GPL, qui a été soumise à un BLEVE, suite à l'exposition à un feu externe



FIGURE 21.2.2.3 Citerne de butadiène sur voie ferrée, qui a été soumise à un BLEVE suite à un échauffement résultant d'une réaction chimique interne.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

21.2.2.3 Les BLEVEs peuvent aussi résulter de dommage mécanique, de surremplissage, de réaction d'emballement thermique, de l'explosion de vapeur surchauffée, et de défaillance mécanique. Voir la figure 21.2.2.3, qui montre l'étendue des dommages possibles consécutivement à un BLEVE.

21.2.3* Explosions chimiques.

21.2.3.1 Pour les explosions chimiques, la génération de la surpression, résulte de réactions exothermiques, où la nature chimique du combustible est fondamentalement modifiée. Les réactions chimiques, se produisant lors d'une explosion, se propagent généralement au niveau d'un front réactionnel, éloigné du point d'initiation.

21.2.3.1.1 Combustion explosives. Les explosions chimiques les plus courantes sont celles résultant de la combustion des combustibles hydrocarbonés. Il s'agit combustion explosives ; elles se caractérisent en général par la réunion d'un combustible au contact de l'air comme comburant. Une combustion explosive peut aussi concerner des poussières. Lors d'une combustion explosive, les surpressions sont dues à la production rapide d'un volume de gaz de combustion chauds à mesure que le combustible brûle.

21.2.3.1.2 Les explosions chimiques peuvent concerner des combustibles solides ou des mélanges explosifs de combustible et de comburant, mais l'investigateur rencontrera plus souvent des réactions mettant en jeu des gaz, des vapeurs, ou des poussières mélangés à l'air. De telles réactions de combustion sont qualifiées de réactions de propagation car elles se produisent progressivement à travers le milieu réactionnel (combustible), avec un front de flamme ou une zone de réaction bien défini, séparant le combustible des produits de combustion.

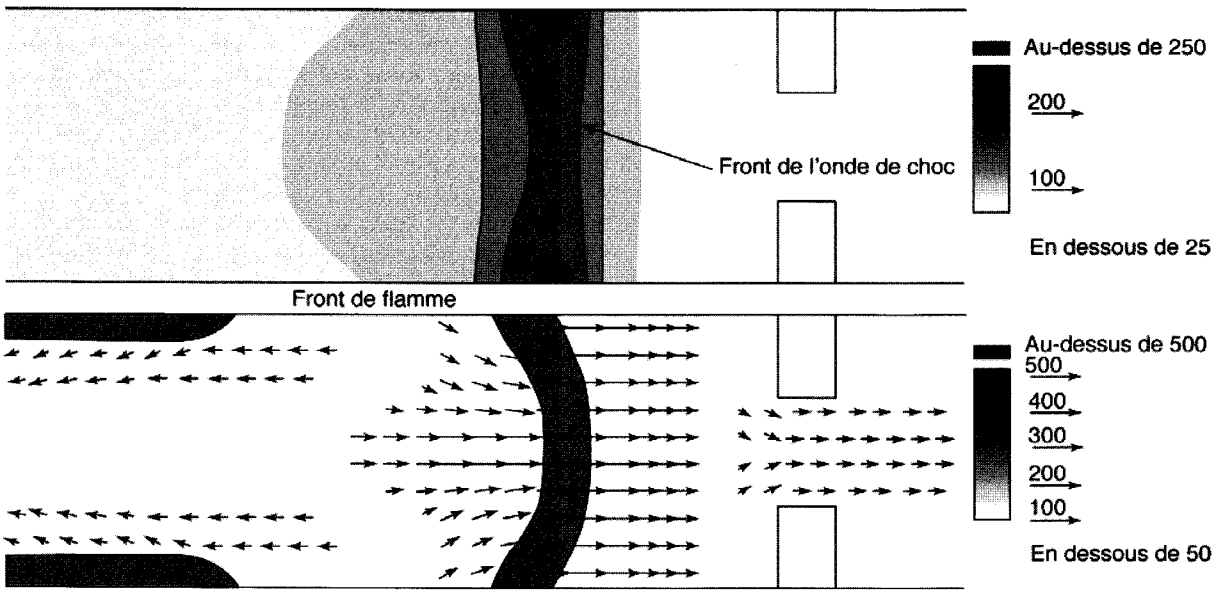


FIGURE 21.2.3.1.3 Simulation par CFD de la pression typique en psi (au-dessus) et de la vitesse de la flamme en m/s (en-dessous) pour une flamme de détonation.

Des surpressions d'une valeur supérieure à 16 fois la pression atmosphérique peuvent être observées au sein du front de flamme, qui peut se propager typiquement à des vitesses de l'ordre de 1500-2000 m/s. Il n'y a pas de zone de surpression devant la flamme. [Les simulations conduisent à un lissage de l'onde de choc et à de faibles vitesses devant la flamme du fait de la durée de calcul. Les ondes de chocs réelles seront plus encore plus fortes et les vitesses devant le front de flamme n'existent pas lorsque l'explosion est en plein régime.]

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

21.2.3.1.3 Les combustion explosives sont classées, soit comme des déflagrations, soit comme des détonations, selon la vitesse de propagation du front de flamme à travers le mélange combustible/air. Il ne faudrait pas confondre cette notion avec la vitesse de la flamme, qui correspond à la vitesse de la propagation de la flamme par rapport à un point fixe. On définit plus précisément les régimes de propagation du front de flamme comme étant des déflagrations ou des détonations. (Voir la figure 21.2.3.1.3).

21.2.3.1.3.1 Les détonations sont des réactions de combustion pour lesquelles la vitesse de la zone réactive par rapport aux composés inflammables n'ayant pas encore réagi est plus rapide que la vitesse du son. Les détonations correspondent à des zones en réaction qui s'auto-enflamment par l'onde de choc devant la flamme. A la différence des déflagrations rapides, les détonations sont des processus auto-entretenus qui ne nécessitent d'autres mécanismes pour se poursuivre. Pour initier une détonation, il faut une énergie très importante (ex ; transition d'une déflagration vers une détonation, ou la détonation d'explosifs).

21.2.3.1.4 On peut faire plusieurs sous-catégories d'explosions de type combustion, en fonction du type de combustible concerné. Les combustibles les plus courants sont les suivants ;

(1) Gaz inflammables

(2) Vapeurs émises par des liquides (inflammables ou combustibles)

(3) Poussières combustibles

(4) Fumée et produits inflammables issus d'une combustion incomplète (*backdraft*)

(5) Aérosols

21.2.4 Explosions électriques. Les arcs électriques très énergétiques peuvent générer une chaleur suffisante à causer une explosion. L'échauffement rapide des gaz environnants conduit à une explosion mécanique susceptible ou non de causer un incendie. Le claquement du tonnerre accompagné d'un éclair constitue un exemple des effets d'une explosion électrique. Les arcs électriques très énergétiques requièrent une tension élevée et ne sont pas traités dans ce chapitre.

21.2.5 Explosions nucléaires. Lors des explosions nucléaires, la surpression est générée par les énormes quantités de chaleur produites par la fusion ou la fission du noyau des atomes. L'analyse des explosions nucléaires n'est pas couverte par le présent document.

21.3 Caractérisation des dommages consécutifs à une explosion. A des fins de descriptions et dans le cadre d'une investigation, il peut être utile de caractériser les sinistres, en particulier dans les bâtiments, à partir du type de dommages constatés. Les termes dommages importants et dommages modérés sont utilisés, par la profession des investigateurs incendie, pour caractériser les dommages engendrés par une explosion. Il est recommandé d'utiliser les termes dommages caractéristiques d'une explosion forte et dommages caractéristiques d'une explosion modérée à faible afin de réduire le risque de confusion avec des termes similaires utilisés pour décrire l'énergie libérée par des explosifs. (Voir la Section 21.12.) Les différences constatées au niveau des dommages dépendent davantage de l'onde de choc appliquée aux surfaces (vitesse de montée en pression, pression maximale d'explosion, et impulsion, atteintes au cours de l'évènement) et de la résistance mécanique du bâtiment ou du réservoir qui tient lieu de confinement ou des obstacles, plutôt que de la pression maximale d'explosion susceptible d'être atteinte. Il faut bien reconnaître, que l'utilisation des termes dommages caractéristiques d'une explosion modérée à faible et dommages caractéristiques d'une explosion forte peuvent ne pas être toujours pertinents, car un site peut présenter des effets couvrant les deux catégories.

21.3.1 Dommages caractéristiques d'une explosion modérée à faible. Les dommages caractéristiques d'une explosion modérée à faible sont, notamment, des parois enfoncées, ou posées au sol, virtuellement intacts, à proximité du bâtiment. Les toits peuvent avoir été légèrement soulevés et être retombés à peu près à leur position initiale. Les fenêtres peuvent avoir été poussées, parfois sans que la vitre n'ait été brisée. On trouve généralement des débris de grande taille, ayant été déplacés sur de courtes distances. Les dommages caractéristiques d'une explosion modérée à faible, sont produits lorsque l'énergie du souffle est suffisante pour détruire les attaches d'éléments de grande surface, tels que les murs ou la toiture, mais insuffisante pour briser de plus grandes surfaces et accélérer les débris jusqu'à atteindre des vitesses significatives. *(Voir la figure 21.3.1.)*

21.3.2* Dommages caractéristiques d'une explosion forte. Les dommages caractéristiques d'une explosion forte sont notamment la dévastation du bâtiment, accompagnée de petits éléments de débris. Les murs, le toit et la structure sont disloqués, certains éléments sont éclatés et dévastés, et le bâtiment est complètement démoli. Les débris sont projetés à distances considérables, des centaines de pieds parfois. Les dommages caractéristiques, d'une explosion forte, résultent de l'énergie relativement élevée du souffle. *[Voir les figures 21.3.2(a), 21.3.2(b) et 21.3.3(c)]*

© Tous droits réservés- Reproduction interdite



FIGURE 21.3.1 Dommages caractéristiques d'une explosion modérée à faible dans une habitation.



FIGURE 21.3.2(b) Dommages caractéristiques de l'explosion forte d'une maison qui comprenait trois chambres, suivie par un incendie.



FIGURE 21.3.2(a) Dommages caractéristiques de l'explosion forte d'une maison, qui comprenait un étage et quatre chambres, non suivie d'un incendie.



FIGURE 21.3.2(c) Restes d'un bâtiment à usage commercial ayant subi des dommages causés par une forte une explosion.

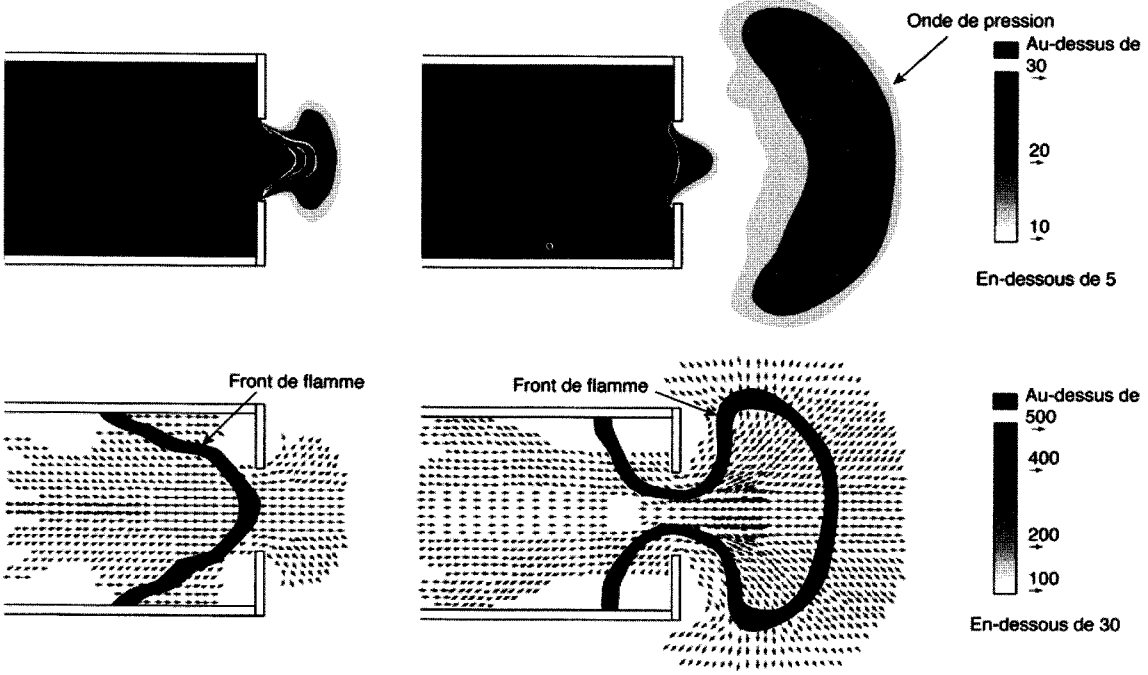


FIGURE 21.4.1.1 Schémas des fronts de pression en psi (au-dessus) et des fronts de flamme/vitesse en m/s (en-dessous) de l'explosion d'un mélange éthylène/air juste après décharge initiale et 132 msec après inflammation (à gauche) et 142 msec après inflammation (à droite).

© Tous droits réservés- Reproduction interdite



FIGURE 21.4.1.1.1 Dommages sur un lampadaire dû à la dynamique de résistance engendrée par les gaz déplacés (souffle de l'explosion) à Flixborough, England.

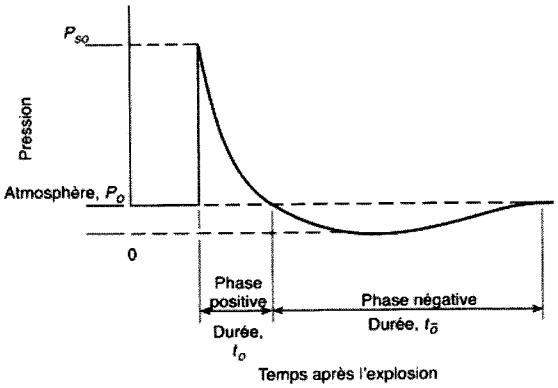


FIGURE 21.4.1.1.3 Courbe typique de pression, pour une détonation théorique idéale, mesurée en un point suffisamment éloigné du point d'origine de cette détonation.

21.4 Effets des explosions. Une explosion est un phénomène dynamique, concernant des gaz qui, dans des circonstances théoriques idéales, va se matérialiser comme une sphère de chaleur en expansion et par un front d'onde de pression. La surpression et les fronts de chaleur et de pression sont responsables des dommages caractéristiques. Les effets des explosions peuvent être classés en cinq grandes catégories ; la surpression et l'onde de choc, la dynamique de résistance, les effets missiles, les effets thermiques et les effets sismiques (choc transmis au sol).

21.4.1 Surpression d'explosion et effet d'onde.

21.4.1.1 Généralités. Certaines explosions génèrent des volumes de gaz significatifs. Lorsque ces gaz sont produits, la pression qui augmente au sein de l'enceinte confinée, peut endommager celle-ci de façon importante. En outre, les gaz en expansion et l'air déplacé par ces gaz créent un front de pression, qui est essentiellement responsable des dommages et des blessures consécutives aux explosions. *(Voir la figure 21.4.1.1.*

21.4.1.1.1 Pour les objets cylindriques plus petits, tels que les conduites, ou les lampadaires, les dommages résultent largement de la dynamique de résistance induite par les gaz déplacés (souffle créé par l'explosion) s'écoulant sur l'objet. Les effets du souffle de l'explosion peuvent même être plus élevés après que l'onde de choc et le pic de surpression aient dépassé l'objet. *(Voir la figure 21.4.1.1.1.)*

21.4.1.1.2 L'onde de pression se décompose en deux phases distinctes, en fonction de la direction des forces par rapport au point d'origine de l'explosion. Il s'agit de la phase de pression positive et de la phase de pression négative.

21.4.1.1.3 L'allure typique de la courbe de pression, d'une détonation théorique idéale, mesurée en un point suffisamment éloigné de l'origine de la détonation, est présentée à la figure 21.4.1.1.3 ; elle comprend les phases positive et négative. La surface sous la courbe de pression en fonction du temps est appelée impulsion.

21.4.1.2 Phase de pression positive. La phase de pression positive, correspond à la portion de la courbe de pression où les gaz en expansion se déplacent en s'éloignant du point d'origine. La phase de pression positive est plus puissante que la phase de pression négative et est responsable de la majorité des dommages créés par le souffle. Une structure peut avoir été affaiblie lors de cette phase puis endommagée davantage par la phase de pression négative.

21.4.1.3 Phase de pression négative.

21.4.1.3.1 L'expansion extrêmement rapide lors de la phase de pression positive de l'explosion génère un mouvement à partir du point d'origine de l'explosion, qui déplace, comprime, et échauffe l'air ambiant autour. Des conditions de dépression (par rapport à l'air ambiant) sont créées à l'épicentre ou origine de l'explosion. Du fait des conditions de pression négative (par rapport à l'air ambiant), l'air se précipite en retour vers la zone d'origine pour compenser la dépression, qui s'y était créée.

21.4.1.3.2 La phase de pression négative peut causer des dommages secondaires, et déplacer des éléments de preuves matérielles, en direction du point d'origine. Le mouvement des débris au cours de la phase de pression négative peut contribuer à dissimuler le point d'origine. La phase de pression négative est, en général, nettement moins puissante que la phase de pression positive mais peut posséder une énergie suffisante pour entraîner l'effondrement d'éléments de structure déjà affaiblis par la phase de pression positive. La phase de pression négative peut ne pas avoir été perçue par les témoins ni être détectable lors des investigations après le sinistre pour les explosions en phase diffuse (gaz/vapeur).

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

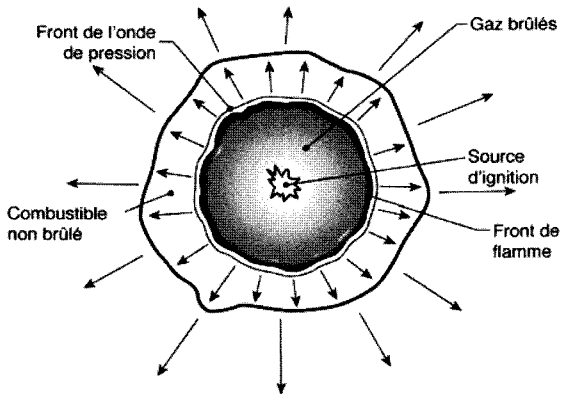


FIGURE 21.4.1.4(a) Représentation théorique idéale de la propagation des fronts de flamme et de pression [D'après Harris (1983) p.3]

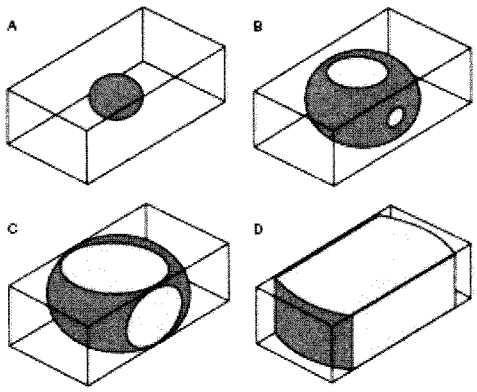


FIGURE 21.4.1.4(b) figure 21.4.1.4 (b) Représentation théorique idéale d'un front de flamme dans une structure (D'après Harris, 1983)

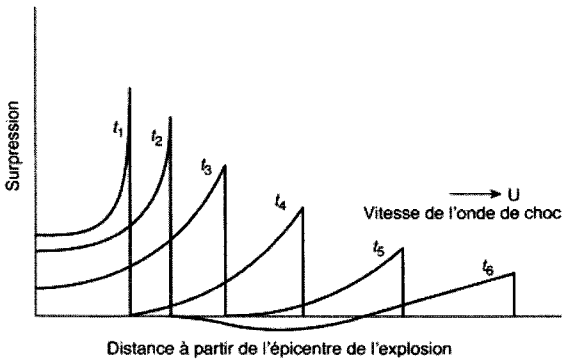


FIGURE 21.4.1.4.3 Illustration de surpressions typiques en fonction du temps, à des emplacements éloignés du centre de l'explosion.

21.4.1.4 Forme de l'onde de choc (Front). La forme du front de pression d'une explosion idéalisée devrait être sphérique. Il devrait avancer d'une façon homogène dans toutes les directions à partir de l'épicentre. Dans la réalité, le confinement, les obstacles rencontrés par l'onde de pression, la position de la source d'ignition, la forme du nuage, ou la répartition de la concentration au niveau de la source, modifient la direction, la forme, et la force de ce front de pression. *[Voir les figures 21.4.1.4(a) et 21.4.1.4(b).]*

21.4.1.4.1 L'ouverture d'un récipient ou d'un bâtiment initialement confiné peut causer des dommages à l'extérieur du récipient ou du bâtiment. Les dommages les plus importants seront situés dans la direction de l'ouverture, du fait de l'onde de choc et des produits chauds qui sont expulsés. Par exemple, le souffle de l'onde de pression à l'intérieur d'une pièce peut se propager par une porte et endommager les éléments et les matériaux alignés dans la direction de la porte à l'intérieur de la pièce voisine. On peut observer les mêmes effets relatifs, face à la soudure d'un réservoir ou d'un fût, qui peut céder avant les parois. Lorsque l'onde de choc se déplace radialement à partir de l'ouverture, on peut également observer des dommages à des endroits qui ne sont pas localisés dans la direction de l'ouverture. *(Voir la figure 21.4.1.1.)*

21.4.1.4.2 Le front de l'onde de pression, peut aussi être réfléchi, par des obstacles solides et être redirigé, occasionnant une augmentation substantielle ou une diminution éventuelle de la pression, selon les caractéristiques de l'impact avec l'obstacle.

21.4.1.4.3 Après que les réactions de propagation aient consommé le combustible disponible, la force du front de pression en expansion décroit avec l'augmentation de la distance par rapport à l'épicentre de l'explosion. *(Voir la figure 21.4.1.4.3.)*

21.4.1.5 Vitesse d'augmentation de la pression/ Pression maximale d'explosion. La nature des dommages causés par le souffle d'une explosion dépend, non seulement, de l'énergie totale générée, mais aussi, et souvent dans une large mesure, de la vitesse de libération de l'énergie et par conséquent de la vitesse de l'élévation de la pression.

21.4.1.5.1 Des vitesses de montée en pression relativement lentes, produiront des effets de type déplacement ou gonflement, constatés pour les dommages caractéristiques des explosions modérées à faibles. Les parties les plus faibles d'une enceinte confinée ou d'un réservoir, telles que des fenêtres ou des soudures, cèderont en premier, jouant le rôle d'évent pour l'onde de pression et réduisant ainsi globalement les dommages causés par les effets de l'explosion.

21.4.1.5.2 Pour les explosions d'enceintes, où la vitesse de montée en pression est très rapide, plus rapide que la vitesse à laquelle l'enceinte peut réagir, il y aura plus de dégâts sur le récipient ou le conteneur initialement confiné, et les débris seront projetés sur de plus grandes distances, car l'effet d'évent par ouverture des contenants n'aura pas suffisamment de temps pour se développer. Ceci correspond aux dommages caractéristiques d'une explosion forte.

21.4.1.5.3 Lorsque la vitesse de montée en pression est moins rapide, mais tout de même plus rapide que la vitesse avec laquelle l'enceinte va réagir, l'effet d'évent aura une influence importante sur la pression maximale atteinte. Voir la NFPA 68, *Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting*, pour consulter les équations, les données, et la méthodologie de calcul sur

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

les effets théoriques des évents sur la pression lors d'une déflagration. Ces calculs supposent que le bâtiment ou le récipient peut résister à une pression assez élevée. La pression maximale théorique lors d'une déflagration peu rapide peut, dans certaines circonstances, atteindre des valeurs, jusqu'à 7 à 9 fois plus élevées par rapport à la pression initiale. De telles pressions sont toutefois atteintes dans les réacteurs d'essais qui ne laissent pas l'onde de pression s'échapper, et ne peuvent donc pas être extrapolées aux conditions réelles rencontrées sur les scènes d'explosion. Dans certaines conditions avec des combustibles très réactifs (hydrogène, acétylène, éthylène), la turbulence créée par la géométrie de l'enceinte confinée, ou par l'encombrement à l'intérieur de l'enceinte, lors de déflagrations rapides, la pression peut atteindre localement 7 fois la pression initiale, du fait des effets dynamiques tels que la convergence, la réflexion et la précompression des ondes de pression. Pour étudier ces effets, on peut réaliser des essais adaptés ou utiliser des modèles CFD (Computational Fluid Dynamic).

21.4.1.5.4 Dans les situations couramment rencontrées, telles que les explosions de fuites de gaz dans les habitations ou dans les bâtiments commerciaux, la pression maximale atteinte se limitera à une valeur un peu supérieure à la pression que les principaux éléments d'un bâtiment (murs, toiture, et grandes fenêtres) peuvent supporter sans rompre (pression minimale de rupture). Pour une habitation correctement construite, cette pression dépassera rarement 21 kPa (3 psi).

21.4.2 Effet missile (projectiles).

21.4.2.1 Lorsque les conteneurs, les structures, ou les récipients qui contiennent ou retiennent l'onde de surpression, se rompent, ils se brisent souvent en morceaux ou fragments susceptibles d'être projetés sur de grandes distances et avec une grande force. Ces fragments sont aussi appelés des missiles, des débris ou des projectiles. Ils peuvent causer des dommages importants et occasionner des blessures, souvent loin de la source de l'explosion. De plus, les missiles sont capables de rompre des lignes électriques, des conduites de combustible gazeux ou d'autre gaz inflammable, ou d'endommager des réservoirs de stockage, ajoutant ainsi des incendies après l'explosion ou causant des explosions supplémentaires.

21.4.2.2 La distance à laquelle les missiles peuvent être projetés lors d'une explosion, dépend en grande partie de leur direction initiale, vitesse, masse et caractéristiques aérodynamiques. La figure 21.4.2.2 présente les trajectoires idéales des missiles, pour différentes directions initiales. La distance réelle, qu'un missile peut parcourir, dépend largement des conditions aérodynamiques, des obstacles et de la possibilité d'impacts par ricochet. Comme présenté sur la figure 21.4.2.2, l'investigateur devrait avoir conscience que la distance totale parcourue par un missile dans l'air, ne correspond pas à la distance linéaire réelle comptée à partir du lieu d'origine.

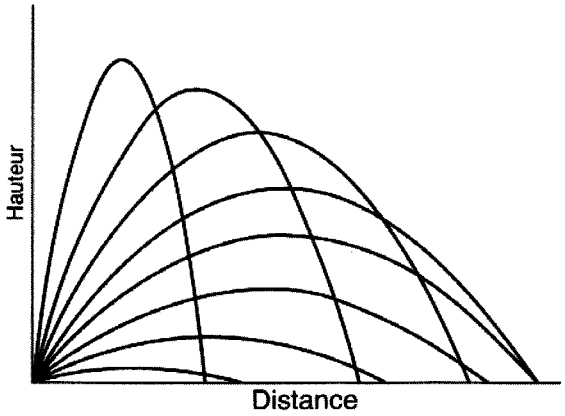


FIGURE 21.4.2.2 Trajectoires idéales d'un missile pour différentes directions initiales de projection.

21.4.3 Effets thermiques. Les combustions explosives émettent de l'énergie, qui échauffe les gaz de combustion et l'air ambiant, à des températures élevées. Cette chaleur est susceptible de mettre le feu à des combustibles thermiquement fin, et de faible inertie thermique, situés à proximité ou de causer des blessures par brûlures à quiconque se trouverait dans la zone. (Voir dans le chapitre ; principes relatifs aux sciences du feu, la section sur les transferts thermiques). Ces incendies secondaires augmentent les dommages et les atteintes aux personnes et compliquent le processus d'investigation. Dans certains cas, l'incendie peut réellement constituer l'évènement primaire. Il est peut être difficile de déterminer, si c'est l'incendie ou l'explosion qui a eu lieu en premier.

21.4.3.1 Toutes les explosions de type chimique libèrent de la chaleur en raison des modifications chimiques qui se produisent au niveau du combustible. Les dommages thermiques *(voir la section sur les températures efficaces dans le chapitre sur les traces laissées par l'incendie)* dépendent de la nature du combustible, autant que du temps, que durent ces températures élevées.

21.4.3.2 Les effets thermiques des explosions peuvent être, par exemple, les boules de feu et les brandons, observés notamment pour les BLEVEs mettant en jeu des gaz liquéfiés. Une boule de feu correspond à l'apparition fugitive d'une sphère enflammée pendant ou après l'explosion. A mesure que la partie externe du nuage de gaz brûle, celui-ci s'élève et forme une boule de feu. Lorsque la boule de feu s'élève, elle génère un nuage en forme de champignon, au sein duquel de violents mouvements de convection sont susceptibles de se former. Une boule de feu peut émettre du rayonnement thermique très intense mais de courte durée. Les boules de feu sont susceptibles d'être crées du fait des forces liées à la quantité de mouvement comme lors d'un BLEVE ou lors de l'éclatement d'un réservoir, ou du fait des forces de flottabilité résultant d'un nuage de gaz en combustion. Les brandons sont des fragments chauds ou encore brûlants projetés par une explosion. Ces différents effets peuvent démarrer

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

des incendies loin de l'épicentre de l'explosion.

21.4.4 Effets sismiques (Choc transmis au sol). Pour qu'il se produise un choc au niveau du sol, il faut que l'explosion communique vers le sol une énergie significative, susceptible d'engendrer des mouvements de sol. Lorsque les parties détruites des bâtiments de grande taille, ont des répercussions sur le sol, de l'énergie cinétique localisée peut être transmise dans le sol. Ces effets de mouvements de sols, habituellement négligeables pour de petites explosions et pour les explosions de combustible diffus, peuvent parfois occasionner des dommages additionnels aux bâtiments, aux conduites souterraines d'alimentation en énergie et en fluides, aux pipelines, aux réservoirs et aux câbles enterrés.

21.5 Facteurs influents sur les effets des explosions. Les facteurs, qui peuvent avoir une influence, sur les effets d'une explosions, sont notamment ; la nature et la configuration du combustible ; le type, les dimensions, le volume, et la forme de tout contenant ou objet concerné ; degré d'encombrement et d'obstacles dans l'enceinte ; la localisation et la puissance de la source d'ignition ; la présence éventuelle d'évent sur le contenant ; la pression maximale d'explosion ; et la vitesse de montée en pression. Ces paramètres et leurs différentes combinaisons possibles, lors d'une explosion, peuvent engendrer une large gamme d'effets physiques auxquels l'investigateur pourra se trouver confronté. Différents phénomènes peuvent affecter les caractéristiques d'une onde de pression alors qu'elle se déplace en s'éloignant de la source.

21.5.1 Combustible. La nature du combustible, qu'il s'agisse de poussières, de gaz, de vapeurs ou d'aérosols produits par un liquide inflammable ou combustible, ou d'un explosif, aura une influence marquée sur les effets générés par l'explosion. Les combustibles véhiculés dans l'air produisent des effets fondamentalement différents de ceux générés par des explosifs ou des substances pyrotechniques. (Voir la section sur les combustibles dans le chapitre sur les principes relatifs aux sciences du feu.)

21.5.2 Turbulence. Au sein d'un mélange combustible-air, la turbulence augmente la vitesse de la flamme et par conséquent, augmente grandement la vitesse de combustion et le vitesse de montée en pression. La turbulence peut entraîner des vitesses de montée en pression importantes même avec de relativement petites quantités de combustible pouvant alors générer les dommages caractéristiques d'une forte explosion, même si le mélange se situe en-dessous ou au-dessus des conditions stœchiométriques. La forme, le volume, et la présence d'obstacles au sein de l'enceinte confinée est susceptible d'avoir un effet important sur la sévérité de l'explosion en affectant la nature de la turbulence. Il a été démontré que l'encombrement créé par l'abondance d'obstacles sur le chemin de l'onde de flamme augmentait la turbulence et augmentait de façon importante la sévérité de l'explosion, principalement en raison de l'augmentation de la vitesse de la flamme du mélange concerné. D'autres sources d'agitation et de turbulence, telles que les ventilateurs et la ventilation par air pulsé, sont susceptibles d'accroître les effets d'une explosion. (Voir la figure 21.8.2.1.7.)

21.5.3* Configuration de l'espace confiné. La nature de l'enceinte – sa taille, sa forme, ses dispositions constructives, son volume, ses matériaux constitutifs, sa conception, et ses obstacles internes – modifieront également de façon importante les effets de l'explosion. Par exemple, du gaz naturel en mélange dans l'air à une concentration donnée, produira une vitesse de montée en pression différente selon que ce mélange est contenu dans un local de 28.3m^3 (1000 ft3) ou de 283.2 m^3 (10 000 ft3) au moment de l'inflammation. (Voir la NFPA 68, Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting.) Cette différence d'effet reste vraie même lorsque la surpression maximale atteinte est pratiquement la même.

21.5.3.1 Un long couloir rempli d'un mélange gaz combustible – air, avec inflammation à une extrémité, présentera de grandes différences au niveau de la répartition des pressions, de la vitesse de montée en pression, et des effets sur le bâtiment par rapport au même volume combustible – air enflammé dans un local cubique.

21.5.3.2 Au cours d'une explosion, la turbulence créée par les obstacles à l'intérieur d'une enceinte confinée est susceptible d'augmenter les dommages. Cette turbulence peut être causée par des obstacles matériels tels que des colonnes, ou des poteaux, des machines, des conduites, des racks, etc., qui augmentent la vitesse de la flamme, et ainsi augmentent la vitesse de montée en pression.

21.5.4* Emplacement et puissance de la source d'ignition. La vitesse de montée en pression sera maximale lorsque la source d'ignition se trouve au centre d'une enceinte cubique confinée et non-encombrée. Plus la source d'ignition est près des murs d'une telle enceinte ou bâtiment confiné, plus le front de flamme atteindra le mur et s'éteindra précocement, entraînant une réduction de la surface de la flamme et de la zone de réaction. Ceci conduit à une perte énergétique, correspondant à une vitesse de montée en pression plus faible et à une explosion moins violente. (Voir la figure 21.5.4 qui présente des résultats expérimentaux.)

21.5.4.1 Dans les bâtiments couramment rencontrés, qui comprennent des zones avec un recoupement important, un semi-confinement, des ouvertures ou un encombrement partiel, l'emplacement de la source d'ignition est très important pour la montée en pression (pression maximale et vitesse de montée en pression) et pour le niveau de dommages correspondant et sa répartition. Des essais spécifiques ou des outils de modélisation CFD (Computational Fluid Dynamics) peuvent être mis en œuvre afin d'analyser de tels sinistres.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

21.5.4.2 L'énergie de la source d'ignition n'a en général que peu d'effet sur le déroulement d'une explosion, il arrive cependant que de puissantes sources d'ignition (par ex. la dynamite ou les systèmes explosifs) soient susceptibles d'accroître de façon significative la vitesse de montée en pression et, dans quelques cas de permettre la transition d'une déflagration vers une détonation.

21.5.5 Évents. Pour les explosions de combustibles diffus (tels que les gaz, vapeurs ou poussières), la présente d'ouvertures sur l'enceinte de confinement aura également un effet important sur la nature des dommages créés par l'explosion. Par exemple, une conduite en acier est susceptible d'éclater en son milieu, si elle est suffisamment longue, même si elle est ouverte à ses deux extrémités. Le nombre, la taille, et l'emplacement des portes et des fenêtres peuvent conditionner la totale destruction d'un local, un simple déplacement des murs et du plafond, ou aucun dommage au niveau des murs et du plafond.

21.5.5.1 La présence d'ouvertures sur une enceinte confinée ou sur un bâtiment peut aussi entraîner des dommages à l'extérieur de l'enceinte ou du bâtiment. Les dommages les plus importants sont prévisibles dans l'axe de l'ouverture, du fait de l'onde de souffle et de l'expulsion de produits chauds. Par exemple, dans une pièce, le front de l'onde de souffle peut traverser une porte et endommager des objets ou des matières directement dans l'axe de la porte de la pièce adjacente. Des effets similaires peuvent être observés dans l'axe de la soudure d'un réservoir ou d'un fût, qui cède avant les parois. Lorsque l'onde de souffle se déplace radialement par rapport à l'ouverture, des dommages peuvent aussi être observés en des lieux qui ne sont pas situés dans l'axe de l'ouverture.

21.5.5.2 Pour les détonations, les évents sont nettement moins efficaces que pour les déflagrations, car les vitesses du front de l'onde de souffle sont trop importantes pour que n'importe quelle ouverture soit en mesure d'évacuer le pic de pression.

21.5.6 Onde de choc (Front de pression) Modification par réflexion. Lorsqu'une onde de pression rencontre des objets sur son passage, elle peut se trouver amplifiée du fait de la réflexion. La réflexion va causer une augmentation de la surpression, en l'amplifiant, suivant l'angle d'incidence, et la valeur de la surpression incidente. Cet effet est particulièrement important dans les coins où la pression peut se trouver localement focalisée du fait des réflexions.

21.5.7 Modification de l'onde de pression par réfraction et concentration de l'effet de souffle. Le défaut d'homogénéité de l'atmosphère peut parfois entraîner des anomalies dans le comportement de l'onde de pression. Lorsqu'une onde de pression rencontre une couche d'air à une température ou une densité sensiblement différente, cette couche peut courber ou réfracter l'onde. Ceci peut se produire, car la vitesse du son est proportionnelle à la racine carrée de la température et de ce fait à la masse volumique de l'air. La propagation du souffle est normalement hémisphérique à partir du sol ; une inversion de température située à faible altitude, peut réfracter et concentrer au sol l'onde de pression, autour de l'épicentre de l'explosion. Le cisaillement généré par un vent fort peut aussi concentrer l'effet de souffle dans la direction du vent.

21.6 Explosions avec cratères.

21.6.1 Généralités. Le siège d'une explosion correspond au cratère ou à la zone où se concentrent les plus gros dommages ; il a fréquemment une forme approximativement circulaire ou sphérique. Le siège d'une explosion peut ne pas toujours être localisé au point d'initiation de l'explosion (épicentre). Des matières peuvent avoir été projetées en dehors du cratère. Ces matières éjectées peuvent avoir la taille de pièces de débris les plus grands jusqu'à celle de fines poussières. La présence d'un cratère est typique de l'explosion d'une source d'explosif concentrée, directement en contact avec le siège ou à proximité immédiate. (Voir la figure 21.6.1.)



FIGURE 21.6.1 Cratère de 3 ft de diamètre causé par la détonation d'un explosif au sol. On peut observer des projections des matériaux du sol en bas dans le coin droit de la photo.

21.6.1.1 Ces sièges peuvent être de n'importe quelle taille, selon la taille et la puissance du matériau explosif concerné. Leur taille typique varie entre quelques centimètres (inches) jusqu'à 7.6 m (25 ft) de diamètre. Ils présentent un cratère facilement reconnaissable de terre, sols, ou murs pulvérisés situé au centre d'une zone moins endommagée. Les explosions avec cratère se caractérisent généralement par une pression importante et une vitesse de montée en pression rapide.

21.6.1.2 Seuls certains types ou certaines configurations d'explosifs peuvent donner lieu à la formation de cratères. On peut citer les explosifs, les chaudières à vapeur, les gaz combustibles ou les vapeurs émises par des combustibles liquides en situation

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

particulièrement confinée, et les BLEVEs dans des contenants relativement petits, tels que des boîtes métalliques ou des fûts.

21.6.1.3 En général, il est reconnu que la vitesse de réaction devrait dépasser la vitesse du son (détonation) pour creuser un cratère, sauf si cet effet est créé par un missile projeté (projectile) par un réservoir qui s'ouvre ou se fragmente. Chaque explosion de ce type dans une enceinte confiné émet de l'énergie en un temps très court, générant une onde de pression qui décroit avec la distance.

21.6.2 Explosifs. Les explosions dus à différents explosifs sont souvent facilement reconnaissables du fait de leur épicentre très localisé, ou de leur cratère. Les explosifs puissants créent une onde de pression se déplaçant à une vitesse si rapide lors de la phase positive de la détonation qu'elle pulvérise souvent l'environnement immédiat et produit un cratère ou une zone de dommages majeurs, extrêmement localisée. Cependant, si une explosion se produit en un lieu où la matière explosive ne se trouve pas en contact avec une surface (en suspension dans l'air ou à une certaine distance au-dessus du sol), il peut ne pas y avoir de cratère et l'investigateur, pour réaliser ses interprétations, ne pourra prendre en compte que la zone des dommages les plus intenses et le type de combustible susceptible d'être présent.

21.6.3 Chaudières et réservoirs sous pression. L'explosion d'une chaudière créée souvent un cratère en raison de la quantité d'énergie importante, de la vitesse d'évacuation de la pression, et de la zone d'origine confinée. Les explosions de chaudières et de réservoirs sous pression vont présenter des effets similaires à ceux des explosifs, avec toutefois des surpressions moins localisées à proximité de la source.

21.6.4 Combustible gazeux, ou vapeur émise par un liquide, en milieu confiné. Les combustibles gazeux, ou les vapeurs émises par un liquide inflammable lorsqu'ils sont confinés dans de petits contenants tels que des bouteilles, de petits réservoirs, des fûts, ou tout autre conteneur peuvent aussi conduire à des explosions avec cratère.

21.6.5 BLEVE. Un BLEVE peut aussi donner lieu à une explosion avec cratère si le contenant confiné (bouteille, fût ou réservoir) est de petite taille et si la vitesse d'évacuation de la pression est suffisamment rapide lors de la ruine du contenant (explosion mécanique).

21.7 Explosions sans cratère. Les explosions sans cratère se produisent principalement lorsque les combustibles se trouvent à l'état dispersé ou diffusé au moment de l'explosion, la vitesse de montée en pression étant modérée et la vitesse de l'explosion étant inférieure à la vitesse du son. Il faudrait garder à l'esprit que même les détonations de combustibles à l'état diffusé et d'explosifs en phase condensé peuvent générer des dommages correspondant à ceux des explosions sans cratère dans certaines conditions, par exemple une explosion en hauteur.

21.7.1 Gaz combustibles. Les gaz combustibles, tels que le gaz naturel commercial ou le GPL, produisent la plupart du temps des explosions sans cratère. Ceci s'explique par le fait que ces gaz sont souvent confinés dans de grandes enceintes, comme des locaux ou des bâtiments, et que leur vitesse de déflagration est subsonique.

21.7.2 Liquides combustibles ou inflammables en nappes. Les explosions dues à l'inflammation de vapeurs de liquides combustibles ou inflammables en nappes sont typiquement des explosions sans cratère. La zone relativement importante couverte, d'où sont issues les vapeurs inflammables et la vitesse d'explosion subsonique excluent la création d'un petit cratère avec de forts dommages localisés.

21.7.3* Poussières. Les explosions de poussières se produisent la plupart du temps dans des espaces confinés avec une dispersion des poussières relativement importante, tels que les dispositifs élévateurs de grains, les équipements de traitement dans les usines ou les mines de charbon ; la poussière combustible est susceptible de s'y accumuler en quantité suffisante pour permettre à la réaction de se propager. L'étendue des zones d'origine exclut la création de siège prononcé.

21.7.4 Backdraft (explosion de fumée). Le backdraft se produit dans un volume contenant de la matière particulaire et des gaz combustibles en diffusion dans l'air. La vitesse d'explosion est subsonique, interdisant ainsi la formation de siège prononcé.

21.8 Explosions de gaz ou de vapeurs.

Les explosions les plus couramment rencontrées, sont celles, qui mettent en jeu des gaz ou des vapeurs, particulièrement des gaz combustibles ou des vapeurs émises par des liquides inflammables. Le tableau 21.8 présente certaines caractéristiques utiles concernant les gaz inflammables courants. La NFPA 68, *Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting*, apporte des informations plus complètes sur les principes fondamentaux, concernant ces explosions. Le tableau 21.8 ne présente qu'une seule valeur pour les limites inférieures et supérieures d'inflammabilité, ces limites varient en réalité avec la température. La figure 21.8 montre comment les limites d'inflammabilité peuvent varier avec la température.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Tableau 21.8 Caractéristiques de combustion des gaz inflammables courants

Gaz	Unité		Limites d'inflammabilité Pourcentage volumique dans l'air		Densité (air=1.0)	Air nécessaire à brûler 1 m^3 de Gaz (m^3)	Air nécessaire à brûler 1 ft^3 de Gaz (ft^3)	Température d'auto-inflammation	
	MJ/m^3 (brut)	Btu/ft^3 (brut)	Inférieure	Supérieure				°C	°F
Gaz naturel									
Type fort taux de gaz inerte[a]	35.7–39.2	958–1051	4.5	14.0	0.660–0.708	9.2	9.2	—	—
Type fort taux de méthane[b]	37.6–39.9	1008–1071	4.7	15.0	0.590–0.614	10.2	10.2	482–632	900–1170
Type fort PCI[c]	39.9–41.9	1071–1124	4.7	14.5	0.620–0.719	9.4	9.4	—	—
Gaz de haut fourneau	3.0–4.1	81–111	33.2	71.3	1.04–1.00	0.8	0.8	—	—
Gaz de four à coke	21.4	575	4.4	34.0	0.38	4.7	4.7	—	—
Propane (commercial)	93.7	2516	2.15	9.6	1.52	24.0	24.0	493–604	920–1120
Butane (commercial)	122.9	3300	1.9	8.5	2.0	31.0	31.0	482–538	900–1000
Gaz d'égouts	24.9	670	6.0	17.0	0.79	6.5	6.5	—	—
Acétylène	208.1	1499	2.5	81.0	0.91	11.9	11.9	305	581
Hydrogène	12.1	325	4.0	75.0	0.07	2.4	2.4	500	932
Ammoniac	14.4	386	16.0	25.0	0.60	8.3	8.3	651	1204
Monoxyde de carbone	11.7	314	12.5	74.0	0.97	2.4	2.4	609	1128
Éthylène	59.6	1600	2.7	36.0	0.98	14.3	14.3	490	914
Méthyle acétylène, propadiène, stabilisé[d]	91.3	2450	3.4	10.8	1.48	-	-	454	850

[a]Composition typique CH_4 71.9–83.2 % ; N_2 6.3–16.20 %.

[b]Composition typique CH_4 87.6–95.7 % ; N_2 0.1–2.39 %.

[c]Composition typique CH_4 85.0–90.1 % ; N_2 1.2–7.5 %.

[d]MAPP® Gaz mentionnés dans la *Fire Protection Handbook*, 19th ed., Tableau 8.7.3.

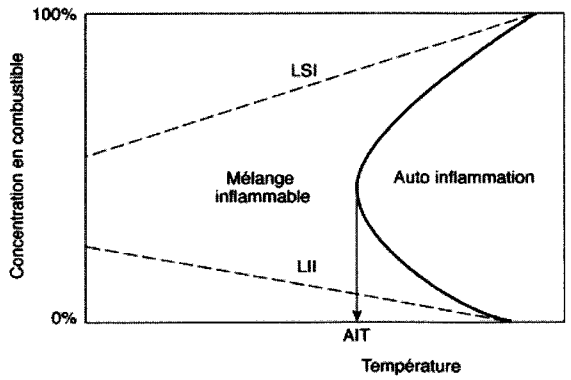


FIGURE 21.8 Schéma montrant l'effet de la température sur la fourchette d'inflammabilité/ explosivité des gaz *(Source : GexCon-Gas Explosion Handbook, figure 4.5)*

Tableau 21.8.1 Énergie minimale d'inflammation d'une sélection de combustibles*

Gaz/Vapeur	Énergie minimale d'inflammation (mJ)
Acétylène	0,02
Benzène	0,225
Butane	0,26
Éthane	0,24
Heptane	0,24
Hexane	0,248
Hydrogène	0,018
Méthane	0,28
Méthanol	0,14
Méthyl Ethyl cétone	0,28
Pentane	0,22
Propane	0,25

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

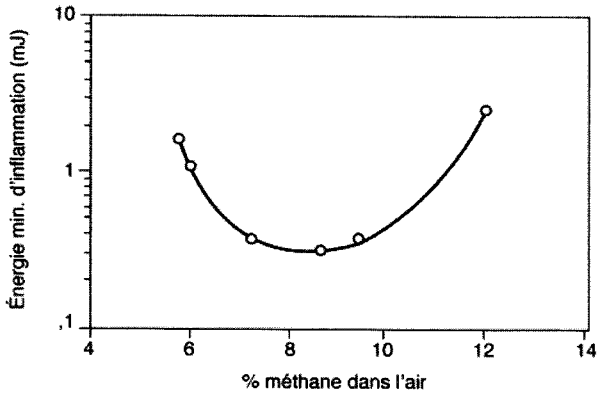


FIGURE 21.8.1 Comparaison expérimentale de l'énergie minimale d'inflammation en fonction du pourcentage de méthane dans l'air ***(Source : GexCon-Gas Explosion Handbook, figure 4.5)/***

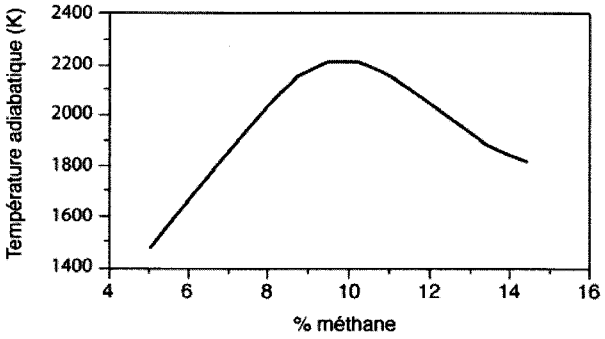


FIGURE 21.8.2.1.1 Température adiabatique de flamme pour des conditions initiales de 1 atm. et 25°C ***(Source : GexCon-Gas Explosion Handbook, figure 4.7.)***

21.8.1* Inflammation des gaz et des vapeurs. Les mélanges ; combustible gazeux-air sont les combustibles, les plus facilement inflammables, capables d'occasionner une explosion. Des températures minimum d'auto-inflammation dans la fourchette 370°C à 590°C (700°F à 1100°F) sont courantes, et elles peuvent même être plus basses pour les hydrocarbures plus lourds, comme l'heptane avec une valeur de 215°C (419°F). Les énergies minimales d'inflammation d'une sélection de combustibles sont présentées dans le tableau 21.8.1. Même si le tableau 21.8.1 ne présente que des valeurs uniques, l'énergie minimale d'inflammation varie avec le rapport combustible/air comme on peut le voir sur la figure 21.8.1 pour le méthane.

21.8.2 Interprétation des dommages consécutifs à une explosion. Les dommages aux structures, consécutifs aux explosions (faibles à modérés ou forts) dépendent d'un certain nombre de facteurs. On peut citer ; le ratio combustible-air, la densité des vapeurs du combustible, les effets de la turbulence, le volume de l'espace confiné, la localisation et la puissance de la source d'ignition, et les caractéristiques de résistance de la structure.

21.8.2.1* Ratio combustible-air. La nature des dommages, subis par la structure confinée, peut souvent être un indicateur du mélange combustible-air au moment de l'inflammation.

21.8.2.1.1 La température adiabatique de flamme dépend de la concentration en combustible comme présenté sur la figure 21.8.2.1.1. Le pic de pression théorique d'un combustible est largement fonction de sa température adiabatique de flamme, et, en moindre mesure, de la production/consommation molaire nette de la réaction.

21.8.2.1.2 Il n'est pas nécessaire que tout le volume soit occupé par un mélange inflammable : combustible-air, pour qu'il se produise une explosion. Des volumes relativement petits de mélange inflammable, capables d'engendrer des dommages, peuvent résulter de l'accumulation de gaz ou de vapeurs en un lieu donné avec une inflammation se produisant avant que les gaz ou vapeurs aient migré et envahi tout le volume d'un local ou d'une enceinte confinée. Selon les caractéristiques du combustible et la géométrie de l'enceinte confinée, il peut se produire une explosion ou un flash fire. L'absence de dommages caractéristiques d'une explosion n'exclut pas la présence d'un mélange combustible/air inflammable.

21.8.2.1.3 Les explosions, qui se produisent sur des mélanges, à ou proches de la limite inférieure d'inflammabilité (LII) ou de la limite supérieure d'inflammabilité (LSI) de gaz ou de vapeur, sont moins violentes que les explosions qui se produisent près de la concentration optimale (c.à.d. généralement autour de la stœchiométrie). Les explosions, pour lesquelles le ratio combustible-air est inférieur au ratio optimal, génèrent des vitesses de propagation la flamme plus lentes, des vitesses de montée en pression plus faibles et des pressions maximales plus faibles. En général, ces explosions tendent à pousser et soulever la structure confinée, produisant ainsi des dommages plus faibles. Cependant, il existe des cas où des couches stratifiées de mélange riche en combustible sont expulsées par une ouverture et se mélangent avec l'air ambiant, générant un mélange inflammable et une explosion potentiellement forte

21.8.2.1.4 Vitesse de combustion laminaire.

Dans les propagations de flamme laminaire, la vitesse de propagation de la flamme par rapport aux gaz non brûlés est appelée vitesse de combustion laminaire, SL. La vitesse de combustion correspond à la vitesse de propagation de la flamme par rapport à la vitesse des gaz frais devant le front. La vitesse de combustion théorique est la vitesse de combustion d'une flamme laminaire dans des

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

conditions données, de composition, de température, et de pression des gaz frais. La vitesse de combustion théorique est une caractéristique inhérente au combustible ayant une valeur constante, alors que les vitesses réelles de flamme peuvent largement varier, selon les valeurs prises par les différents paramètres de température, de pression, de volume et de configuration du volume confiné, de concentration en combustible, et de turbulence. La vitesse de combustion laminaire est la composante de la vitesse normale à la surface de la flamme, elle est déterminée expérimentalement selon différentes méthodes telles que ; (1) Flammes de bec bunsen : rapport entre le débit, et la surface réelle du front de flamme, (2) Brûleurs à flamme plate, (3) Flammes se propageant de façon sphérique, et (4) Configuration de flammes à contre-courant. En général, ce n'est pas la vitesse qui intéresse réellement l'investigateur. *(Voir le Tableau 21.8.2.1.4.)*

21.8.2.1.4.1 La vitesse de combustion laminaire correspond à la vitesse, à laquelle un front réactionnel se déplace dans un mélange de gaz frais, en transformant chimiquement le combustible et le comburant, en produits de combustion. Elle ne constitue qu'une fraction de la vitesse de flamme. La vitesse de flamme résulte de la vitesse du front de flamme engendré par la dilatation des produits de combustion due à l'augmentation de température, à toute augmentation du nombre de moles et à toute vitesse d'écoulement résultant du déplacement du mélange gazeux avant inflammation. La vitesse de combustion du front de flamme peut se calculer à partir de la vitesse de combustion théorique, qui figure dans la NFPA 68, *Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting*, dans des conditions normalisées de température, de pression, et de composition des gaz frais. Comme la pression et la turbulence augmentent substantiellement au cours d'une explosion, la vitesse de combustion théorique va augmenter, accélérant alors la vitesse de montée en pression. Dans la NFPA 68, on peut trouver des données sur différents produits.

21.8.2.1.5 Facteur de dilatation. Le facteur de dilatation correspond au rapport entre le volume occupé par les produits de combustion derrière le front de flamme en progression et le volume initialement occupé par le mélange combustible/air après inflammation. Les produits de combustion, qui se dilatent, poussent le mélange combustible/air, qui n'a pas encore réagi, devant le front de flamme. Chaque combustible a généralement une valeur caractéristique de facteur de dilatation dans des conditions de température, de pression, et de concentration combustible/air définies. Le rapport de densité correspond au facteur de dilatation du mélange, où ρu est la masse volumique des gaz imbrûlés, et ρb est la masse volumique des gaz brûlés. Lorsque la composition chimique du combustible et du comburant sont connues, le degré de dilatation peut être calculé pour une combustion stœchiométrique dans les conditions idéales. Le facteur de dilatation est le plus grand pour les mélanges combustible/air légèrement au-dessus des conditions stœchiométriques. Le facteur de dilatation est directement proportionnel au volume et à la température des produits de combustion. Pour la plupart des combustibles gazeux couramment rencontrés, le facteur de dilatation se situe entre 7 et 8. *(Voir le Tableau 21.8.2.1.4.)*

21.8.2.1.6 Vitesse de flamme laminaire. La vitesse de flamme laminaire correspond à la vitesse locale, pour un observateur fixe, d'une flamme se propageant librement sans l'effet de la turbulence au sein du mélange combustible/air. *(Voir le 21.8.2.1.7.)* Elle est égale au produit de la vitesse de combustion par le facteur de dilatation du front de flamme ; elle est donnée par la formule :

$$S_b = S_L \frac{\rho_u}{\rho_b}$$

Pour les mélanges hydrocarbure-air, on peut dire que, plus la vitesse de flamme laminaire est grande, plus le mélange est réactif. Cela signifie que la flamme peut se propager rapidement à travers un nuage et causer ainsi une accélération de cette flamme et une montée en pression. Les vitesses de flamme laminaire pour le méthane et le propane sont respectivement égales à 3.5 m/sec (11.5 ft/sec) et 4 m/sec (13.1 ft/sec). A certaines concentrations du mélange, des instabilités sont susceptibles de se produire, ce qui engendre le plissage de la flamme et l'augmentation de sa surface. Ceci peut encore augmenter la vitesse de flamme laminaire, jusqu'à des valeurs supérieures à celles évoquées ci-avant *(voir la figure 21.8.2.1.6.)*.

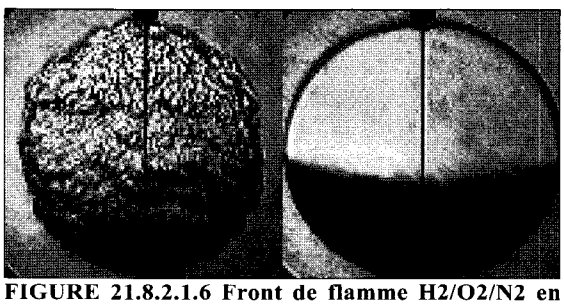


FIGURE 21.8.2.1.6 Front de flamme H2/O2/N2 en propagation radiale sous 3 atm. *A gauche flamme plissée rapport de concentration 0,7, à droite flamme non-plissée rapport de concentration 2,25. Vitesse de combustion, (SL) × facteur de dilatation, (E) = vitesse de flamme laminaire, (Sb Pour le Méthane : 1.47 ft./sec. × 7.4 = 10.87 ft./sec.*

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

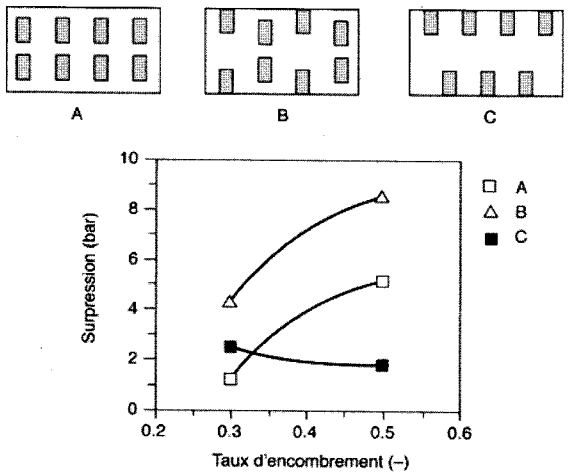


FIGURE 21.8.2.1.7 Influence de la configuration des obstacles sur la propagation de la flamme au sein de mélanges Éthylène-Air à l'intérieur d'une enceinte (van Wingerden et al., 1991).

21.8.2.1.7 Vitesse de flamme turbulente. Les explosions correspondent rarement à un régime de combustion laminaire (non-turbulent). La turbulence augmente la vitesse de flamme de façon importante et les explosions ont généralement une vitesse de flamme turbulente. Il est délicat de calculer la vitesse de flamme turbulente lors d'une explosion accidentelle, car il faudrait connaître les conditions d'écoulement local, y compris les paramètres tels que les obstacles et l'encombrement, qui augmentent la vitesse de flamme turbulente. Cependant, il est intéressant de savoir que les vitesses de flamme turbulente peuvent atteindre des valeurs supérieures à la vitesse du son au sein du mélange qui n'a pas encore réagi (ex : déflagrations rapides). *(Voir la figure 21.8.2.1.7.)*

21.8.2.1.8 L'explosion de mélanges proches de la LII, a peu tendance à générer beaucoup d'incendies post explosion, car pratiquement tout le combustible disponible, est consommé au cours de la propagation explosive.

21.8.2.1.9 Les explosions de mélanges proches de la LSI ont tendance à générer des incendies postexplosion en raison de mélanges riches en combustibles. La combustion retardée du combustible qui reste, génère l'incendie postexplosion. Il arrive souvent, qu'une fraction du mélange au-dessus de la LSI ne brûle pas avant qu'il y ait mélange avec l'air au cours de la phase de décharge de l'explosion ou au cours de la phase de pression négative, créant ainsi les conditions d'un incendie postexplosion ou d'une explosion secondaire.

21.8.2.1.10 Lorsqu'une explosion optimale (c.à.d. particulièrement violente) se produit, il s'agit presque toujours de mélanges proches ou justes au-dessus du mélange stœchiométrique (c.à.d. légèrement riche en combustible). C'est ce qu'on appelle le mélange optimal. Ces mélanges produisent les combustions les plus efficaces et, les vitesses de flammes les plus rapides, les vitesses de montée en pression les plus grandes, les pressions maximales, et par conséquent le plus de dommages. Des incendies postexplosion et des explosions secondaires peuvent se produire s'il reste des poches de mélanges trop riches qui se mélangent avec l'air (oxygène) générant des mélanges dont la concentration se situe à l'intérieur de la fourchette d'inflammabilité et qui peuvent alors brûler. L'hydrogène et certains autres combustibles sont susceptibles de causer des explosions pour une gamme de concentrations beaucoup plus large, à partir de la stoechiométrie. En outre l'effet explosif peut résulter de bâtiments ayant un degré d'encombrement fort, même avec des mélanges dont la concentration est assez éloignée de la stoechiométrie.

21.8.2.2* Densité par rapport à l'air (Densité des vapeurs). La densité par rapport à l'air (densité des vapeurs) de gaz ou de vapeurs combustibles peut avoir un effet notable sur la nature des dommages causés par une explosion, sur une structure confinée, telle qu'une habitation ou tout autre bâtiment. Alors que les mouvements d'air dus à la convection naturelle ou forcée constituent le mécanisme prépondérant pour le déplacement des gaz à l'intérieur d'un bâtiment, la densité des gaz par rapport à l'air (densité des vapeurs) est susceptible d'influencer le déplacement des gaz ou des vapeurs s'échappant d'un contenant ou d'un équipement de distribution.

21.8.2.2.1 Lorsqu'il se produit une fuite de gaz naturel au premier étage d'un bâtiment en comportant plusieurs, si ce gaz n'est pas rapidement enflammé, une explosion ayant un épicentre à un étage supérieure est susceptible d'avoir lieu. Le gaz naturel, étant plus léger que l'air, va d'abord monter par les ouvertures naturelles et peut même migrer à l'intérieur des murs. Cependant, à mesure que le gaz naturel se mélange à l'air pour donner un mélange inflammable, le mélange obtenu a alors quasiment la même densité que l'air, et son déplacement devient alors principalement gouverné par les mouvements d'air et la diffusion. Le gaz va continuer à se disperser dans le bâtiment jusqu'à ce qu'il rencontre une source d'ignition. Cependant, si la fuite n'est pas alimentée, il peut arriver que le gaz se dilue et se dissipe.

21.8.2.2.2 Une fuite de GPL, si le gaz n'est pas enflammé rapidement, peut diffuser loin de la source et, du fait de sa densité, aura tendance à migrer vers les parties basses au cours du temps. Cependant, à mesure que le GPL se mélange avec l'air jusqu'à former un mélange inflammable, la densité de ce mélange devient quasiment égale à celle de l'air, son déplacement est alors principalement gouverné par les mouvements d'air et la diffusion. Pendant la fuite et quelques temps après, le gaz peut se trouver à une concentration importante dans les zones basses. Cependant, si la fuite n'est pas alimentée, il peut arriver que le gaz se dilue et éventuellement se dissipe.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

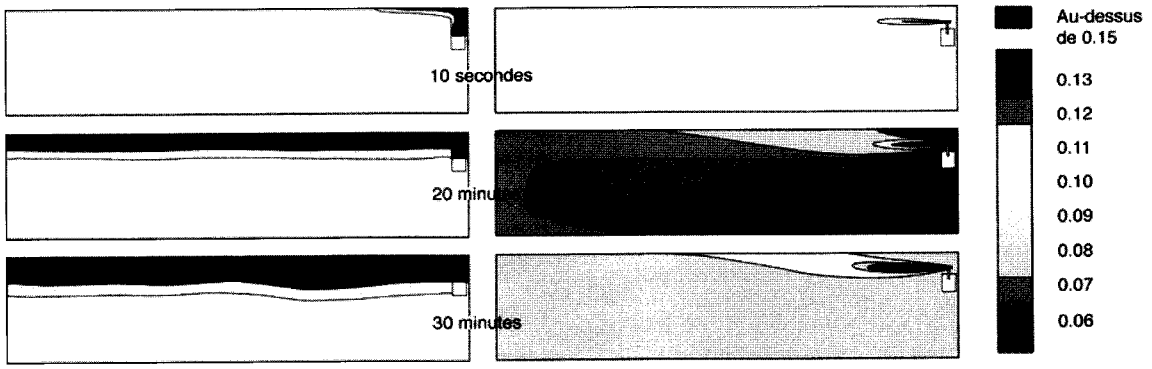


FIGURE 21.8.2.2.5 La pièce présente la concentration de méthane dans l'air pour une fuite de gaz naturel, impliquant un écoulement turbulent (à droite) et une écoulement à faible vitesse de sortie au sein d'un air calme (à gauche), en raison de l'incidence de débit ou du confinement partiel. Chaque fuite est d'environ 100ft^3/hr et la salle est d'environ 5300ft^3.

21.8.2.2.3 L'inflammation de ce gaz ne se produira que si la concentration, est à l'intérieur de la fourchette d'inflammabilité/d'explosivité et au contact d'une source d'ignition.

21.8.2.2.4 Que le gaz soit plus léger ou plus lourd que l'air, il devrait y avoir des traces du passage de la flamme à l'endroit où la couche combustible-air se trouvait. Des traces de chaleur ou de boursouflures sur la peinture, et sur les matériaux thermiquement fins (ex ; un abat-jour) constituent des indicateurs de ce type de phénomène. Le fonctionnement des systèmes de chauffage et de climatisation, les gradients de température, et les effets du vent sur le bâtiment peuvent entraîner du mélange et des mouvements et réduire les effets de la densité des gaz. Les effets de la densité des gaz sont maximaux dans des conditions d'air calme.

21.8.2.2.5* Des essais en vraie grandeur, sur la répartition des concentrations en gaz inflammable à partir d'écoulements turbulents, dans les locaux, ont montré que des concentrations proches de la stoechiométrie vont s'établir entre l'endroit de la fuite et soit le plafond pour les gaz plus légers que l'air ou soit le sol pour les gaz plus lourds que l'air. Il a aussi été constaté qu'un gaz plus lourd que l'air qui fuit au niveau du sol va générer une concentration plus forte au niveau du sol et que le gaz va doucement diffuser vers le haut. Un effet similaire mais en sens inverse est constaté pour les gaz plus légers que l'air, qui fuient à hauteur de plafond. Dans les deux cas, les essais ont montré que les mélanges gaz/air deviennent relativement homogènes et que pour les écoulements turbulents la croyance répandue qui consiste à croire qu'un gaz plus léger que l'air va remplir un local du haut vers le bas est incorrecte. Cependant, pour les fuites à faible vitesse de sortie au sein d'un air calme, les gaz plus légers que l'air vont remplir le local du haut vers le bas. *(voir la figure 21.8.2.2.5)*. La ventilation, qu'elle soit naturelle ou mécanique, est susceptible de modifier les mouvements et le mélange des gaz et de conduire à la propagation des gaz aux locaux voisins.

21.8.2.2.6 La densité du gaz combustible par rapport à l'air (densité de vapeur) n'est pas forcément indiquée par la localisation par rapport au niveau du sol des dommages au bâtiment, produits par le souffle de l'explosion. On croyait de façon répandue, que si les murs d'un bâtiment donné, étaient soufflés au niveau du sol, le combustible gazeux devait être plus lourd que l'air, et, à l'inverse, si les murs étaient soufflés au niveau du plafond, le combustible devait être plus léger que l'air. Du fait que la pression résultant de l'explosion s'équilibre à la vitesse du son, à l'intérieur d'un local, un mur subira une courbe de pression en fonction du temps, quasiment la même sur toute sa hauteur à moins qu'il se produise une accélération de flamme significative du fait de combustibles très réactifs (ex. hydrogène, acétylène, éthylène) ou d'une turbulence importante causé par la géométrie ou l'encombrement du bâtiment. Le niveau des dommages dus à une explosion dans un local traditionnel dépend de la résistance de la construction des têtes et des pieds de murs, le moins résistant cédant le premier.

21.8.2.2.7 Densité par rapport à l'air (densité des vapeurs) de mélanges inflammables gazeux. La densité par rapport à l'air (densité des vapeurs) de vapeurs 100 pour cent, non diluées dans l'air peut être très différente de la densité qu'elles ont en mélange dans l'air à une concentration comprise à l'intérieur de la fourchette d'inflammabilité/d'explosivité. Les mélanges inflammables de gaz et de vapeurs correspondent à une combinaison entre les composants combustibles et l'air. En général, ces mélanges inflammables contiennent majoritairement de l'air, entre 85 pour cent et 99 pour cent (l'hydrogène, l'acétylène, et l'éthylène constituent des exceptions à cette règle). La densité par rapport à l'air (densité des vapeurs) de la plupart des mélanges inflammables est beaucoup plus proche de celle de l'air (1,0) que de celle des composés combustibles 100 pour cent non dilué, couramment référencés dans les publications traitant des investigations incendie et explosion. Le calcul de la densité réelle par rapport à l'air (densité des vapeurs) d'un mélange combustible/air donné est fourni par l'équation de mélange suivante :

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

$$VD_m = \frac{VD_f(C_f) + (100 - C_f)}{100}$$

où :
VDm = est la densité par rapport à l'air (densité des vapeurs) du mélange combustible/air
VDf = est la densité par rapport à l'air (densité des vapeurs) du constituant combustible
Cf = est la concentration en pourcentage volumique du combustible dans le mélange combustible/air.

21.8.3 Migration souterraine des combustibles gazeux. Les combustibles gazeux, qui fuient au niveau du sous-sol, migrent dans le sous-sol, pénètrent dans les bâtiments, et viennent y alimenter des feux ou des explosions. Du fait que le sol autour des canalisations souterraines et des lignes d'alimentation en fluides ou en énergie, peut avoir été davantage remué que le sol à proximité, ou peut contenir matériaux de remplissage, le sol peut être moins dense et plus poreux. A la fois les gaz plus légers que l'air et les gaz plus lourds que l'air sont susceptibles de suivre ces chemins dans le sol, ou l'espace annulaire autour de l'extérieur de ces constructions souterraines et sont susceptibles de pénétrer dans les bâtiments par les ouvertures telles que celles au niveau des fondations, des sols ou des murs. Il arrive aussi souvent que ces gaz fuyards traversent le sol perméable, débouchent en surface, et se dispersent dans l'air sans créer de dommages. Cette dissipation peut demeurer non détectée pendant des mois ou des années. Cependant, si la surface au sol est couverte par de l'eau de pluie, un sol gelé, de la neige, de la glace, des nouveaux pavés, ou toute couverture étanche, les gaz sont susceptibles de commencer à migrer latéralement et à entrer dans les bâtiments.

21.8.3.1 On sait que les combustibles gazeux, qui migrent dans le sous-sol, pénètrent dans les bâtiments en s'infiltrant dans les égouts, les conduites souterraines pour l'électricité ou le téléphone, les gouttières, ou même directement par les caves ou les murs de fondations, aucun de ces équipements n'étant aussi hermétiques que les canalisations d'eau ou de gaz.

21.8.3.2 En outre, les gaz sont susceptibles de se déplacer dans les conduites souterraines sur des centaines de pieds et d'alimenter des explosions ou des incendies dans des bâtiments situés à distance.

21.8.3.3 Le gaz naturel et le propane ont peu ou pas d'odeur naturellement, en eux-mêmes. Afin de les rendre facilement détectables lorsqu'il y a une fuite, des composés nauséabonds sont ajoutés à ces gaz. La vérification du composé responsable de l'odeur, devrait faire partie de toute investigation explosion concernant ou concernant potentiellement des gaz combustibles, en particulier si aucune de fuite de gaz ne semble avoir été détectée par les témoins. La présence du composé, conférant l'odeur, et sa concentration devrait être vérifiées.

21.8.4* Explosions multiples. La migration et la formation de poches de gaz peuvent se manifester en donnant lieu à des explosions multiples, qu'on appelle généralement des explosions secondaires (et parfois des explosions en cascades). Les gaz et les vapeurs ayant migré vers des étages ou les locaux proches peuvent s'accumuler ou former des poches à chaque niveau. Lorsqu'une inflammation et une explosion se produisent à un étage ou dans une pièce, d'autres explosions peuvent suivre dans les zones ou les étages voisins.

21.8.4.1 La migration et l'accumulation de gaz génèrent souvent des zones ou des poches contenant différents mélanges combustible-air. Une poche peut se situer à l'intérieur de la fourchette d'inflammabilité du combustible tandis qu'une autre poche dans une pièce, à un étage voisin ou dans un espace interstitiel peut se trouver à une concentration supérieure à la limite supérieure d'inflammabilité (LSI). Lorsque le premier mélange est enflammé et explose, endommageant le bâtiment, les mouvements créés par l'explosion, notamment les phases de pression positive et négative, tendent à introduire de l'air dans le mélange riche en combustible jusqu'à l'amener dans la fourchette explosive. Ce mélange va exploser à son tour s'il rencontre une source d'énergie suffisante. De cette façon, on peut assister à une série d'explosions vapeur/gaz.

21.8.4.2 Les explosions multiples se produisent très couramment. Cependant, les explosions se succèdent si rapidement que les témoins rapportent souvent n'en avoir entendu qu'une seule, mais les indices matériels, notamment la présence de multiples épicentres, indiquent qu'il y a eu plus d'une explosion.

21.8.4.3 Une explosion secondaire ou des explosions en cascade dans des locaux voisins peuvent être plus violentes que l'explosion primaire dans certaines situations. Cette violence vient généralement du fait que la première explosion joue le rôle d'une source d'ignition très énergétique, créant des turbulences additionnelles et des possibles précompressions à l'intérieur du local.

21.9 Explosions de poussières.

21.9.1 Généralités. Les matériaux solides finement divisés (c.à.d. les poussières et les fines particules), lorsqu'elles sont dispersées dans l'air, peuvent alimenter en combustible des explosions particulièrement violentes et destructrices. Même les substances qui ne sont normalement pas considérées comme des combustibles, telles que l'aspirine, l'aluminium, le sucre ou les poudres de lait, peuvent donner lieu à des explosions, lorsqu'elles brûlent à l'état de poussière dispersée dans l'air.

21.9.1.1* Les explosions de poussières sont susceptibles de se produire avec une grande variété de produits : tels que les poussières de grains, les poussières de sciures ; les produits carbonés, tels que le charbon et le charbon

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

de bois ; les produits chimiques ; les substances pharmaceutiques telles que l'aspirine et l'acide ascorbique (c.à.d. la vitamine C) ; les colorants et les pigments ; les métaux, tels que l'aluminium, le magnésium, et le titane ; les plastiques ; et les résines, telles que le caoutchouc synthétique.

21.9.2* Taille des particules. La réaction de combustion se produisant à la surface des particules de poussières, les vitesses de montée en pression dépendent largement de la surface spécifique des particules de poussières dispersées. Pour une masse donnée de poussières, la surface totale des particules, et par conséquent la violence de l'explosion, augmentent lorsque la taille des particules diminue. Plus les particules sont fines, plus l'explosion est violente. En général, une concentration de poussières combustibles est susceptible de générer un risque d'explosion lorsque le diamètre des particules est inférieur ou égal à 500 microns, ou lorsque la plus petite dimension, pour des fibres est inférieure ou égale à 500 microns. *(Voir la NFPA 654.)*

21.9.2.1 Il existe certains cas où certaines tailles de particules peuvent être supérieures à 500 microns et encore présenter un risque d'explosion. C'est le cas pour certaines matières fibreuses telles que la bourre qui ont des ratios longueur sur diamètre très importants.

21.9.3* Concentration. La concentration de poussières dans l'air a un effet important sur l'inflammabilité et sur la violence de l'onde de pression. Comme pour les gaz et vapeurs inflammables, il existe, pour les poussières, une concentration minimale d'explosivité, nécessaire à ce qu'une réaction de combustion, susceptible de se propager, puisse se produire. Ces concentrations minimales d'explosion (CME) sont susceptibles de varier, suivant chaque type de poussières, de 20 g/m^3 à 2000 g/m^3 (0.015 oz/ft^3 à 2.0 oz/ft^3), les concentrations les plus courantes étant inférieures à 1000 g/m^3 (1.0 oz/ft^3). La taille des particules a une grande influence sur la concentration minimale d'explosion. Les valeurs des concentrations minimales varient de façon importante en fonction du type de poussière. Les valeurs trouvées dans la littérature doivent être utilisées avec précaution, car certaines valeurs sont trop faibles en raison d'erreurs de mesure. Les valeurs de la Concentration Minimale d'Explosion (CME) mesurées dans l'équipement de Hartman couramment utilisé sont environ à diviser par un facteur deux, alors que le degré d'erreur sur d'autres équipements n'a pas encore été évalué. *(Voir Babrauskas' Ignition Handbook.)* La réactivité chimique des nuages de poussière est plus faible que celle des gaz, aussi les valeurs de la CME sont nécessairement plus élevées. En dehors des gaz exceptionnellement réactifs, les valeurs de CME sont toutes supérieures à 30 gms/m^3, aussi des valeurs de CME plus faibles, trouvées dans la littérature pour des nuages de poussières ne seraient pas fiables. En l'absence de données spécifiques, on peut réaliser une estimation en multipliant les valeurs mesurées au tube Hartman par 2.

21.9.3.1 A la différence de la plupart des gaz et des vapeurs, il n'existe, toutefois, pas de limite de concentration supérieure fiable. La vitesse de réaction est davantage contrôlée par la surface spécifique que par une concentration maximum.

21.9.3.2 De la même façon, que pour les gaz et les vapeurs, la vitesse de montée en pression et la pression maximale d'une explosion de poussières sont plus élevées si la concentration en poussières avant l'explosion est proche ou à la concentration du mélange optimal. La vitesse de combustion et la pression maximale décroissent si le mélange est riche ou pauvre en combustible. La vitesse de montée en pression et la pression totale d'explosion sont très faibles à la limite minimale d'explosivité et pour des concentrations très riches en combustible.

21.9.4 Turbulence au sein des explosions de poussières. La turbulence au sein d'un mélange de poussières en suspension dans l'air augmente grandement la vitesse de combustion et par conséquent la vitesse de montée en pression. La forme et la taille du réservoir confiné peuvent avoir une influence importante sur la sévérité d'une explosion de poussières, en affectant le degré de turbulence, comme par exemple lorsque l'on déverse du grain à partir d'une grande hauteur dans un silo quasiment vide.

21.9.5* Humidité. Généralement, lorsque le taux d'humidité des particules de poussières augmente, l'énergie minimale d'inflammation et la température d'auto-inflammation des poussières en suspension augmentent. L'augmentation initiale de l'énergie minimale d'inflammation et de la température d'auto-inflammation est généralement faible, mais, lorsque la concentration d'humidité s'approche de la valeur limite, l'augmentation de l'énergie minimale d'inflammation et de la température d'auto-inflammation devient plus importante. Au-dessus des valeurs limites d'humidité, les suspensions de poussières ne vont plus s'enflammer. Le taux d'humidité de l'air ambiant, a cependant, peu d'influence sur la réaction de propagation, dès lors que l'inflammation s'est produite.

21.9.6 Énergie minimale d'inflammation des poussières.

21.9.6.1 Les explosions de poussières peuvent être initiées par les flammes nues, les matériaux qui fument, les filaments des ampoules électriques, le soudage et l'oxycoupage, les arcs électriques, les décharges d'électricité statique, les étincelles dues aux frottements, les surfaces chaudes, et l'auto-échauffement.

21.9.6.2 Pour la plupart des poussières, les températures d'auto-inflammation se situent dans une fourchette allant de 320°C à 590°C (600°F à 1100°F). Les poussières déposées en couche ont généralement une température d'auto-inflammation plus basse que les mêmes poussières en suspension dans l'air. Les énergies minimales d'inflammation sont plus élevées pour les poussières que pour les combustibles à l'état de gaz ou de vapeurs et se situent généralement dans une

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

fourchette allant de 10 mJ à 40 mJ, ce qui est bien plus élevé que pour la plupart des gaz et des vapeurs inflammables (~.02-.29 mJ).

21.9.7 Explosions multiples. Les explosions de poussières, relatives à des scénarios de type industriel, se produisent généralement en série. L'inflammation et l'explosion initiales sont souvent moins sévères que les explosions secondaires, qui peuvent suivre. En effet, la première explosion met en suspension davantage de poussières, ce qui engendre des explosions supplémentaires. Le mécanisme qui explique ce phénomène est le suivant ; des vibrations acoustiques et structurales ainsi que le front de pression de la première explosion se propagent plus vite que le front de flamme, ce qui soulève de la poussière qui se mélange à l'air en avant du front de flamme. Sur des moyens de production tels que les élévateurs de grains, ces explosions secondaires progressent souvent de zones en zones, ou de bâtiments en bâtiments.

21.10* Backdraft (explosion de fumée).

21.10.1 Lorsqu'un feu se produit à l'intérieur d'une pièce ou d'un bâtiment relativement étanche, l'oxygène vient souvent à manquer pour alimenter le feu. Dans ce cas, des concentrations importantes de particules et d'aérosols entraînés par de l'air chaud, et d'autres gaz inflammables peuvent être générés du fait de la combustion incomplète. Ces combustibles chauds vont s'accumuler dans un bâtiment où l'oxygène est insuffisant pour permettre une combustion et la ventilation également insuffisante pour que ces produits soient évacués.

21.10.2 Lorsque ces combustibles, qui se sont accumulés, se mélangent avec l'air, comme à l'ouverture d'une fenêtre ou d'une porte, ils peuvent s'enflammer et brûler suffisamment vite pour engendrer des dommages modérés, avec toutefois une surpression généralement de près de 3.8 kPa (2 psi) dans les bâtiments traditionnels. Ces phénomènes sont appelés backdrafts (explosion de fumée).

21.11 Explosion d'un nuage de vapeur à l'extérieur.

L'explosion d'un nuage de vapeur résulte de l'émission de gaz, de vapeur, ou de brouillard dans l'atmosphère, formant un nuage dont la concentration est située à l'intérieur de la fourchette d'inflammabilité et qui peut alors s'enflammer. Un élément essentiel de l'explosion d'un nuage de vapeurs est l'accélération de la flamme jusqu'à des vitesses générant une onde de choc. Le phénomène se caractérise par des dommages potentiels causés par le souffle à l'intérieur et au-delà des limites du nuage résultant d'une déflagration ou d'une détonation.

21.11.1 La déflagration d'un nuage de vapeur ne peut se produire que lorsqu'il existe des obstacles et des parois de confinement dans la zone du nuage inflammable. L'encombrement généré par un grand nombre d'obstacles crée de la turbulence dans la zone de combustion, ce qui augmente la vitesse de combustion. Les parois de confinement situées dans la zone encombrée limitent le développement de la flamme dans certaines directions, causant une augmentation de la pression et de la vitesse de flamme, ce qui peut aussi accroître la vitesse de combustion. Pour générer une onde de choc, il faut qu'il y ait un nombre suffisant d'obstacles et que le volume soit encombré soit important. Pour une déflagration, l'énergie développée par l'explosion est limitée par la taille de la zone encombrée, en dehors de laquelle la flamme décélère rapidement et ne participe plus à la création d'une onde de choc. Dans les cas où la vitesse de la flamme est supérieure à la vitesse du son au sein du mélange qui n'a pas encore brûlé (déflagrations rapides), on peut considérer que les gaz frais juste en dehors de la zone encombrée, sont susceptibles de contribuer à l'énergie de l'onde de choc.

21.11.2 Les caractéristiques du combustible ont une influence sur la vitesse de la flamme et sur la surpression atteinte lors de l'explosion d'un nuage de vapeurs. Les combustibles les plus réactifs tels que l'hydrogène, l'éthylène, ou l'acétylène atteignent des vitesses de flamme plus élevées que les combustibles ayant une réactivité moindre. L'ammoniac et le méthane figurent parmi les combustibles les moins réactifs. Le propane, le butane, et d'autres alcanes ayant une chaîne plus longue constituent des combustibles dont la réactivité est intermédiaire.

21.11.3 Les ondes de pression produites par une déflagration lente ne se déplacent pas à des vitesses supersoniques et par conséquent ne constituent pas des ondes de choc. Les déflagrations lentes produisent habituellement plutôt des ondes de pression associées à une vitesse de montée en pression relativement lente, qui cause moins de dommages qu'une onde de choc avec une pression et une impulsion comparables. Une onde de choc associée à une montée en pression instantanée est produite par une déflagration rapide ou par une détonation.

21.11.4 On a aussi coutume d'appeler ce phénomène explosion non-confinée de vapeur dans l'air ou explosion non-confinée d'un nuage de vapeur (*unconfined vapor cloud explosion* ; UVCE), mais on sait maintenant qu'un encombrement et des obstacles sont nécessaires pour qu'il y ait explosion d'un nuage de vapeur. En l'absence d'encombrement et de confinement, l'inflammation d'un nuage inflammable conduit à un flash fire.

21.11.5 Les explosions de nuages de vapeur à l'extérieur se produisent généralement sur des sites de production chimique, où de grandes quantités de combustibles (des milliers de livres ou plus) sont généralement en jeu. On sait, cependant, que l'encombrement causés par des obstacles naturels (par ex. les arbres, la végétation) accélère les flammes et génère des surpressions significatives.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

21.12 Les explosifs

Les explosifs sont des composés chimiques, des mélanges ou des dispositifs, dont l'objectif est d'exploser. Les explosifs sont divisés en deux catégories principales ; les explosifs modérés et les explosifs forts (à ne pas confondre avec les dommages faibles à modérés et les dommages forts d'une part et d'autre part les détonations faibles à modérées et les détonations fortes).

21.12.1 Explosifs modérés.

21.12.1.1 Les explosifs modérés se caractérisent par une déflagration (onde de pression subsonique) ou une vitesse de réaction relativement lente et le développement d'une surpression modérée lorsque l'explosion est déclenchée. Les explosifs modérés courants sont ; la poudre à fusil sans fumée, la photo-poudre, le propergol solide, et la poudre noire. Les explosifs modérés sont conçus pour fonctionner en générant des effets de poussée ou de soulèvement du fait des gaz de réaction chauds émis rapidement.

21.12.1.2 Il faudrait garder en mémoire que certains explosifs modérés (par ex ; la poudre sans fumée à double base) peuvent conduire à des détonations dans certaines conditions lorsque le confinement permet de générer une vitesse de réaction suffisante, lorsque la source initiatrice est très énergétique, ou lorsque des instabilités se produisent au niveau de la combustion.

21.12.2 Explosifs forts.

21.12.2.1 Les explosifs forts se caractérisent par un mécanisme de propagation par détonation. Les explosifs forts courants sont la dynamite, le TNT, l'ANFO, le RDX, et le PETN. Les explosifs forts sont conçus pour produire des effets brisants en raison de leur vitesse de montée en pression élevée et de leur pression de détonation extrêmement forte [de l'ordre de 6,900 000 kPa (1 000 000 psi)]. Ces pressions élevées et localisées sont responsables des cratères et des dommages localisés (sièges) à proximité du centre de l'explosion.

21.12.2.2 Les effets générés par les explosions en phase diffuse (c.à.d. combustible-air) et les explosifs solides sont très différents. Lors d'une explosion en phase diffuse (généralement une déflagration lente), les dommages structuraux sur l'enceinte de confinement initiale tendent à être uniformes et omnidirectionnels (à moins qu'il ne se produise une accélération significative de la flamme due à des combustibles très réactifs tels que l'hydrogène, l'acétylène ou l'éthylène, de la turbulence du fait de la géométrie de l'enceinte de confinement, ou un fort encombrement comme dans les déflagrations rapides), et on peut trouver des traces de combustion, d'échauffement, et de boursoufflure. Au contraire, la vitesse de combustion d'un explosif en phase condensée est extrêmement rapide comparée à la vitesse du son. Par conséquent, la pression ne s'équilibre pas à l'intérieur du volume où a eu lieu l'explosion et des pressions extrêmement élevées sont générées près de l'explosif. La pression et le niveau de dommages diminuent rapidement avec la distance comptée à partir du centre de l'explosion. A l'endroit de l'explosion du combustible en phase condensée, il devrait y avoir des traces d'écrasement, de fragmentation, et de ruine produits par les pressions plus élevées. Ceci se manifeste fréquemment par un « siège » prononcé. A distance de la source de l'explosion, il y a généralement très peu de traces de combustion, ou d'échauffement, sauf aux endroits où des fragments chauds ou des brandons ont atterri sur des matériaux combustibles.

21.13 Investigation relatives aux explosifs. Les investigations d'évènements impliquant des explosifs requièrent une formation spécialisée. Les explosifs sont strictement réglementés par les lois locales et fédérales, aussi la plupart des évènements impliquant des explosifs feront l'objet d'investigations par les forces de police ou par les agences gouvernementales. Il est recommandé que seuls les investigateurs ayant une formation appropriée s'attachent à mener de telles investigations. Ceux n'ayant pas la formation devraient contacter les forces de police ou d'autres agences afin de se faire aider.

21.14 Investigations sur la scène d'explosion.

21.14.1 Généralités. Les objectifs principaux des investigations sur une scène d'explosion ne sont pas différents de ceux d'une investigation incendie classique ; déterminer le lieu d'origine, identifier le combustible et la source d'inflammation, décrire la chronologie de l'inflammation, déterminer la cause, et établir les responsabilités de l'évènement. Une démarche systématique pour l'examen de la scène est au moins aussi, voire plus importante pour une investigation explosion que pour une investigation incendie. Les scènes d'explosion sont souvent plus étendues et plus perturbées que les scènes d'incendie. Sans démarche systématique préplanifiée, les investigations explosion deviennent plus difficile voire impossible à mener de façon efficace.

21.14.1.1 Les explosions types peuvent varier d'une petite bombe artisanale dans une habitation jusqu'à l'explosion d'une chaîne de transformation importante englobant tout un site. Alors que les procédures d'investigation décrites du 21.14.1.2 au 21.14.4 sont plus détaillées pour les évènements importants, les mêmes principes devraient être appliqués aux petits évènements, avec les simplifications appropriées.

21.14.1.2 Lorsque les dommages sont très importants et comprennent beaucoup d'atteintes aux structures, un expert de la dynamique de l'explosion et un expert bâtiment devaient être consultés relativement tôt dans l'investigation afin qu'ils puissent fournir une aide concernant les questions complexes.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

21.14.2 Sécurisation de la scène. La première tâche de l'investigateur est de sécuriser la scène de l'explosion. Les premiers intervenants arrivés sur le site de l'explosion devraient mettre en place et faire appliquer un contrôle physique du bâtiment et des zones environnantes. Il faudrait empêcher les personnes non-autorisées de pénétrer sur la scène et de toucher aux débris projetés à distance par le souffle car les indices critiques d'une explosion (qu'elle soit accidentelle ou volontaire) peuvent être très petits et peuvent être facilement perturbés ou déplacés par les personnes traversant le site. Un indice peut aussi se trouver facilement collé sur une chaussure et emmené à l'extérieur. Sécuriser correctement la scène permet aussi d'éviter des blessures supplémentaires aux personnes non-autorisées ou aux curieux susceptibles d'essayer de pénétrer dans une zone dangereuse.

21.14.2.1 Définition du périmètre de la scène. En règle générale, il est souhaitable d'établir le périmètre extérieur de la scène d'explosion à 1 fois et demie, la distance de l'élément de débris le plus éloigné, qui ait été trouvé. Des éléments de débris soufflés, significatifs peuvent être projetés sur de grandes distances, dans les bâtiments à proximité ou dans les véhicules ; ces zones devraient donc faire partie du périmètre de la scène. Si on trouve des éléments de débris supplémentaires, il faudrait agrandir le périmètre de la scène. Cela peut être plus pratique pour les enregistrements et le prélèvement de débris isolés situés à de grandes distances du centre de l'explosion.

21.14.2.2 Obtenir les informations relatives au contexte. Avant de démarrer toute recherche, il faudrait obtenir toutes les informations pertinentes, se rapportant à l'évènement. Ces informations devraient comprendre ; une description du site sinistré et des systèmes ou des activités concernés ainsi que des circonstances et évènements qui ont conduit au sinistre. Il est nécessaire de déterminer la localisation de tous les combustibles et comburants, qui étaient présents, et s'il existait des circonstances anormales ou dangereuses, qui auraient pu jouer un rôle pour le démarrage du sinistre. Toute information pertinente concernant des produits explosifs suspects aura un intérêt et aidera également pour les recherches.

21.14.2.2.1 En analysant les traces, l'investigateur devrait examiner les dires des témoins, les enregistrements de maintenance, les enregistrements relatifs au fonctionnement, les manuels, les bulletins météorologiques, les rapports de précédents incidents, et tout autre enregistrement pertinent. Des changements récents au niveau des équipements, des procédures, et des conditions de fonctionnement peuvent être particulièrement significatifs.

21.14.2.2.2 Obtenir les plans ou des photographies du bâtiment ou du ou de la chaîne de transformation tels qu'ils étaient avant l'explosion améliorera grandement les enregistrements effectués sur la scène.

21.14.2.3 Établir un schéma d'investigation de la scène. L'investigateur devrait établir un schéma d'investigation de la scène. Avec l'aide des membres de l'équipe d'investigation, les recherches sur la scène devraient être menées du périmètre extérieur vers l'intérieur de la zone des dommages les plus importants. La détermination finale de la localisation de l'origine (épicentre) de l'explosion devrait n'être effectuée qu'après avoir examiné la scène dans son ensemble.

21.14.2.3.1 Le schéma d'investigation peut être en forme de spirale, circulaire ou en quadrillage. Les circonstances spécifiques de la scène et le nombre d'intervenants disponibles dicteront souvent la forme du schéma à suivre. Dans tous les cas, les zones du schéma de recherche devraient se recouper de façon à ce qu'aucune trace ne soit négligée au bord d'une zone de recherche. Il est souvent utile de fouiller les zones plus qu'une fois. Lorsqu'un schéma de recherche a été suivi, un investigateur différent pourrait réitérer les recherches et ainsi s'assurer qu'aucune trace n'a été oubliée.

21.14.2.3.2 Le nombre réel d'investigateurs dépendra de l'étendue et de la complexité de la scène. L'investigateur responsable devrait cependant garder à l'esprit, que trop d'investigateurs peuvent souvent être, autant contre-productif que trop peu. Les investigateurs devraient être informés des procédures appropriées à suivre pour identifier, enregistrer, photographier, marquer, et identifier sur un plan la localisation d'un indice ou d'une trace. Des procédures cohérentes sont impératives lorsqu'il y a plusieurs investigateurs.

21.14.2.3.3 L'emplacement des indices peut être repéré à l'aide de traces à la craie, de peinture en aérosol, d'étiquettes, de piquets ou de tout autre moyen de marquage. Après les avoir photographiés, on peut étiqueter, déplacer, et sécuriser les indices.

21.14.2.3.4 Les indices que l'on retrouve au centre ou près du centre de l'explosion sont souvent parmi les plus utiles pour l'investigation. Cependant, il peut arriver que les dommages près ou à l'intérieur de la zone de l'explosion soient significatifs, et que les indices se soient dégradés avec le temps et les intempéries. Fouiller la zone d'une explosion dès que cela peut être réalisé en toute sécurité, peut permettre de prélever les indices susceptibles de se dégrader ou d'être égarés au cours du temps. Ces indices comprennent les échantillons de produit chimique ou métallurgique, les enregistrements sur papier, les traces laissées par les suies, les données électroniques, et l'emplacement des matières légères.

21.14.2.4 Sécurité sur une scène d'explosion. Toutes les recommandations relatives à la sécurité, énumérées dans le chapitre sur la sécurité, s'appliquent aussi aux investigations sur les explosions. En complément, il existe quelques considérations spécifiques, concernant la sécurité, dont il faut tenir compte sur une scène d'explosion.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

21.14.2.4.1 Les bâtiments, qui ont subi des explosions, présentent généralement des dommages plus importants au niveau de la structure, que les bâtiments simplement brûlés. La probabilité de planchers, murs, plafonds, toiture, ou bâtiment entiers effondrés est grand et devrait toujours être prise en compte.

21.14.2.4.2 Dans le cas des explosions de combustible gazeux ou de poussières, les explosions secondaires sont la règle plus que l'exception. Les premiers intervenants doivent être conscients de cette éventualité. Les fuites de gaz ou les nappes de liquide inflammable doivent avoir été traitées avant que ne commencent les investigations. Les produits toxiques dans l'air ou déposés sur les équipements doivent avoir été neutralisés. Le port d'un équipement de protection individuelle approprié est recommandé.

21.14.2.4.3 Les scènes d'explosion, comportant des bombes ou des explosifs, présentent des dangers supplémentaires. Les investigateurs devraient être à l'affût de dispositifs supplémentaires ou d'explosifs n'ayant pas explosé. Le *modus operandi* de certains poseurs de bombes ou de certains incendiaires inclut la mise en œuvre de dispositifs explosifs secondaires spécialement destinés aux forces de l'ordre ou aux personnels des services de secours, qui interviendront suite à l'explosion.

21.14.2.4.4 Une fouille soigneuse de la scène devrait être conduite à la recherche d'un éventuel dispositif secondaire avant de démarrer les investigations suite à l'explosion. Si des dispositifs explosifs ou des explosifs, n'ayant pas détoné, sont retrouvés, il est impératif qu'ils ne soient pas déplacés ou touchés. La zone devrait être évacuée et isolée, et on devrait faire venir les services de déminage.

21.14.3 Évaluation initiale de la scène.

21.14.3.1 Généralités. Une fois que le périmètre de la scène d'explosion a été établi, l'investigateur devrait réaliser une évaluation initiale du type d'évènement qu'il aura à traiter. Cette évaluation initiale recouvre également les questions de sécurité. Les exigences relatives à la sécurité empêchent souvent les investigations jusqu'à ce que les risques ait été traités et que le niveau de protection individuelle ait été établi. (*Voir le chapitre 12.*) Si à n'importe quel moment au cours des investigations l'investigateur détermine que l'explosion a été alimentée par des explosifs ou qu'un dispositif explosif a pu être employé, il devrait stopper les investigations, sécuriser la scène et contacter les services de police.

21.14.3.2 Déterminer s'il s'agit d'un incendie ou d'une explosion. La première tâche au cours de l'évaluation initiale est de déterminer si le sinistre est un incendie, une explosion, ou les deux, et lequel s'est produit en premier. Il arrive souvent que les traces d'une explosion ne soient pas évidentes, par exemple, lorsqu'il s'agit d'une explosion de faible puissance avec un combustible gazeux.

21.14.3.2.1 L'investigateur devrait rechercher les traces laissées par une surpression à l'intérieur du bâtiment, notamment le déplacement ou le renflement des murs, des sols, des plafonds, des portes et des fenêtres, des toitures, de tout autre élément constitutif du bâtiment, des clous, des vis, des canalisations de fluides ou d'énergie, des panneaux, et des tableaux. Une fragmentation et des effets de pression localisés devraient être enregistrés comme susceptibles de résulter d'un explosif en phase condensée.

21.14.3.2.2 L'investigateur devrait rechercher et évaluer la nature et l'étendue des dommages thermiques sur le bâtiment et ses constituants et déterminer s'ils peuvent être attribués à un feu seul ou à la propagation d'un front de flamme.

21.14.3.3 Enregistrement des dommages. On peut s'appuyer sur les dommages résultant de l'explosion pour classer le type, la quantité, et la concentration du combustible concerné. Il faudrait enregistrer les dommages avant que la scène ne soit modifiée et lorsque la scène est modifiée pour découvrir ou récupérer un accès aux zones. Pour les habitations ordinaires ou les locaux commerciaux l'investigateur peut juger utile de déterminer si la nature des dommages est le signe de dommages élevés ou de dommages faibles à modérés *(Voir la Section 21.3.)*

21.14.3.4 Explosion avec ou sans cratère. L'investigateur devrait déterminer si l'explosion présente ou non un cratère. Ceci permettra de classer le type d'explosion (c.à.d. détonation d'un explosif en phase condensée, explosion mécanique, explosion d'un combustible diffusé dans l'air). *(Voir la section 21.6.)*

21.14.3.5 Identifier le type d'explosion. L'investigateur devrait déterminer le type d'explosion (c.à.d. mécanique, combustion, autre réaction chimique ou BLEVE).

21.14.3.6 Identifier la famille de combustible envisageable.

21.14.3.6.1 L'investigateur devrait déterminer quels types de combustibles étaient potentiellement disponibles sur la scène d'explosion en identifiant la localisation et l'état des alimentations en fluides, y compris les gaz combustibles et toute autre source de combustible telle que les poussières ou les liquides inflammables.

21.14.3.6.2 L'investigateur devrait examiner la nature des dommages par rapport aux schémas de dommages typiques résultant des situations suivantes ;

(1) Gaz
(2) Vapeurs émises par un liquide
(3) Poussières
(4) Explosifs
(5) Backdrafts
(6) BLEVEs

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

NFPA 921 / 4

21.14.3.7 Établir le lieu d'origine. L'investigateur devrait s'attacher très tôt à essayer de déterminer le lieu d'origine de l'explosion, c'est-à-dire l'endroit où s'est produite l'inflammation. L'origine peut ne pas être la zone la plus endommagée. L'origine peut comprendre parfois un cratère ou toute autre zone comportant des dommages sévères et localisés dans le cas d'une explosion avec siège. Dans le cas de l'explosion d'un mélange combustible-air diffus, l'origine sera située à l'endroit où le mélange inflammable a rencontré une source d'ignition suffisante au moment correspondant à l'inflammation. Si l'explosion d'un combustible à l'état diffusé dans l'air a lieu dans une enceinte, la zone d'origine la plus réduite qu'on puisse identifier peut correspondre à l'enceinte ou au local confiné. Dans de nombreux cas d'explosions, il est aussi nécessaire de comprendre comment le nuage de gaz ou le mélange inflammable a pu s'accumuler dans l'enceinte à partir d'une source de fuite donnée. La taille, la forme ainsi que la concentration et la répartition à l'intérieur de l'enceinte peuvent constituer des éléments très importants pour déterminer l'origine.

21.14.3.8 Établir la source d'inflammation.

21.14.3.8.1 L'investigateur devrait s'attacher à essayer d'identifier la source d'inflammation responsable. Parfois, ceci peut se révéler particulièrement difficile. Il faudrait examiner les différentes sources envisageables, telles qu'une surface chaude, un arc électrique, l'électricité statique, une flamme nue, des étincelles, des produits chimiques, etc. – à l'endroit où le mélange combustible-air était présent. Il est possible de recourir à des essais spécifiques ou à des outils de simulation numérique (*Computational Fluid Dynamics*) pour évaluer la localisation de sources d'ignition potentielles sur la base des dommages observés et de la dynamique initiale de l'explosion.

21.14.3.8.2 Lorsque des explosifs sont susceptibles d'avoir été utilisés, la source d'ignition a pu être une amorce ou tout autre dispositif pyrotechnique. Les fils et les composants du dispositif peuvent souvent être retrouvés après l'explosion, mais retrouver et identifier de tels composants nécessite un examen exhaustif de la scène et des débris.

21.14.4 Analyse détaillée de la scène. Muni des informations générales réunies au cours de l'évaluation initiale de la scène, l'investigateur peut maintenant commencer une analyse plus détaillée des dommages générés par le souffle et des débris. Comme dans toute investigation incendie, l'investigateur devrait enregistrer ses constats et ses observations en prenant des notes rédigées avec précision, des photographies, et des schémas. Il est important de mettre en œuvre des techniques de prélèvement et de préservation appropriées.

21.14.4.1 Identifier les effets de l'explosion en termes de dommages. L'investigateur devrait réaliser un examen et une analyse détaillés des dommages spécifiques dus à l'explosion et aux effets de la surpression. Il faudrait indiquer pour chaque objet endommagé, le ou les types d'énergie (à sélectionner dans la liste qui suit) résultant de l'explosion, qui est responsable des dommages de l'objet examiné.

(1) Surpression et onde de choc (Front de pression)-phase positive

(2) Surpression et onde de choc (Front de pression) - phase négative

(3) Effet missile

(4) Énergie thermique

(5) Choc transmis au sol

(6) Effet piston (souffle de l'explosion)

21.14.4.1.1 L'investigateur devrait examiner et classer le type de dommages observés, si les éléments sont pulvérisés, pliés, brisés, ou écrasés, et aussi rechercher si la nature des dommages varie selon l'endroit. Par exemple, à mesure que l'on s'éloigne d'une déflagration rapide ou d'une détonation, la pression décroit et les effets peuvent ressembler à ceux d'une déflagration lente, alors que les matériaux à proximité immédiate du front des pressions présenteront des traces de fragmentation et de pulvérisation. Des surpressions significatives et des ondes de choc peuvent être générées par des déflagrations rapides ou par des détonations.

Plus puissant H2+NO2+1.33N2, Moins puissant C3H8+5O2+9N2 (Shepherd, Proc. Combust. Inst.32, pp. 83–98, 2009)

21.14.4.1.2 L'investigateur devrait réaliser un examen et une analyse détaillés des dommages spécifiques de l'explosion et des effets de pression. Il faudrait indiquer pour chaque objet endommagé le ou les types d'effets de l'explosion susceptibles d'être responsables des dommages subis par l'objet examiné ; surpression et onde de choc, effet piston, effet missile, effet thermique, ou effet de choc transmis vers le sol.

21.14.4.1.3 Il faudrait examiner la scène soigneusement et récupérer les fragments de matériaux étrangers à la zone analysée, ainsi que les débris provenant du siège de l'explosion. En ce qui concerne les fragments, il peut être nécessaire de faire appel à un laboratoire de sciences légales pour identifier si ces fragments appartiennent au réservoir ou au conteneur qui a explosé, ou s'ils proviennent d'un dispositif explosif.

21.14.4.1.4 Schéma des dommages. Afin de déterminer le lieu d'origine de l'explosion, il peut être utile de réaliser un schéma détaillé des dommages causés par l'explosion, comme présenté sur la figure 21.14.4.1.4, où sont notés le matériau, la taille, la masse, la direction, la distance, les caractéristiques physiques, et la provenance des débris.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

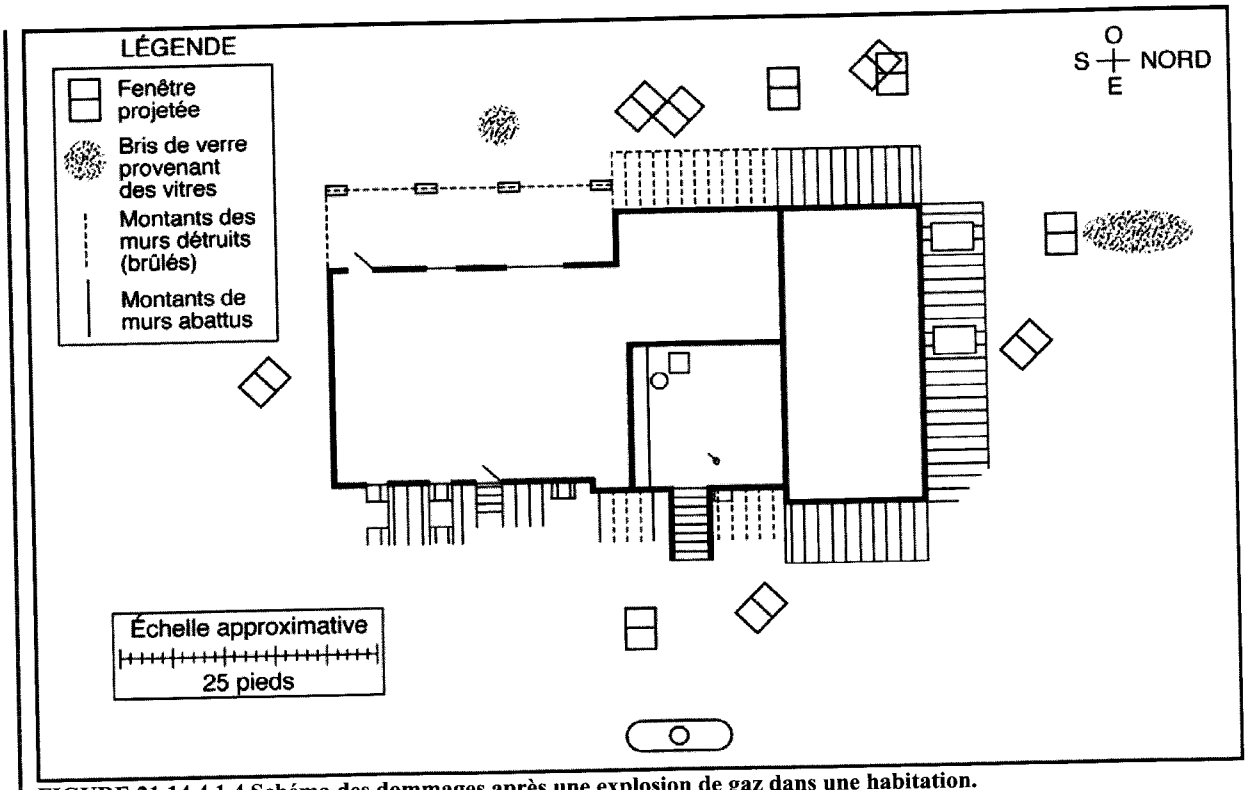


FIGURE 21.14.4.1.4 Schéma des dommages après une explosion de gaz dans une habitation.

21.14.4.1.5 Les Tableaux 21.14.4.1.5(a) et 21.14.4.1.5(b) présentent des exemples d'atteintes aux personnes et aux biens pour différents niveaux de surpression. Ces données concernent un pic de surpression appliqué sur l'extérieur d'un bâtiment. Les effets de la surpression générée par une explosion sur l'intérieur d'un bâtiment n'ont pas besoin d'être aussi élevées pour induire des dommages similaires. Les atteintes réelles aux personnes et aux structures sont susceptibles de s'écarter de celles des tableaux 21.14.4.1.5(a) et 21.14.4.1.5(b) en fonction de la taille, de l'état de santé et de l'âge des personnes, de la conception des bâtiments et de leur état, ainsi que l'année des données rassemblées dans les tableaux.

21.14.4.1.6 Il conviendrait de noter que l'évaluation des dommages aux bâtiments consécutifs à une explosion est un sujet très complexe. Une analyse approfondie comprend la détermination de la pression maximale d'explosion et de l'impulsion, ainsi que de la fréquence naturelle de vibration et des caractéristiques de résistance de la structure confinée. En règle générale, on s'attend à ce qu'un pic de surpression de 6.9 kPa à 13.8 kPa (1 psi à 2 psi) cause la destruction de la plupart des assemblages légers, tels que les portes les revêtements en bois non-armés, les panneaux de tôle ondulée, ou les murs en parpaings. Les fenêtres classiques sont susceptibles de se briser à moins de 3.4 kPa (0.5 psi). A titre de comparaison, des surpressions beaucoup plus importantes peuvent être supportées lorsque le bâtiment est renforcé par conception, en particulier avec des matériaux de bonne ductilité (comme l'acier).

21.14.4.2 Identifier les dommages causés par l'incendie avant ou après l'explosion. Il faudrait déterminer si les dommages causés par le feu ou la chaleur proviennent d'un incendie préexistant ou des effets thermiques de l'explosion. Il faudrait examiner les débris qui ont été projetés loin du point d'origine afin de voir s'ils ont été brûlés. Les débris projetés qui ont brûlé, peuvent indiquer que le feu a précédé l'explosion.

21.14.4.2.1 Les traces les plus couramment rencontrées, indiquant qu'il y a eu des conditions de surpression, sont probablement des éclats de verre provenant des vitres des fenêtres et projetés au loin. Des dépôts de fumée ou de suie sur les fragments de verre ou d'autres débris projetés montrent que l'explosion a suivi l'incendie, tandis que des fragments de verre ou d'autres débris parfaitement propres et projetés au loin peuvent montrer que l'explosion a précédé l'incendie ou que le feu n'a pas concerné la zone où se trouvait le verre avant l'explosion.

21.14.4.2.2 La direction de la coulure de débris fondus et re-solidifiés peut indiquer à l'investigateur la position ou l'orientation des débris au moment de l'exposition à la chaleur.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Tableau 21.14.4.1.5(a) Critères relatifs aux blessures sur les personnes (comprend les blessures causées par des projections de verre et par les effets directs de la surpression)

Surpression (psi)	Blessure	Commentaires	Source
0.6	Seuil pour les blessures par projection d'éclats de verre*	Basé sur des études sur brebis et chiens	a
1.0–2.0	Seuil pour des lacérations de la peau par des éclats de verre	Basé sur des données issues de l'armée US	b
1.5	Seuil pour de multiples pénétrations dans la peau par des éclats de verre (peau nue)*	Basé sur des études sur brebis et chiens	a
2.0–3.0	Seuil pour des blessures sérieuses par des éclats de verre	Basé sur des données issues de l'armée US	b
2.4	Seuil de rupture du tympan	Données contradictoires sur la rupture du tympan	b
2.8	Probabilité de 10 % pour la rupture du tympan	Données contradictoires sur la rupture du tympan	b
3.0	Surpression susceptible de projeter à terre une personne	Une source propose une surpression de 1.0 psi pour cet effet	c
3.4	1 % du tympan est rompu	Lésion qui n'est pas sérieuse	d
4.0–5.0	Probabilité de 50 % pour des blessures sérieuses par des éclats de verre	Basé sur des données issues de l'armée US	b
5.8	Seuil pour la pénétration à l'intérieur du corps d'éclats de verre (peau nue)*	Basé sur des études sur brebis et chiens	a
6.3	Probabilité de 50 % pour la rupture du tympan	Données contradictoires sur la rupture du tympan	b
7.0–8.0	Probabilité de 100 % pour des blessures sérieuses par des éclats de verre	Basé sur des données issues de l'armée US	b
10.0	Seuil d'hémorragie aux poumons	Lésion qui n'est pas sérieuse [s'applique pour une explosion qui dure [au-dessus de 50 m/sec (164 ft/sec)] ; 20–30 psi requis pour 3 m/sec (9 ft/sec) de durée d'ondes	d
14.5	Seuil de létalité par les effets directs du souffle	Létalité principalement par hémorragie aux poumons	b
16.0	50 % du tympan est rompu	Certaines des blessures aux oreilles pourraient être sévères	d
17.5	Probabilité de 10 % de décès par effets directs du souffle	Données contradictoires sur la létalité	b
20.5	Probabilité de 50 % de décès par effets directs du souffle	Données contradictoires sur la létalité	b
25.5	Probabilité de 90 % de décès par effets directs du souffle	Données contradictoires sur la létalité	b
27.0	1 % de décès	Une incidence forte de blessures sévères aux poumons [s'applique pour une explosion qui dure (plus de 50 m/sec)] ; 60–70 psi requis pour 3 m/sec de durée d'ondes	d
29.0	Probabilité de 99 % de décès par effets directs du souffle	Données contradictoires sur la létalité	b

Pour les unités SI, 6.9 kPa = 1 psi.
*Interprétation des tableaux de données présentée dans les références :
Source a = Fletcher, Richmond,etYelverton, 1980.
Source b = F. Lees, *Loss Prevention in the Process Industries*, 1996.
Source c = BrasieetSimpson, 1968.
Source d= U.S. Department of Transportation, 1988.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Tableau 21.14.4.1.5(b) Critères de dommages aux biens

Surpression (psi)	Dommage	Source
0.03	Bris possible de grandes baies vitrées déjà sous contrainte	a
0.04	Bruit fort (143 dB). Bris de vitre par bang supersonique	a
0.10	Bris de petites fenêtres, sous contrainte	a
0.15	Pression typique de bris de vitres	a
0.30	« Distance de sécurité » (probabilité de 0.95 qu'il n'y ait pas de dommages sérieux au-delà de cette valeur) Limite des missiles Quelques dommages aux plafonds des maisons 10 % de vitres brisées	
0.4	Dommages mineurs aux bâtiments	a, c
0.5–1.0	Éclatement des vitres, dommages possibles aux cadres des fenêtres. Une source mentionne le bris de vitre à 1 kPa (0.147 psi)	a, c, d, e
0.7	Dommages mineurs aux structures des maisons	a
1.0	Ruine partielle des maisons, rendues inhabitables	a
1.0–2.0	Éclatement des revêtements extérieurs en amiante ondulée	a, b, d, e
	Ruine des panneaux aluminium-acier ondulés	
	Ruine des panneaux extérieurs en bois (construction classique des maisons)	
1.3	Structures acier des bâtiments légèrement tordues	a
2.0	Effondrement partiel des murs et des toits des maisons	a
2.0–3.0	Éclatement du béton non-armé ou des murs en parpaings [10.3 kPa (1.5 psi) selon une autre source]	a, b, c, d
2.3	Limite inférieure des dommages sérieux aux bâtiments	a
2.5	Destruction à 50 % des maisons en briques	a
3.0	Structures en acier tordues et arrachées des fondations	a
3.0–4.10	Effondrement des panneaux en acier auto-structurants	a, b, c
	Rupture des réservoirs d'hydrocarbures	
	Ouverture brutale-cuves en bois	
4.0	Rupture du revêtement des bâtiments industriels légers	a
4.8	Dommages aux bâtiments en béton armé	e
5.0	Rupture brutale- poteaux électriques en bois	a, b
5.0–7.0	Destruction quasi-totale des maisons	a
7.0	Retournement des wagons de marchandises chargés	a
7.0–8.0	Ruine par cisaillement ou flexion de murs en briques [20.3 cm à 30.5 cm (8 in. à 12 in.) d'épaisseur, non-renforcé]	a, b, c, d
	Structure métallique des bâtiments enfoncée	d
	Retournement des voitures de chemins de fer chargées	b, c
9.0	Ruine complète des wagons de marchandises chargés	a
10.0	Destruction totale probable des bâtiments	a
30.0	Tours en acier soufflées	b, c
88.0	Dommages en forme de cratère	e

Pour les unités SI, 6.9 kPa = 1 psi.
Source a = F. Lees, *Loss Prevention in the Process Industries*, 1996.
Source b = BrasieetSimpson, 1968.
Source c = U.S. Department of Transportation, 1988.
Source d = U.S. Air Force, 1983.
Source e = McRae, 1984.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

21.14.4.3 Localiser et identifier les éléments de preuve. Les investigateurs devraient localiser, identifier, noter, enregistrer, photographier, et faire un croquis de tout élément de preuve matérielle. Du fait de la capacité des explosions à projeter des objets, l'investigateur devrait garder à l'esprit que des éléments de preuve significatifs peuvent être retrouvés à des endroits extrêmement divers, tels qu'à l'extérieur du bâtiment qui a explosé, enfoncés dans les murs ou dans d'autres parties du bâtiment qui a explosé, sur ou dans la végétation à proximité, à l'intérieur de bâtiments ou de véhicules voisins, ou nichés dans les bâtiments voisins. Dans le cas de bombes ou d'évènements impliquant l'explosion de réservoirs, d'installations, ou d'équipements, des éléments de preuve significatifs sont susceptibles d'avoir transpercé le corps des victimes ou d'être accrochés sur leurs vêtements.

21.14.4.3.1 Il faudrait récupérer et préserver les vêtements de toute personne blessée lors d'une explosion afin de les examiner voire de les analyser. L'investigateur devrait s'assurer que des photographies des blessures sont prises et que tout élément retiré des victimes au cours des soins médicaux ou des interventions soit préservé. Ceci est valable que la personne survive ou non.

21.14.4.3.2 Les investigateurs devraient prendre note de l'état et de la position de tout élément de structure endommagé et déplacé, tel qu'un mur, un plafond, une toiture, des fondations, des colonnes, des portes, des fenêtres, des trottoirs, des allées, et des patios.

21.14.4.3.3 Les investigateurs devraient prendre note de l'état et de la position de tout objet contenu dans le bâtiment et qui a été endommagé ou déplacé, tel que du mobilier, des installations, des équipements de chauffage ou de cuisine, des matériels de fabrication, les vêtements de la victime, ou des effets personnels.

21.14.4.3.4 Les investigateurs devraient prendre note de l'état et de la position de tout équipement d'alimentation en fluide ou énergie et qui a été endommagé ou déplacé, tel que les compteurs à gaz et les régulateurs, les conduites et réservoirs de gaz, les tableaux et compteurs électriques, les canalisations et les câbles électriques, les réservoirs d'hydrocarbures réchauffés, les fractions de dispositifs explosifs, ou les récipients contenant des combustibles.

21.14.4.3.5 Lorsqu'une fuite de gaz est suspectée d'être à l'origine d'une explosion sur une installation au gaz, il faudrait examiner les portions de conduite concernées, faire les constats adéquats et réaliser des essais si nécessaire. Pour les bâtiments résidentiels et les structures commerciales légères, l'examen et les constats devraient être comprendre la conduite d'alimentation dans le cas du gaz naturel commercial et le réservoir ou la bouteille de stockage dans le cas du GPL. L'examen et les constats devraient également inclure les conduites enterrées, les conduites situées à l'intérieur des maisons, les équipements, et les installations, y compris les vannes et les garnitures. Les enregistrements devraient comporter des photographies et des notes, ainsi que des schémas.

21.14.4.4 Identifier les directions de l'onde de pression. Les investigateurs devraient déterminer, dessiner, photographier, et enregistrer les fragments de débris qui indiquent la direction et la puissance relative de l'explosion. Il faut garder à l'esprit que la force nécessaire à détruire un mur est plus importante que celle qui suffit simplement à le déloger ou à le déplacer. La force nécessaire à faire éclater une vitre est plus importante que celle qu'il faut pour souffler une fenêtre intacte. Plus la force est grande, plus la distance de projection de fragments de débris similaires sera éloignée de l'épicentre.

21.14.4.4.1 Les investigateurs devraient enregistrer, dessiner et photographier les distances de retombées des missiles et les directions de projection de débris similaires, tels que des éclats de vitres. Il faudrait mesurer et peser les missiles les plus grands et les plus lourds pour comparer les forces nécessaires à les projeter.

21.14.4.4.2 La distance tout comme la direction de projection d'éléments de preuve, à partir de l'épicentre apparent de l'explosion peuvent constituer des informations importantes. Il faudrait enregistrer l'emplacement de tous les éléments projetés significatifs, sur le schéma de la scène d'explosion, et noter également la distance et la direction de projection. Cette façon de procéder, permet à l'investigateur de reconstituer le déplacement des différents éléments.

21.14.4.4.3 Dans certains cas, on peut trouver d'autres indicateurs directionnels. Les explosions de combustibles gazeux peuvent présenter des dommages dus au contact direct de la flamme sur les objets situés sur le trajet du front de flamme. Les vêtements et la peau des personnes peuvent également présenter des traces directionnelles. Les explosions de poussières sont susceptibles de présenter des effets similaires, et on peut, en outre, observer des particules de poussières brûlées ou non sur les objets qui ont été en contact avec le front de flamme.

21.15 Rechercher le lieu d'origine (épicentre).

Après avoir identifié les directions de l'onde de pression, l'investigateur devrait remonter, des zones les moins endommagées vers les zones les plus endommagées, en suivant en sens inverse les chemins tracés par les vecteurs indiquant la direction de l'onde de pression. Cette méthode est connue sous le nom d'analyse de la dynamique de l'explosion. On peut la mettre en œuvre efficacement en dessinant sur un schéma du bâtiment explosé, les différentes directions des déplacements accomplis par les débris et,

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

si possible, une évaluation de la force relative nécessaire à endommager ou à déplacer chaque élément de débris significatif, comme indiqué sur la figure 21.15. Un schéma à l'échelle est souhaitable dans les cas où une analyse par ingénierie, des effets des dommages sont envisagés.

21.15.1 L'analyse de la dynamique de l'explosion s'appuie sur le mouvement des débris à partir de l'épicentre de l'explosion, au sein d'un espace approximativement sphérique, et sur la décroissance des forces à mesure que l'on s'éloigne de l'épicentre. La figure 21.15 illustre la détermination du lieu d'origine dans la cuisine.

21.15.2 On a souvent besoin de réaliser plus d'un schéma représentatif, de la dynamique de l'explosion. Le premier schéma peut montrer une zone relativement large permettant de localiser un endroit ou un local spécifique nécessitant une étude plus fine par rapport à l'origine (comme sur la figure 21.15). Un second schéma, à une échelle plus petite, peut ensuite être réalisé, afin d'analyser la dynamique de l'explosion dans la pièce ou dans le compartiment d'origine. Ce schéma à plus petite échelle, est particulièrement utile lorsque l'on travaille sur une explosion comportant un siège.

21.15.3 Il arrive souvent, et en particulier pour les explosions sans siège, telles que les explosions de fuites de gaz combustibles, que l'investigateur soit dans l'impossibilité de localiser précisément l'origine (épicentre) autrement qu'en indiquant le local ou la zone concernée.

21.15.4 L'analyse de la dynamique de l'explosion se trouve souvent compliquée par les traces laissées par plusieurs explosions en série, chacune ayant son propre épicentre. Cette situation plaide en faveur d'une comparaison détaillée des vecteurs de force. Le déplacement d'objets solides, tels que les murs, les planchers, ou les toitures sont généralement moindres, au cours des explosions suivantes, par rapport à l'explosion initiale. La première explosion, si elle est suffisamment puissante, tend à créer des évents dans le bâtiment, permettant ainsi d'évacuer mieux la surpression, qui se produit lors de la phase de pression positive des explosions qui suivent.

21.15.5 Cette conclusion n'est cependant vraie, que si les explosions secondaires sont de même puissance ou de puissance plus faible, que l'explosion initiale. Les explosions de poussières font exception à cette règle car les explosions qui suivent sont fréquemment plus puissantes que l'explosion initiale.

21.16 Analyser la source de combustible. Une fois que le lieu d'origine ou l'épicentre a été identifié, l'investigateur devrait déterminer le combustible qui a explosé. On peut effectuer ce travail en comparant la nature et le type de dommages constatés au regard des combustibles présents et connus sur la scène de l'explosion.

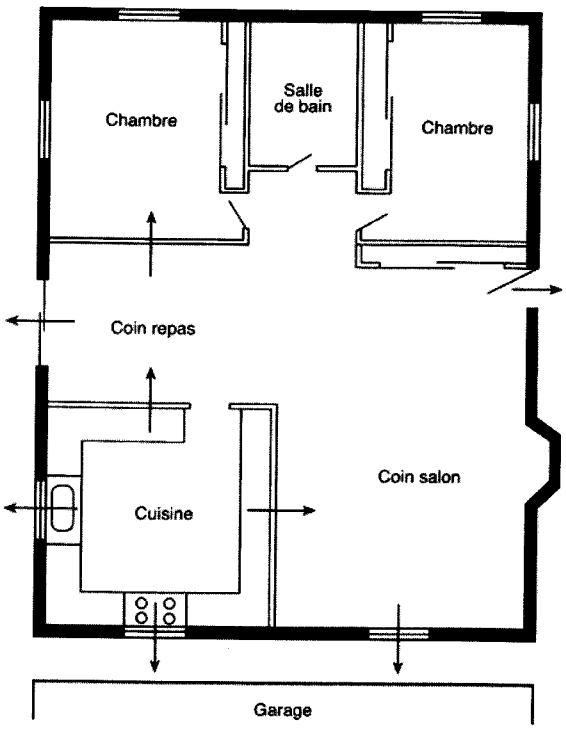


FIGURE 21.15 Schéma montrant le déplacement des murs, des portes, et des fenêtres du fait de l'explosion.

21.16.1 Toutes les sources de combustible présentes devraient être prises en compte et éliminées jusqu'à ce qu'un combustible satisfasse tous les critères de dommages matériels ainsi que toute autre donnée significative. Par exemple, si l'épicentre de l'explosion correspond à un cratère de 1.8 m (6 ft) de béton pulvérisé au centre d'un plancher, une fuite de gaz naturel peut être éliminée, et seuls les combustibles susceptibles de générer des explosions avec siège devraient être pris en compte.

21.16.2 Des analyses chimiques de débris, de suies, de sol, ou d'échantillons d'air peuvent être utiles pour identifier le combustible. Lorsqu'il s'agit d'explosifs ou de combustibles liquides, la chromatographie en phase gazeuse, la spectrométrie de masse, ou d'autres analyses chimiques d'échantillons correctement prélevés peuvent permettre de les mettre en évidence.

21.16.3 Des échantillons d'air prélevés, au voisinage de la zone d'origine, peuvent permettre d'identifier des gaz ou des vapeurs émises par des combustibles liquides. Par exemple, le « gaz naturel » commercial est un mélange de méthane, éthane, propane, azote, et butane. La présence d'éthane dans un prélèvement d'air peut permettre de montrer que du « gaz naturel » commercial était présent et qu'il ne s'agissait pas de gaz produit naturellement, par les marécages, les marais ou les égouts, dont le méthane est le seul constituant inflammable.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

21.16.4 Dès que le combustible a été identifié, l'investigateur devrait en déterminer la provenance. Par exemple, si le combustible a été identifié comme étant un gaz plus léger que l'air et que le bâtiment est alimenté en gaz naturel, l'investigateur devrait localiser la source de gaz dont la présence est la plus probable, au niveau ou en-dessous de l'épicentre, venant peut-être d'une conduite d'alimentation fuyarde ou d'une installation au gaz fonctionnant mal.

21.16.5 Toutes les canalisations de gaz, à partir de la conduite d'alimentation principale située dans la rue ou à partir du réservoir de GPL, jusqu'à et y compris le régulateur de pression et le compteur à gaz, jusqu'à et y compris toutes les installations au gaz, devraient, si possible, être examinées et testées pour y rechercher d'éventuelles fuites. *(Voir la* NFPA 54, *National Fuel Gas Code,* et *le National Fuel Gas Code Handbook.)* A moins qu'il n'ait été démontré que la mise en œuvre de gaz combustible pour réaliser les essais était sans danger, la recherche de fuite à l'intérieur d'un bâtiment, qui a été la proie d'un incendie ou d'une explosion de gaz, et qui malgré tout est demeuré pratiquement intact, devrait être réalisée en utilisant de l'air ou un gaz inerte (comme du gaz carbonique, de l'azote ou de l'hélium).

21.16.5.1 Il ne faudrait en aucun cas utiliser l'oxygène comme gaz d'essai.

21.16.5.2 Il faut localiser la fuite en utilisant un détecteur de gaz certifié, un fluide de détection de fuite non-corrosif, ou toute autre méthode de détection de fuite certifiée. Les allumettes, les bougies, les flammes nues, ou toute autre méthode mettant en œuvre une source d'ignition ne doit pas être utilisée. (Voir la NFPA 54, National Fuel Gas Code.)

21.16.6 La vérification du produit odorant devrait faire partie de toute investigation explosion concernant potentiellement un combustible gazeux, en particulier si on dispose d'informations indiquant que les personnes présentes n'ont pas détecté de fuite de gaz. La présence de ce produit odorant devrait être vérifiée. Des tubes réactifs peuvent être utilisés sur le terrain, ou des échantillons de gaz peuvent être prélevés en vue d'analyse au laboratoire et la chromatographie en phase gazeuse peut être utilisée au laboratoire pour des résultats plus précis.

21.17 Rechercher la source d'inflammation.

Lorsque le lieu d'origine et le combustible ont été identifiés, le moyen de mise à feu devrait être recherché. Cette recherche est souvent la partie la plus délicate de l'ensemble des investigations après une explosion, en particulier avec les fuites de gaz combustibles, car de nombreuses sources d'inflammation suffisantes peuvent être présentes. Dans le cas, où il existe de multiples sources d'inflammation envisageables, l'investigateur devrait prendre en compte toutes les informations disponibles, y compris les dires des témoins. Il faudrait réaliser une évaluation soigneuse de chaque source d'inflammation envisageable. Les paramètres à considérer sont notamment les suivants ;

(1) Énergie minimale d'inflammation du combustible

(2) Énergie développée par la source d'inflammation envisagée

(3) Température d'auto-inflammation du combustible

(4) Température de la source d'inflammation

(5) Localisation de la source d'inflammation par rapport au combustible

(6) Présence concomitante du combustible et de la source d'inflammation au moment de la mise à feu

(7) Prise en compte des témoignages sur les conditions et les actions réalisées immédiatement avant et au moment de l'explosion

21.18 Chercher à établir la cause.

21.18.1 Généralités. Après avoir identifié le lieu d'origine, le combustible, et la source d'inflammation, l'investigateur devrait analyser et déterminer, ce qui a conduit à avoir ensemble ; le combustible et la source d'inflammation, au lieu d'origine. Les circonstances qui ont réuni ces éléments au même moment et au même endroit, constituent la cause. Ceci nécessite une analyse soigneuse de la séquence probable d'ignition.

21.18.1.1 L'analyse devrait aussi s'intéresser à comment l'explosion aurait pu être évitée ; par exemple le non-respect de la règlementation ou de normes existantes peut-il expliquer l'explosion ? Il conviendrait de noter que, du fait des effets destructeurs des incendies et des explosions, la cause ne peut pas toujours être déterminée.

21.18.1.2 Plusieurs techniques sont proposées du 21.18.2 au 21.18.6 afin d'aider à établir les liens de causalité. Le choix de la ou des technique(s) à mettre en œuvre dépendra des circonstances particulières de l'évènement considéré.

21.18.2 Analyse de la chronologie. A partir des informations réunies sur les circonstances (c.à.d. les dires et les enregistrements), on peut classifier la séquence d'évènements en fonction du temps, à la fois avant et pendant l'explosion. Les cohérences et les incohérences avec les principes de causalité peuvent être examinées et une hypothèse « du plus cohérent » peut être établie.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

21.18.3 Analyse des traces de dommages. Différents types de dommages, principalement les débris et les dommages au bâtiment, devraient être enregistrés pour des analyses plus approfondies.

21.18.3.1 Analyse des débris.

21.18.3.1.1 Les investigateurs devraient identifier, faire des schémas, photographier, et prendre note des fragments de débris qui indiquent la direction et la force relative de l'explosion. En général, pour des fragments de débris similaires, plus l'énergie de l'explosion est grande, plus les fragments seront projetés loin du centre de l'explosion. Cependant, les caractéristiques aérodynamiques de fragments de différentes formes (c.à.d. la portance et la trainée) auront tendance à permettre à certains fragments d'aller plus loin que les autres. Certains détails constructifs ont une influence sur la projection de débris, notamment la masse associée aux différentes surfaces, la solidité des liaisons, les surfaces de fenêtres et de portes, les pièces en sous-sol, et d'autres détails.

21.18.3.1.2 La distance, tout comme la direction d'objets projetés, à partir du centre apparent de l'explosion, peuvent constituer des paramètres critiques. L'emplacement de tous les éléments significatifs devrait être enregistré de manière exhaustive sur le schéma de la scène d'explosion, accompagné d'annotations sur la distance et la direction. Cette façon de faire, peut permettre à l'investigateur de reconstituer la trajectoire des différents éléments. Dans certains cas, il est souhaitable de peser et de mesurer les missiles significatifs, en particulier les plus gros. Ces données pourront ensuite être utilisées lors d'une analyse approfondie des trajectoires en recourant à des méthodes d'ingénierie.

21.18.3.2 Analyse comparative des dommages subis par les structures. Les investigateurs devraient enregistrer sur un schéma les dommages, subis par les différentes zones autour du site de l'explosion. L'analyse des dommages aux structures environnantes peut être utilisée en vue d'estimer la puissance du souffle et d'établir une carte des isobares. Une telle analyse fournira des indices supplémentaires sur la propagation de l'explosion et pourra être utilisée en tant que donnée d'entrée pour une analyse approfondie mettant en œuvre des outils d'ingénierie.

21.18.4* Corrélation entre le type d'explosion, l'énergie développée et les dommages subis. Il existe plusieurs méthodes utilisées par les scientifiques pour corréler le niveau des dommages et la distance parcourue par les projectiles avec la nature et la quantité de combustible qui a explosé. Du fait de la grande différence de cinétique chimique entre les explosifs solides et les déflagrations de gaz ou de vapeurs, il n'est pas possible d'établir une corrélation directe entre la quantité de combustible impliqué d'un côté avec la masse d'explosif utilisé de l'autre. On peut comparer les cas d'explosifs en phase condensés qui détonnent avec les données sur les explosifs puissants et brisants, mais il peut y avoir des différences au niveau des performances. Les équivalences massiques pour les explosifs en phase condensée courants peuvent être trouvées dans la littérature.

21.18.5 Analyse des objets et des structures endommagés. La détermination de la cause d'une explosion nécessite fréquemment une approche multidisciplinaire pour relier les dommages aux combustibles impliqués. La consultation d'experts spécialisés peut se révéler nécessaire.

21.18.6 Corrélation avec les effets thermiques. Un ensemble d'objets présentant des dommages thermiques après une explosion peut fournir la preuve qu'il s'est produit une boule de feu ou un incendie parmi la séquence d'évènements. Ces détails remarquables peuvent constituer une preuve supplémentaire que l'explosion peut avoir impliqué un BLEVE, une torchère (flamme), ou un autre phénomène, selon les caractéristiques de ces objets. Une analyse spécifique des effets des dommages thermiques peut être réalisée par un spécialiste formé à cette discipline. A partir de ces éléments, il est possible de tracer un schéma des isothermes (c.à.d. une cartographie des dommages thermiques).

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 22 Incendies volontaires

22.1* Introduction.

Un incendie volontaire est un feu allumé délibérément, dans des circonstances, pour lesquelles la personne concernée sait qu'il ne faudrait pas démarrer de feu. Ce chapitre propose des lignes directrices, visant à aider l'investigateur, à identifier les incendies volontaires, et à enregistrer les traces et les indices relatifs à leur lieu d'éclosion et à leur cause. Dans le cas, où l'investigateur conclut à un incendie volontaire, d'autres éléments de preuve sont examinés, en ce qui concerne la recherche et l'identification du suspect. L'existence d'un indice unique ou d'un faisceau d'indices n'est pas nécessairement une preuve formelle que l'incendie est d'origine volontaire. Toutefois la présence d'indices peut signifier que l'affaire requiert des investigations supplémentaires.

22.2 Indices d'incendie volontaire.

Il existe un certain nombre de circonstances relatives au lieu d'origine du feu et à sa propagation qui peuvent constituer les indices matériels d'un incendie volontaire.

22.2.1 Foyers multiples. Les foyers multiples correspondent à deux ou plusieurs feux distincts, sans lien les uns avec les autres, et brûlant simultanément. L'investigateur devrait chercher à découvrir tout foyer supplémentaire ou point d'origine susceptible d'être présent. Pour conclure à des foyers multiples, l'investigateur devrait démontrer que tout foyer « distinct » ne résulte pas de la croissance naturelle du foyer initial.

22.2.1.1 Les foyers dans plusieurs locaux, les foyers présents à plusieurs étages, sans liaison entre eux, ou les foyers distincts à l'intérieur et à l'extérieur d'un bâtiment, sont des exemples de foyers multiples. Des recherches dans le bâtiment sinistré et ses environs devraient être menées afin d'examiner s'il existe des foyers multiples.

22.2.1.2 Des foyers distincts, non-causés par des mises à feu multiples et délibérées, peuvent résulter des conditions suivantes ;

(1) Propagation du feu par conduction, convection ou rayonnement

(2) Propagation du feu par brandons enflammés

(3) Propagation du feu par contact direct de flamme

(4) Propagation du feu par chute de matières en feu, par exemple des rideaux

(5) Propagation du feu par des gaines, tels que des colonnes montantes ou des conduites d'air conditionné

(6) Propagation du feu à l'intérieur des murs ou des espaces dans les planchers au sein de « constructions d'un seul tenant »

(7) Câbles électriques surchargés

(8) Défaillance d'un système d'alimentation en fluide ou en énergie

(9) Foudre

22.2.1.3 Des points d'origine apparemment multiples, peuvent aussi provenir de zones du bâtiment, éloignées, continuant à brûler, au cours des opérations d'extinction et de déblai, en particulier lorsque le bâtiment s'est effondré en partie ou en totalité.

22.2.1.4 Plus le feu est éteint tôt, plus il est facile d'identifier de multiples points d'origine. Une fois que le feu s'est développé dans tout un local ou que la propagation de pièce en pièce s'est produite, l'identification de foyers multiples devient plus difficile et un sinistre total peut rendre cette identification impossible.

22.2.1.5 Si le bâtiment a été la proie d'un précédent feu, il faudrait prendre garde à ne pas confondre les dommages précédents, avec une situation de foyers multiples.

22.2.1.6 La remise en situation de la scène d'incendie *(voir la Section 17.7)*, qui représente une étape primordiale de l'examen d'une scène d'incendie, est particulièrement importante lorsque l'on suspecte des foyers multiples.

22.2.1.7 Un examen soigneux de la scène d'incendie, peut permettre de mettre en évidence des dispositifs de mise à feu supplémentaires, destinés à allumer des foyers additionnels, notamment dans le même type de zone. Par exemple, si l'investigateur observe ou découvre une zone de départ dans un placard, il est prudent d'examiner les autres placards à la recherche de foyers ou de dispositifs de mise à feu supplémentaires. Il peut être nécessaire pour l'investigateur d'obtenir une autorisation légale pour fouiller les zones, qui ne sont pas affectées ou pas concernées par l'incendie, qui a été découvert. *(Voir le 13.3.2 et le 13.3.3.)*

22.2.2 Traînée de combustible. Une traînée est un combustible, qui a été délibérément apporté, ou bien une traînée peut résulter de l'utilisation de combustibles présents sur place, et mis en œuvre afin d'aider à propager le feu d'une zone à l'autre. Les traînées peuvent être utilisées sur les planchers pour connecter des dispositifs de mise à feu distincts, ou dans les escaliers, pour propager le feu d'un étage à l'autre. Les combustibles mis en œuvre pour les traînées, peuvent être des liquides inflammables, des solides, ou des combinaisons des deux. Les traînées sont fréquemment identifiées grâce à l'observation de traces de combustion allongées. *(Voir la figure 6.18.1)*

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

22.2.2.1 La confirmation de la présence d'une traînée de combustible, constitue un indice irréfutable d'incendie volontaire.

22.2.2.2 Des matériaux tels que du tissu, du papier, de la paille, ou des liquides inflammables sont souvent utilisés. Des vestiges de matériaux solides sont fréquemment laissés sur place, il faudrait les prélever et les enregistrer.

22.2.2.3 Les liquides inflammables sont susceptibles de laisser des traces linéaires, en particulier lorsque le feu est rapidement éteint. L'énergie rayonnée par la flamme ou les gaz chauds, qui se propagent dans les couloirs ou les escaliers, peuvent aussi générer des traces linéaires. De la même façon que pour d'éventuels accélérants solides, il faudrait prélever des échantillons des accélérants liquides suspectés et les analyser. *(Voir la Section 16.5.)*

22.2.2.4 Après que l'on ait enlevé les débris sur une zone de plancher afin d'examiner les dommages, il arrive souvent que l'on trouve des traces allongées, larges et droites montrant des zones de dommages thermiques importants, entourées de chaque côté de zones intactes ou moins détruites. On interprète souvent ces traces comme étant des traînées de combustibles. Cette interprétation est possible, toutefois, la présence de meubles, de produits stockés, de comptoirs ou d'entreposage peuvent aussi expliquer ces traces linéaires. De telles traces peuvent aussi provenir de l'effet du feu, sur des zones de planchers recouvertes par des objets ou sur les revêtements de sols. Des objets de forme irrégulière, posés au sol, tels que des vêtements ou de la literie, peuvent protéger le sol, en générant des traces susceptibles d'être interprétées de façon inexacte.

22.2.2.5 Par exemple, de l'essence automobile déversée, pour favoriser le feu, est un accélérant. C'est l'usage délibéré d'essence pour propager le feu d'un endroit à un autre qui fait que l'essence écoulée devient une traînée. Répandre de l'essence d'une pièce à l'autre et dans les escaliers, correspond à l'épandage d'une traînée. Asperger un bâtiment avec de l'essence de la cave jusqu'au toit ou sur une surface étendue, ne correspond pas à l'épandage d'une traînée ; c'est en revanche considéré comme l'usage d'un accélérant. On peut donc voir que ce n'est pas le combustible en lui-même qui correspond à une traînée, mais plutôt la manière dont ce combustible ou cet accélérant est utilisé. Cette distinction se rapproche de la notion « d'utilisation » dans la définition d'un accélérant. La façon de brûler n'a pas d'influence sur la question de constituer ou non une traînée. Bien qu'ils brûlent différemment, l'essence, des chiffons, ou des journaux peuvent être utilisés pour former une traînée. Les traces laissées par une traînée de combustible, sont un indice de cette traînée ; les traces ne sont pas la traînée. Si un incendiaire met en place une traînée mais est arrêté avant d'y mettre le feu, il y a encore la traînée.

22.2.3 Absence de charge calorifique attendue ou de source d'ignition. Lorsque les dommages causés par le feu au lieu d'origine sont incohérents avec la charge calorifique connue ou rapportée, la puissance du feu normalement faible ou les sources potentielles d'inflammation réduites, l'incendie peut être d'origine volontaire. Les trois caractéristiques citées peuvent être illustrées par un foyer isolé au niveau du sol, à l'intérieur d'une grande pièce vide. Les couloirs et les escaliers constituent des exemples de zones à faible charge calorifique. Les escaliers, bien que présentant habituellement une charge calorifique faible, peuvent favoriser une propagation rapide du feu en permettant aux flammes et aux gaz chauds, de se déplacer verticalement vers d'autres zones. Ce phénomène peut engendrer des dommages importants au niveau des surfaces exposées dans les escaliers. Les placards, les vides-sanitaires, et les combles peuvent constituer des exemples supplémentaires de zones où les sources potentielles d'inflammation accidentelle sont réduites.

22.2.4* Accélérants « exotiques ». Des mélanges de combustibles avec des comburants de classe 3 ou 4 *(voir la* NFPA 430, *Code for the Storage of Liquid and Solid Oxidizers)* sont susceptibles de générer un feu extrêmement chaud et d'être utilisés pour démarrer ou accélérer un incendie. Certains de ces comburants, en fonction de différentes conditions, peuvent s'auto-enflammer et conduiront à un développement de feu similaire. Les mélanges à base de thermite génèrent également des feux extrêmement chauds. Ces accélérants laissent généralement des résidus, qui peuvent être visuellement ou chimiquement identifiés. La présence de résidus de comburant ne constitue pas en soi une preuve d'incendie volontaire. *(Voir le 5.7.4.1.5.)*

22.2.4.1 Il a été envisagé que des accélérants « exotiques » avaient pu être mis en œuvre pour démarrer ou accélérer certains feux à croissance rapide et sont référencés par certaines instances en tant qu'*accélérants à haute température (HTA)*. Les indices de l'usage d'accélérants exotiques comprennent une vitesse de croissance du feu extrêmement rapide, des flammes brillantes (en particulier au démarrage de l'incendie), et de l'acier ou du béton fondus. Une étude portant sur 25 incendies, pour lesquels l'emploi de HTA a été suspecté au cours de la période 1981–1991, a révélé qu'il n'existait aucune preuve scientifique concluante de l'usage de ces HTA.

22.2.4.2 Pour n'importe quel incendie, dont la vitesse de développement est considérée comme extrêmement rapide, il faudrait examiner d'autres explications, en plus de la mise en œuvre d'un accélérant « exotique » ou autre. Ces explications possibles comprennent la ventilation, les tactiques d'extinction, et la configuration des combustibles.

22.2.5 Charge calorifique ou configuration de combustibles inattendus. Si les investigations révèlent la présence d'une forte charge calorifique inattendue dans la zone d'origine, ou d'une charge calorifique au

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

niveau de la zone d'origine, qui ne devrait normalement pas s'y trouver, ou ne pas se présenter dans la configuration dans laquelle elle a été trouvée, alors il peut s'agir d'un incendie volontaire. Un exemple de configuration inattendue peut être, lorsque du mobilier, des matières stockées ou des produits sont délibérément entassés ou empilés, en un assemblage de nature à favoriser un développement du feu rapide et total. Un exemple de charge calorifique importante inattendue peut être, lorsqu'une accumulation de déchets, de débris ou de cartons sont délibérément introduits dans un local ou dans une zone afin de favoriser la participation au feu d'une plus grande quantité de combustibles.

22.2.6 Blessures par brûlures. La nature et l'étendue des blessures par brûlures sont susceptibles de fournir des indices quant à l'origine, la cause, ou la propagation du feu. Les blessures par brûlures peuvent avoir été occasionnées lors d'un incendie volontaire. L'investigateur devrait vérifier si les brûlures de la victime du fait de l'incendie et l'étendue des blessures sont cohérentes avec les hypothèses, résultant des investigations, et concernant la cause et la propagation du feu. L'investigateur devrait vérifier auprès des hôpitaux locaux, l'identité de toute personne admise ou traitée pour des blessures par brûlures.

22.2.7 Dispositifs de mise à feu. On utilise le terme de *dispositif de mise à feu* pour décrire une large gamme de mécanismes utilisés pour démarrer un incendie volontaire. Dans certains cas, l'incendiaire peut avoir mis en œuvre plus d'un dispositif de mise à feu. Il arrive fréquemment que l'on retrouve des résidus du combustible utilisé avec le dispositif d'ignition. Lorsque l'investigateur suspecte un incendie d'origine volontaire, il devrait rechercher s'il y a d'autres dispositifs de mise à feu qui peuvent avoir brûlé ou n'avoir pas fonctionné.

> ***AVERTISSEMENT :*** *Lorsqu'un dispositif de mise à feu n'ayant pas fonctionné est découvert, ne pas le déplacer ! De tels dispositifs doivent être manipulés par du personnel des services de déminage spécialement entraîné. Toucher ou déplacer de tels dispositifs est extrêmement dangereux et peut conduire à une inflammation ou à une explosion.*

22.2.7.1 Exemples de dispositifs de mise à feu. Sont indiqués ci-après quelques exemples de dispositifs de mise à feu, et les indices ou éléments de preuve qui peuvent permettre d'établir leur présence :

(1) Pochettes d'allumettes en carton et cigarettes, dont le grattoir de la pochette d'allumettes, les filtres des cigarettes, les restes des cendres de cigarettes, et les matériaux combustibles enflammés par les allumettes ou les cigarettes peuvent être retrouvés dans la zone d'origine.

(2) Bougies dont la cire et les restes de matériaux combustibles, enflammés par les bougies peuvent être retrouvés dans la zone d'origine.

(3) Systèmes constitués de fils électriques ou équipement de chauffage électrique, destinés à initier un feu (peuvent être mis en évidence par le bricolage ou la modification du câblage électrique, par le déplacement ou le positionnement des installations produisant de la chaleur à des endroits proches de matériaux combustibles, ou par des indices matériels montrant que des matériaux combustibles ont été placés sur ou près d'installations produisant de la chaleur)

(4) Engins incendiaires, souvent appelés cocktails Molotov (qui laissent des traces de liquide inflammable, de produits chimiques, ou de composés mis en œuvre avec ces derniers, récipients vides, et mèches)

(5) Dispositif de mise à feu, composé de cire de paraffine et de sciure de bois [qui peut être mis en évidence par les restes de cire contenant de la sciure (en quelque sorte des allume-feu artisanaux)]

22.2.7.2 Retardateurs. Des minuteurs ou des retardateurs peuvent être utilisés afin de permettre à l'incendiaire de quitter le site et d'obtenir un alibi, avant le départ du feu. Les retardateurs courants comprennent les bougies, les cigarettes, et les minuteurs mécaniques ou électriques.

22.2.7.3 Présence de liquide inflammable dans la zone d'origine. Lorsqu'il y a utilisation ou présence de liquide inflammable, on parle souvent *d'accélérant liquide* s'il y a concomitance avec un incendie volontaire.

22.2.7.3.1 La présence de liquides inflammables peut indiquer que le feu est d'origine volontaire, en particulier lorsque les liquides inflammables sont mis en évidence dans des zones où il n'existe aucune raison pour qu'ils s'y trouvent. Des récipients contenant des liquides inflammables ne sont pas inhabituels dans un garage, mais un récipient contenant des liquides inflammables peut l'être dans une chambre à coucher. Dans chaque cas, la présence de liquides inflammables près de la zone de départ du feu devrait être examinée en détails.

22.2.7.3.2 Des « traces de forme irrégulière » *(voir le 6.17.8.2)* peuvent être le signe de la présence d'un liquide inflammable. Si l'investigateur observe des traces représentatives d'un accélérant liquide, il peut aussi retrouver les traces du récipient qui a servi à contenir le liquide. L'investigateur devrait s'assurer que des prélèvements ont été réalisés à chaque endroit où des liquides inflammables sont suspectés d'être présents.

22.2.8 Évaluation du développement de l'incendie et des dommages associés. Les investigateurs peuvent avoir dans l'idée que la vitesse de croissance du feu ou l'étendue des dommages ont été plus importantes, que ce à quoi

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

ils se seraient attendus pour les combustibles « normaux supposés se trouver sur site et pour la configuration du bâtiment. Toutefois, ces avis sont subjectifs. La croissance et les dommages dus au feu dépendent d'un grand nombre de paramètres, et l'hypothèse de l'investigateur est basée sur sa formation et son expérience personnelles. Lorsqu'il utilise un langage subjectif, l'investigateur devrait être capable d'expliquer spécifiquement pourquoi le feu a été « excessif », « non-naturel », ou « anormal ».

22.2.8.1 Ce qu'un investigateur pourrait considérer comme « excessif », « non-naturel », ou « anormal » est susceptible de se produire au cours d'un incendie accidentel, selon la géométrie des volumes, les caractéristiques du combustible, et la ventilation du local *(voir le 5.5.4)*. Certains combustibles en plastique, qui brûlent difficilement en feu ouvert, sont susceptibles de brûler de façon vigoureuse s'ils sont soumis au rayonnement thermique émis par d'autres matières en feu dans la zone. Ce type de combustion pourrait se produire dans les conditions d'un flashover ou après un flashover.

22.2.8.2 Il est fortement déconseillé à l'investigateur d'utiliser des avis subjectifs pour étayer la détermination d'une cause volontaire en l'absence d'indices matériels.

22.2.8.3 Il existe des modèles mathématiques, qui peuvent apporter une aide, s'ils sont utilisés correctement, pour évaluer la véracité potentielle de ces observations subjectives.

22.3 Indices potentiels non directement reliés à la combustion. Ces indices sont généralement des conditions ou des circonstances qui, par elles-mêmes ne sont pas directement reliées à la cause de l'incendie ou de l'explosion, mais qui peuvent être exploitées par l'investigateur pour formuler des hypothèses sur l'inflammation, pour sélectionner les témoins à interroger, pour examiner les suspects, et pour préparer les investigations à venir. Les indices évoqués dans cette section, sont des éléments qui tendent à laisser penser que quelqu'un avait connaissance du feu avant qu'il ne se produise.

22.3.1 Emplacements éloignés qui peuvent difficilement être vus. Un feu à l'écart ou à l'abri de tout témoin peut indiquer qu'un incendiaire ne voulait pas être vu ou attrapé. Les feux, qui démarrent dans de tels endroits, vont permettre à l'incendie de se développer avant qu'il ne soit découvert. On trouve des exemples où les vitres ont été peintes ou recouvertes de papier sans raison apparente autre que de dissimuler le feu. Le fait que le lieu d'origine du feu se situe à un endroit éloigné, ou difficile à observer, ne devrait pas être interprété à lui seul comme un indicateur d'une information antérieure à l'évènement.

22.3.2 Incendies proches des équipements d'alimentation en fluide ou en énergie ou des installations. Un feu près d'un équipement ou d'une installation électrique ou au gaz, ou près d'une cheminée peut avoir pour objectif de faire croire à un feu accidentel. L'investigateur devrait examiner l'alimentation en combustible ou les connexions au réseau du distributeur afin de voir si elles sont lâches ou défaites et il devrait ensuite déterminer si les équipements ou les installations ont pu être bricolées ou sabotées. Au cas où l'investigateur n'a pas les compétences suffisantes au regard des équipements ou des installations, ceux-ci devraient être examinés par du personnel qualifié.

22.3.3 Retrait ou remplacement de certains contenus avant l'incendie. Au cours des investigations, l'investigateur peut être amené à croire que certains élément contenus dans le bâtiment ont été retirés ou remplacés avant l'incendie par des éléments de moindre valeur ou de valeur supérieure.

22.3.3.1 Remplacement. Lorsque l'investigateur croit que le contenu a été remplacé, un inventaire aussi exhaustif que possible de ce contenu devrait être réalisé avant de libérer le bâtiment. L'inventaire du bâtiment avant le feu devrait être obtenu et corroboré par des témoignages, des factures, des états d'inventaires, et autres. L'état des pertes et le dossier de souscription fourniront une liste de ce qui a été déclaré comme étant présent. Si on retrouve un contenu anormal par rapport à l'activité, ceci indique, que quelqu'un savait qu'il y aurait un feu. Les objets et contenus susceptibles d'avoir été remplacés dépendent du type d'occupation du bâtiment ou du volume. Examinons les exemples suivants ;

(1) Domaine résidentiel – meubles, vêtements

(2) Activité commerciale ou industrielle – machines, équipements, stock, marchandises

(3) Véhicules - pneus, batteries

22.3.3.2 Retrait. Les scènes d'incendie ou les bâtiments ayant subi un feu, qui sont dépourvus de leur contenu raisonnablement prévisible (ou identifié grâce à des témoignages, etc.), supposé se trouver dans le bâtiment avant l'incendie, devraient être examinées et ces anomalies expliquées. Les objets déménagés sont généralement des objets de valeur tels que des téléviseurs, des magnétoscopes, des chaînes stéréo, des ordinateurs, des équipements vidéo, des stocks, ou des équipements ou objets difficiles à remplacer, y compris des dossiers, des documents professionnels, et ainsi de suite. D'autres éléments, susceptibles d'avoir été retirés avant l'incendie, peuvent être des éléments mettant en cause l'incendiaire.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

22.3.3.3 Absence d'effets personnels avant l'incendie. L'absence d'objets personnels, irremplaçables, ou difficiles à retrouver devrait faire l'objet d'investigations. Ces éléments sont par exemple ; des bijoux, des photographies, des récompenses, des diplômes, des trophées, des objets d'art, des animaux de compagnie, des équipements de sport et de loisirs, et autre. Pareillement, le retrait de documents importants, avant l'incendie, (police d'assurance incendie, documents professionnels, relevés d'impôts) devrait être examiné et expliqué.

22.3.4 Entrée bloquée ou obstruée.

22.3.4.1 L'entrée du bâtiment ou du bien peut avoir été bloquée ou obstruée pour empêcher les pompiers d'éteindre le feu. Parmi les obstructions bloquant l'accès à un bien, on peut trouver ; les arbres à terre, les barricades dans les rues, les constructions qui interdisent l'accès aux véhicules, telles que des poteaux, des barrières ou des entrées maçonnées.

22.3.4.2 Les dispositions bloquant l'accès au bâtiment peuvent comprendre des dispositions susceptibles de passer pour des mesures de « sécurité », telles que des portes et fenêtres condamnées, des « grilles de sécurité », ou des chaînes et des cadenas.

22.3.5 Sabotage du bâtiment ou des systèmes de protection.

22.3.5.1 Introduction. Le sabotage concerne la destruction ou les dommages causés intentionnellement aux éléments structuraux du bâtiment, ou les dommages causés intentionnellement à un système de protection incendie ou à ses constituants.

22.3.5.1.1 Un incendiaire est souvent résolu à créer des conditions, qui vont conduire à la destruction rapide et complète du bâtiment ou de son contenu. Afin de parvenir à ce but, l'incendiaire peut saboter le bâtiment (assemblage résistant au feu) ou les systèmes de protection incendie.

22.3.5.1.2 Les investigateurs devrait déterminer si la défaillance d'éléments de construction du bâtiment ou de systèmes de protection incendie résulte de sabotage délibéré ou d'autres facteurs, tels qu'une construction mal faite, un manque de maintenance, des systèmes arrêtés pour maintenance, une conception inadaptée, ou un équipement ou un assemblage constructif défaillant.

22.3.5.2 Dommages aux assemblages résistants au feu. Les conceptions résistantes au feu, réalisées à partir de la construction de plusieurs assemblages classés en résistance au feu (par ex. des murs, des plafonds, et des planchers) et d'une protection adaptée des ouvertures (par ex. les portes coupe-feu, les fenêtres et les volets, et les clapets coupe-feu), ont pour objectif de séparer un bâtiment en « compartiments » ou en « zones de feu » qui permettent de confiner le feu à l'intérieur du « compartiment » où il a pris naissance évitant le déplacement de la fumée et du feu vers d'autres parties du bâtiment.

22.3.5.2.1 Des ouvertures non-étanchées dans les assemblages résistants au feu peuvent indiquer que l'incendiaire a cherché à propager l'incendie d'une zone à une autre. L'investigateur devrait essayer de déterminer si les ouvertures ont été réalisées avec l'objectif de propager le feu. Les ouvertures non-étanchées dans les constructions classées en résistance au feu peuvent être consécutives à une faible qualité de construction initiale, à des travaux, au passage de câbles d'alimentation ou de distribution, ou elles peuvent avoir été causées par les pompiers pour ventiler ou déblayer.

22.3.5.2.2 Le plus souvent, le feu se déplace dans un bâtiment par les portes ouvertes. Le sabotage de portes coupe-feu (par ex. des portes calées en position ouverte) ou de clapets coupe-feu peut augmenter la propagation du feu et des fumées à travers le bâtiment. Le sabotage des portes des cages d'escalier peut encore davantage augmenter la propagation des fumées et de l'incendie. Toutefois, il arrive fréquemment que ces portes soient tenues ou maintenues ouvertes par les occupants du bâtiment, pour améliorer la ventilation ou l'accessibilité au cours des activités normales dans le bâtiment. L'investigateur devrait déterminer si ces portes ou autres dispositifs de protection des ouvertures ont été ouvertes intentionnellement par un incendiaire ou sont restées ouvertes dans le cadre des activités normales dans le bâtiment.

22.3.5.3 Dommages aux systèmes de protection incendie. Les systèmes de protection incendie comprennent les systèmes de détection de chaleur, de fumée, ou de flamme ; les systèmes d'alarme et de signalisation ; les systèmes sprinkleurs et les colonnes sèches ; les systèmes d'extinction spécifiques, tels que ceux à base de dioxyde de carbone, de mousse, ou de halon ; les sources d'eau privées et les bouches incendie.

22.3.5.3.1 Le sabotage de systèmes de protection ou de composants peut retarder l'alerte des occupants et des services incendie et peut empêcher le contrôle ou l'extinction du feu. Un tel sabotage a pour but de permettre au feu de se développer complètement et de créer des destructions plus importantes.

22.3.5.3.2 Le sabotage peut couvrir le démontage ou l'obstruction des détecteurs de fumée ; le blocage des sprinkleurs ; la fermeture des vannes de contrôle ; la destruction des raccords sur les colonnes sèches, les tuyaux, ou les bouches incendie ; et le blocage ou le dépôt de débris à l'intérieur des raccords pompiers des services incendie ou au niveau des bouches incendie.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

22.3.5.3.3 Un autre type de sabotage, plus ingénieux est la mise à feu de plusieurs foyers (*voir le 22.2.1*). En plus d'accroître les destructions grâce aux feux supplémentaires, les foyers multiples peuvent avoir comme effet de pousser les systèmes d'extinction au-delà des capacités pour lesquelles ils ont été conçus. Une assistance technique peut être nécessaire afin de déterminer les limitations du fait de leur conception, des systèmes de protection incendie. *(Voir la Section 14.5.)*

22.3.6 Fenêtres et portes extérieures ouvertes. Les fenêtres et les portes extérieures ouvertes sont susceptibles d'accélérer la croissance et la propagation du feu. Lorsque c'est le cas, alors qu'il fait froid ou que les consignes de sécurité du bâtiment n'ont visiblement pas été respectées, cela peut indiquer que quelqu'un a cherché à apporter une ventilation supplémentaire à l'incendie. On a pu briser les vitres pour les mêmes raisons.

22.4 Autres indices.

22.4.1 Une fois que l'investigateur a terminé l'examen de la scène d'incendie et qu'il a conclu que l'incendie était d'origine volontaire, d'autres indices devraient être enregistrés et examinés, ces indices peuvent être importants pour la recherche et l'identification à venir d'un suspect.

22.4.1.1 Ces indices concernant l'identification d'un éventuel suspect, la motivation ou l'opportunité pour mettre le feu, ne peuvent pas se substituer à des investigations correctement menées afin d'identifier l'origine et la cause du feu.

22.4.1.2 En l'absence d'indices matériels sur l'origine volontaire d'un incendie, il est fortement déconseillé à l'investigateur d'utiliser ces autres indices pour formuler une hypothèse, émettre une opinion, ou tirer des conclusions concernant la cause du feu.

22.4.2 Analyse d'incendies volontaires confirmés. C'est grâce à l'analyse d'incendies volontaires confirmés que les tendances ou les traces lors des comportements de départs de feux répétitifs peuvent être détectés. La clé pour cette analyse est de savoir si l'incendie est répétitif ou non. Cette analyse peut aider l'investigateur à rechercher et à identifier des suspects possibles. Les mises à feu répétitives, parfois appelées *mises à feu en série* ou *incendies volontaires en série,* concernent une série d'au moins trois incendies (volontaires), pour lesquels l'incendie est attribué à un individu ou à un groupe d'individus agissant ensemble. Il existe trois tendances principales qui peuvent être identifiées grâce à l'analyse ; la zone géographique, ou l'ensemble de lieux ; la fréquence temporelle ; et les produits et méthodes mis en œuvre.

22.4.2.1* Zones géographiques, ou ensemble de lieux. Les actes de départs de feux répétés tendent à être regroupés dans la même zone géographique (c.à.d. dans le même voisinage), ou dans un ensemble de lieux. L'utilisation de systèmes de reconnaissance de traces, assistées par ordinateur pour localiser les incendies volontaires, tels que l'Arson Information Management System (AIMS) ou le repérage sur une carte de la zone, peut aider l'investigateur à identifier un ensemble de lieux proches.

22.4.2.2 Fréquence temporelle. Les incendies volontaires allumés par le même individu se produisent souvent à la même période de la journée ou le même jour de la semaine. Ceci peut avoir plusieurs raisons, qui comprennent le niveau d'activité dans la zone, l'évaluation que fait l'incendiaire de ses chances de succès, ou les habitudes de ce dernier. Par exemple, l'incendiaire peut passer devant l'endroit (en allant ou en revenant de son travail ou d'un bar) à un certain moment de la journée ou un certain jour de la semaine.

22.4.2.3 Produits et méthode. La méthode et les produits utilisés pour mettre le feu varient selon les incendiaires. Cependant, de façon générale, une fois qu'un incendiaire commence avec les incendies en série, les produits et la méthode employés tendent à demeurer les mêmes, comme pour les emplacements de ces incendies.

22.4.3 Traces d'autres crimes ou délits, dissimulation d'un crime.

22.4.3.1 L'incendie volontaire peut être une tentative pour dissimuler d'autres crime ou délit, tels qu'un homicide ou un vol. Dans d'autres cas, un vol peut être mis en scène pour camoufler un incendie volontaire. La question de savoir lequel s'est produit en premier (l'autre crime ou délit ou l'incendie), est davantage reliée au mobile de l'incendie, qu'à sa cause.

22.4.3.2 Bien que les mobiles envisageables ne déterminent pas la cause d'un feu (c.à.d. si le mobile était de cambrioler le bâtiment et de camoufler le cambriolage par un incendie, ou de mettre le feu mais de le faire passer pour un cambriolage), les mobiles peuvent conduire l'investigateur à mener les investigations et à approcher les suspects possibles de façon différente.

22.4.4 Indicateurs de difficultés financières. L'enquête peut faire apparaître des indicateurs de difficultés financières. Ces indicateurs sont par exemple les suivants ; gages, saisies, impôts impayés, arriérés de remboursements d'emprunt, immobilier à vendre (difficultés à vendre, bien non vendable, etc.), mauvais emplacement commercial, ou nouveau compétiteur.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

22.4.4.1 Les facteurs relatifs à l'utilisation des locaux ou au type d'activité exercée peuvent aussi constituer des indicateurs d'éventuelles difficultés financières. Pour les activités professionnelles, les indicateurs comprennent notamment ; les périodes de récession économique, en particulier au regard du type d'activité concernée ; les mutations relatives au domaine industriel concerné, qu'il s'agisse de produits ou d'équipements ; l'obsolescence des équipements ; ou un nouvel entrant dans domaine concerné. D'autres indicateurs peuvent concerner des considérations telles que le besoin de relocaliser ou un nouveau concurrent dans la même région ou zone géographique.

22.4.4.2 Les exemples de difficultés financières relatives aux biens résidentiels comprennent notamment ; les propriétaires qui n'arrive pas à se faire payer les loyers ou qui ne peuvent pas louer leur biens, le blocage des loyers, la nécessité du propriétaire de se reloger, ou la perte massive d'emplois dans la région consécutive à des licenciements économiques ou à des fermetures.

22.4.5 Non-respect de la réglementation.

22.4.5.1 Le non-respect chronique de la réglementation sur la construction, sur la sécurité incendie, sur l'entretien et la maintenance est intimement lié aux difficultés financières et peut en constituer un indicateur. Cela peut refléter soit l'incapacité financière à entretenir le bâtiment ou soit le choix délibéré de laisser ce bâtiment se détériorer (refus de réinvestir dessus).

22.4.5.2 Lorsque la détérioration est intentionnelle, d'autres indicateurs de difficultés financières, tels que la sur-couverture d'assurance ou l'impossibilité pour vendre le bien, peuvent être mis en évidence au cours de l'enquête.

22.4.6 Propriétaire ayant subi des incendies sur d'autres biens. Lorsqu'une personne a déjà eu des incendies volontaires sur plusieurs biens, et qu'elle a été dédommagée par l'assureur, il est probable qu'elle renouvelle l'expérience et que le bien considéré soit à nouveau la proie d'un incendie volontaire.

22.4.7 Sur-couverture d'assurance. La sur-couverture d'assurance est un autre indicateur étroitement lié aux difficultés financières. La sur-couverture d'assurance correspond à une situation où la couverture d'assurance, mentionnée dans la police d'assurance, est supérieure à la valeur des biens ou alors lorsqu'il existe plusieurs contrats d'assurance couvrant le même bien.

22.4.8 Opportunité programmée. Une opportunité programmée correspond à des éléments indiquant que l'incendiaire a programmé le feu pour que celui-ci coïncide avec des conditions ou des circonstances qui augmentent les chances de réussir à détruire la cible (le bien) ou qui diminue le risque d'être appréhendé.

22.4.8.1 Incendies concomitants à des conditions naturelles difficiles. Les incendies se produisant au cours de périodes correspondant à des conditions naturelles difficiles telles que des inondations, des tempêtes de neige, des ouragans, ou des tremblements de terre auront vraisemblablement des délais d'interventions des services de secours plus longs ou bien ces derniers seront gênés pour intervenir. D'autres conditions naturelles difficiles sont également les orages avec foudre, les périodes de vents violents, la sécheresse, le gel ou les températures particulièrement élevées.

22.4.8.2 Incendies pendant les périodes de troubles civils. Il s'agit d'un exemple typique d'incendie opportuniste. D'autres indices, tels que des difficultés financières sont souvent associés à cet indicateur.

22.4.8.2.1 En outre, les incendies volontaires, se produisant au cours d'émeutes, n'utilisent généralement pas de dispositif de mise à feu ou de substances élaborés, bien que des engins incendiaires ou des liquides inflammables puissent parfois être mis en œuvre. Le plus souvent, les matériaux disponibles sont utilisés comme combustible initial.

22.4.8.2.2 Un schéma similaire peut avoir lieu lorsque des *feux répétitifs* ou une série d'incendies volontaires se produisent dans la même zone (*voir le 22.4.2.1*). Les propriétaires ou les occupants peuvent essayer de mettre le feu et d'en faire attribuer la cause à un autre incendiaire. Dans ces affaires, l'investigateur peut découvrir une différence dans la méthode (telle que le moment dans la journée, le jour de la semaine, l'emplacement du foyer), les produits (tels que des combustibles différents) utilisés, ou la source d'ignition qui ne correspond pas au schéma de mise à feu établi. *(Voir le 22.4.2.)*

22.4.8.3 Indisponibilité des services de secours. Des feux peuvent être déclenchés à des moments où les services de secours sont indisponibles. On peut citer comme exemples ; appeler délibérément pour provoquer une fausse alarme et éloigner les pompiers de la zone concernée ou démarrer un feu alors qu'il y a déjà un feu qui se développe ou que les pompiers sont occupés par un défilé ou par une autre tâche pour la communauté.

22.4.9* Motivations de l'incendiaire.

22.4.9.1 Généralités. Les indices relatifs au mobile ne devraient ni faire partie ni se substituer aux éléments d'analyse de la scène d'incendie destinés à déterminer ou à classer la cause du feu. L'utilisation correcte des indices relatifs

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

au mobile, dans une investigation incendie, est de s'en servir pour l'identification des suspects potentiels, seulement après que, l'origine et la cause de l'incendie aient été déterminées et que celui-ci ait été classé en tant qu'incendie volontaire.

22.4.9.1.1 On peut définir le *mobile* comme un élan ou une impulsion intérieure, qui est le moteur de la cause, de la raison, ou du stimulus qui induit ou incite à un comportement particulier. La détermination du mobile du délinquant est un élément clé dans l'analyse d'un crime ou d'un délit. Le profilage est une méthode d'identification des traits et des caractéristiques de la personnalité d'un délinquant inconnu. Cette identification et cette analyse de la personnalité peuvent éventuellement conduire au classement du mobile. Dès qu'un mobile envisageable a pu être identifié, l'investigateur peut commencer à examiner les auteurs potentiels de l'incendie volontaire.

22.4.9.1.2 Les comportements permettant le classement des mobiles peuvent ne pas être typiques d'une seule catégorie de mobiles mais être communs à plusieurs catégories et être similaires pour différents mobiles. Dans de tels cas, il est important d'obtenir des informations complémentaires, susceptibles de clarifier les comportements.

22.4.9.1.3 En plus de la détermination du mobile, il existe d'autres analyses, qui pourraient aider à définir, s'il s'agit d'un incendiaire en série. Grâce à l'analyse d'incendies volontaires élucidés, des tendances ou des schémas relatifs aux comportements des incendiaires pour l'allumage de feux répétitifs peuvent être détectés. Les trois grandes tendances qui peuvent être relevées sont le groupage géographique, la fréquence temporelle, et les méthodes et produits utilisés. *(Voir le 22.4.1.)*

22.4.9.2 Mobile par rapport à l'intention. Il est important de faire la distinction entre mobile et intention. *L'intention* fait référence au caractère réfléchi ou délibéré des actes d'une personne ou, dans certains cas des éléments omis. Elle concerne également l'état d'esprit qui anime la personne au moment où elle agit ou au contraire n'agit pas alors qu'elle le devrait. Pour prouver qu'il y a eu crime ou délit, il est généralement nécessaire de démontrer que l'intention était présente. Démontrer l'intention revient à montrer que certaines étapes essentielles ont été franchies lorsque que l'acte a été perpétué. *Le mobile* est la raison pour laquelle un individu ou un groupe d'individus font quelque chose. Il concerne ce qui pousse une personne à agir ou au contraire à ne pas agir et concerne aussi le stimulus qui engendre l'action ou l'inaction. En général, le mobile n'est pas un élément strictement nécessaire dans un crime ou un délit. Par exemple, une personne ayant des difficultés financières pourrait être la proie d'un incendie sur son bien assuré, parce qu'elle s'est endormie avec un mégot de cigarette. Bien que cette personne puisse avoir un mobile pour mettre le feu, elle n'avait pas l'intention de déclencher un incendie. Ici, aucune intention n'existait.

22.4.9.3* Classement des mobiles.

22.4.9.3.1 Introduction. Le classement présenté dans ce chapitre est celui proposé par Douglas et al., *Crime Classification Manual* (CCM). Le CCM utilise un système de diagnostic afin de normaliser la terminologie et de classer de façon formelle les caractéristiques critiques des auteurs et des victimes des trois crimes ou délits les plus violents ; le meurtre, l'incendie volontaire, et les violences sexuelles.

22.4.9.3.1.1 Le CCM détermine des facteurs analytiques qui ont été identifiés comme étant des éléments essentiels pour classer le mobile d'un délit. Ces facteurs sont relatifs aux informations sur la victime, la scène de crime, et la nature des relations entre la victime et le présumé coupable. Toutes ces informations ne seront pas nécessairement disponibles pour chaque affaire. L'objectif est de fournir à l'investigateur autant d'informations que possible

22.4.9.3.1.2 Les comportements, qui peuvent permettre d'identifier un mobile envisageable, et donc un éventuel suspect, s'appliquent que le feu soit unique ou qu'il appartienne à la catégorie des feux répétitifs perpétués par un incendiaire en série. Les comportements de départs de feux répétitifs peuvent être classés en trois catégories, qui sont les incendies volontaires en série, les incendies volontaires pour le plaisir, et les incendies volontaires ravageurs. La terminologie utilisée pour classer un incendiaire, qui reproduit son acte, est similaire à celle utilisée pour les meurtriers. *Les incendies volontaires en série* concernent un incendiaire qui allume plusieurs (trois ou plus) incendies, avec une période de pause entre chaque feu. *Les incendies volontaires pour le plaisir* sont le fait d'un incendiaire, qui allume plusieurs (trois ou plus) incendies à des endroits différents sans période de récupération sur le plan émotionnel, entre chaque feu. *Les incendies volontaires ravageurs,* sont commis par un délinquant, qui allume plusieurs (trois ou plus) incendies sur le même site ou au même endroit dans un laps de temps limité.

22.4.9.3.1.3 Le National Center for the Analysis of Violent Crime (NCAVC) a identifié six classes de mobiles, qui caractérisent au mieux, le comportement des incendiaires, lorsqu'ils mettent le feu :

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

(1) Le vandalisme

(2) L'excitation

(3) La vengeance

(4) La dissimulation d'un délit ou d'un crime

(5) Le profit

(6) Le terrorisme

22.4.9.3.2 Vandalisme. On définit l'incendie motivé par le besoin de vandaliser comme un départ de feu malfaisant ou malveillant, qui entraîne des dommages aux biens. Les cibles courantes sont notamment les établissements scolaires et les bâtiments laissés à l'abandon, mais aussi les feux de déchets et les feux de végétation. La catégorie des incendies allumés par vandalisme recouvre les actes commis volontairement par des malveillants et ceux commis sous la pression de pairs ou d'un groupe.

22.4.9.3.2.1 Actes malveillants perpétrés volontairement. Il s'agit d'incendies volontaires, sans mobile apparent ou qui semblent perpétrés au hasard, sans but identifiable. Ces incendies sont souvent le fait d'enfants ou d'adolescents.

22.4.9.3.2.2 Pression des pairs ou d'un groupe. La reconnaissance ou la pression des pairs sont parfois considérées comme des raisons pour mettre le feu, en particulier chez les enfants.

22.4.9.3.3* Excitation. Cette catégorie d'incendiaires peut être animée par l'excitation procurée par le départ de feu ou par les opérations liées à l'extinction de l'incendie, ou bien il peut s'agir d'individus ayant besoin psychologiquement qu'on s'intéresse à eux. Le délinquant motivé par l'excitation qu'il ressent, est souvent un incendiaire en série. Cet incendiaire va généralement rester sur le site au cours de l'incendie et va souvent se placer à un endroit où il pourra intervenir, ou observer le feu et les opérations associées. Les cibles de l'incendiaire motivé par l'excitation vont des petits feux de déchets ou de végétation jusqu'aux feux de bâtiments.

22.4.9.3.3.1 Les mobiles de l'incendiaire motivé par l'excitation peuvent être divisés en sous-catégories qui sont les suivantes ;

(A) Recherche de sensation. Mettre le feu procure à l'incendiaire un sentiment d'excitation et de pouvoir. L'incendiaire, à la recherche de sensation, est souvent un incendiaire qui met le feu de façon répétitive et compulsive, afin de satisfaire un désir ou un besoin psychologique.

(B) Recherche d'attention. Ces incendiaires ont besoin de se sentir important, et ils mettent le feu dans le but de satisfaire un besoin psychologique.

(C) Reconnaissance. Ces incendiaires sont parfois pris pour des héros ou décrits comme des personnes vaniteuses. Ils restent souvent sur le lieu du sinistre pour avertir les autres, témoigner sur l'évènement, ou aider aux opérations d'extinction. Ils apprécient et sont susceptibles de rechercher la reconnaissance et les éloges pour leurs efforts. Typiquement, on peut trouver parmi ces incendiaires, des agents de sécurité et des pompiers. Il arrive que ces incendiaires assument la responsabilité d'avoir allumé le feu.

(D) Satisfaction ou perversion sexuelle. Ces incendiaires mettent le feu pour relâcher une tension d'ordre sexuel. On considère que cette motivation reste rare.

22.4.9.3.3.2 Les incendiaires, qui mettent le feu à la recherche d'attention, de reconnaissance ou de satisfaction sexuelle, généralement, ne cherche pas ou n'ont pas l'intention de blesser quiconque, mais ils peuvent ne pas prêter attention à la sécurité de badauds ou d'occupants innocents. Cependant, le délinquant à la recherche de sensation, et dont le besoin compulsif requiert un sentiment inhérent de satisfaction, va souvent allumer un feu important ou une séries de feux. Les incendies vont typiquement concerner des bâtiments, mais lorsqu'il s'agit de feux de végétation, ces derniers seront également importants.

22.4.9.3.4* Vengeance.

22.4.9.3.4.1 L'incendiaire, animé par un besoin de vengeance, agit par représailles pour une injustice réelle ou perçue. Le sentiment d'injustice, perçu par le délinquant, constitue un aspect important. L'évènement ou les circonstances en cause, peuvent s'être produites des mois ou des années avant le passage à l'acte par l'incendiaire. Un incendie allumé par un incendiaire motivé par la vengeance peut prendre différentes formes. Il peut être bien-planifié, être un évènement unique, ou faire partie d'une série de mises à feu avec peu ou pas de préparation. Les délinquants en série peuvent diriger leurs représailles, à l'encontre d'individus, d'institutions, ou de la société en général.

22.4.9.3.4.2 Les mobiles de l'incendiaire motivé par la vengeance peuvent être divisés en sous-catégories de représailles ; à l'encontre de personnes, de la société, d'institutions ou de groupes.

(A) Vengeance personnelle. L'évènement déclencheur de la motivation, peut être une discussion, une dispute, un affront personnel, ou tout évènement perçu par le délinquant comme nécessitant des représailles. Les cibles favorites comprennent le véhicule de la victime, sa maison, ou tout autre bien personnel. La localisation ou les éléments spécifiques visés par l'incendie, peuvent constituer un paramètre important pour identifier l'auteur des faits. Mettre le feu à des vêtements ou à tout autre effet personnel, est considéré comme un affront bien

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

plus personnel à l'encontre de la victime que d'allumer simplement un feu dans une zone commune. La scène d'incendie peut également être vandalisée. Ces incendies peuvent être des actes uniques ou être commis dans le cadre d'une série d'actes volontaires.

(B) Vengeance envers la société. Ce type de délinquant souffre souvent d'un sentiment d'inadaptation, de solitude, de persécution, ou d'exploitation. L'incendiaire, qui agit pour se venger de la société, ne se satisfait généralement pas d'un incendie unique, ni même d'une série d'incendies. En conséquence, ce délinquant en série, allumera probablement beaucoup plus d'incendies, que les autres sous-catégories d'incendiaires agissant par vengeance.

(C) Vengeance envers des institutions. Ce type de délinquant cible des institutions religieuses, médicales, gouvernementales, ou éducatives, ou des corporations. L'incendiaire peut être un employé mécontent, un ancien salarié, un client, ou un patient.

(D) Vengeance envers des groupes. Les cibles de ces représailles peuvent être des groupes religieux, des groupes raciaux, des ensembles de personnes ayant des liens fraternels, ou d'autres types de groupes y compris des gangs. Des graffitis, des dessins porteurs de symboles, des empreintes et d'autres types de vandalisme peuvent accompagner l'incendie.

22.4.9.3.5* Dissimulation d'un délit ou d'un crime. Pour cette catégorie, l'incendie est un acte délictueux secondaire ou collatéral, qui est commis afin de dissimuler un premier crime ou délit. Dans certains cas, cependant, l'incendie peut réellement faire partie de l'acte projeté, à des fins de vengeance par exemple. Beaucoup de personnes, croient à tort, que le feu détruira toute trace matérielle, sur la scène du crime ou du délit. L'incendie à des fins de dissimulation comprend la dissimulation d'un meurtre ou d'un cambriolage, et la destruction d'enregistrements ou de documents.

(A) Dissimulation d'un meurtre. Ce scénario avec incendie volontaire est une tentative pour dissimuler le fait qu'un homicide a été commis, pour détruire les preuves scientifiques qui pourraient permettre d'identifier l'auteur, ou pour dissimuler l'identité de la victime.

(B) Dissimulation d'un cambriolage. Il s'agit d'un incendie commis avec pour objectif de dissimuler un cambriolage ou de détruire des preuves scientifiques qui pourraient permettre d'identifier l'auteur.

(C) Destruction d'enregistrements ou de documents. Il s'agit d'un incendie dont la cible concerne des enregistrements ou des documents. Ces feux peuvent être allumés sur les dossiers dans leurs chemises ou avoir comme origine l'armoire qui contient les dossiers. Des combustibles ordinaires peuvent être utilisés et placés de telle façon que les dossiers soient soumis au feu de ces combustibles ; ainsi des déchets ou des rebuts peuvent être déplacés pour être positionnés à côté des fichiers à détruire. Les suspects potentiels pour ces incendies, sont ceux, qui sont concernés par les documents ou les enregistrements visés.

22.4.9.3.6* Profit. Les incendies pour le profit concernent ceux qui sont allumés dans l'espoir d'un gain de type matériel ou financier, qu'il soit direct ou indirect. Un gain direct peut provenir d'une fraude à l'assurance, de l'élimination ou de l'intimidation d'un concurrent, d'une extorsion de fonds, de l'élimination de bâtiments indésirables pour augmenter la valeur d'un bien, ou du fait de ne plus être redevable d'une dette.

22.4.9.3.6.1 On identifie souvent la grande catégorie des fraudes à un mobile d'incendie volontaire. Cependant, la fraude est en réalité une sous-catégorie de la catégorie des mobiles liés au profit. Les incendies, ayant comme mobile la fraude, peuvent concerner les biens de type commercial ou résidentiel. Dans le domaine commercial, les incendies frauduleux peuvent être commis ou organisés par le propriétaire en vue de détruire un équipement ancien et vétuste, pour détruire des enregistrements afin d'éviter des impôts ou des contrôles, ou dans le but d'obtenir de l'argent de l'assurance. Les incendies peuvent être allumés par un concurrent afin de gagner des parts de marché, ou par un membre du crime organisé à des fins d'extorsion, de racket en échange d'une protection, ou d'intimidation. Dans le domaine résidentiel, la fraude peut concerner un propriétaire qui veut frauder auprès de son assureur, ou un assuré qui veut escroquer le propriétaire ou une assurance santé. L'augmentation des impôts, la détérioration du bien (avec obligation légale de faire les réparations, prescrites par l'administration dans le respect de la loi), l'absence de locataire ou l'impossibilité à louer, ou des mesures de contrôle nécessaires pour la location, peuvent constituer des raisons susceptibles de pousser un propriétaire à mettre le feu à un bâtiment.

22.4.9.3.6.2 Il existe plusieurs sous-catégories, qui caractérisent, plus avant, la fraude en tant que motivation. On peut citer la fraude à l'assurance, la fraude permettant de liquider un bien, la fraude en vue de dissoudre une affaire, et la fraude pour cacher une perte ou liquider un inventaire. Les autres catégories concernent l'emploi, le solde d'une parcelle ou d'un bien, et la concurrence.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

22.4.9.3.7* Extrémisme. Les incendies liés à l'extrémisme sont commis pour des raisons sociales, politiques, ou religieuses. Les feux sont employés comme arme de protestation sociale, depuis que les premières révolutions ont commencé. L'incendiaire extrémiste peut travailler seul ou en groupe. Par ailleurs, du fait des aspects de planification et de sélection de leurs cibles, ces incendiaires ont généralement un sens aigu de l'organisation, comme le montre la mise en œuvre d'engins incendiaires ou de systèmes de mise à feu plus élaborés. On trouve comme sous-catégories d'incendies pour des mobiles extrémistes ; le terrorisme et les émeutes ou les troubles civils.

(A) Terrorisme. Les cibles visées par les terroristes peuvent relever du hasard ; cependant l'emplacement d'une cible est généralement choisi pour sa représentativité au niveau politique ou économique. Les cibles politiques comprennent souvent des bâtiments gouvernementaux, le siège des journaux, des universités, les sièges des partis politiques, et les bâtiments militaires ou représentatifs de l'autorité et du respect de la loi. Les terroristes politiques peuvent aussi cibler différents lieux tels que les centres de recherche utilisant des animaux ou des cliniques pratiquant l'avortement. Les cibles économiques peuvent comprendre les sièges des entreprises, les centres de production ou de distribution d'énergie (une centrale nucléaire par ex.), des banques, ou des entreprises suspectées d'avoir un impact nuisible sur l'environnement. L'incendie ou l'explosion devient un moyen de créer la confusion, la terreur, ou l'anarchie. Le terroriste peut utiliser le feu, ainsi que les explosifs, comme une arme parmi toute une panoplie d'autres, qu'il mettra à profit afin de poursuivre son objectif.

(B) Émeutes/troubles civils. Les incendies allumés de façon intentionnelle au cours des émeutes ou des troubles civils peuvent s'accompagner de vandalisme et de pillage. Il est important de noter que les feux allumés au cours des périodes d'agitation civile ne sont pas tous commis par des extrémistes mais peuvent aussi être le fait d'autres types d'incendiaires tels que des propriétaires qui espèrent que l'incendie sera attribué à un incendiaire extrémiste et aux circonstances liées aux troubles civils.

Chapitre 23 Décès et blessés au cours des incendies et explosions.

23.1* Généralités. Chaque année, des milliers de personnes sont blessées ou tuées au cours d'un incendie ou d'une explosion. Les enquêtes sur les décès ou les blessures consécutifs à un incendie ou à une explosion requièrent des compétences qui ne sont pas typiquement mises en œuvre au cours des investigations incendie de routine. Ces compétences comprennent, entre autres, des disciplines telles que la toxicologie, la pathologie, et le comportement humain. Les données recueillies sur la mort et les blessures des victimes sont susceptibles d'apporter un éclairage sur la nature et le développement de l'incendie.

23.2* Mécanismes de la mort et des blessures. Les produits de combustion, émis par un incendie sont nombreux, et leurs effets sur des individus en bonne santé sont variés ; cependant, aucun n'est sans effet toxicologique. L'inhalation de ces produits ou le contact avec la peau ou les yeux, peuvent entraîner des effets biologiques nuisibles, tels qu'une irritation immédiate des yeux et du système respiratoire ou des effets systémiques susceptibles d'avoir une influence sur d'autres fonctions du corps. Ces produits de combustion comprennent le monoxyde de carbone, l'acide cyanhydrique, le dioxyde de carbone, les oxydes d'azote, les acides halogénés (chlorhydrique, fluorhydrique, et bromhydrique), l'acroléine, le benzène, les particules (cendres, suies), et les aérosols (molécules organiques complexes résultant de la pyrolyse des matériaux).

23.2.1* Monoxyde de carbone. Le monoxyde de carbone (CO) est produit, à une certaine concentration, par pratiquement tous les incendies. Tous les combustibles contenant du carbone (c.à.d. le bois, les produits papetiers, les plastiques), génèrent du monoxyde de carbone, comme produit, d'une combustion incomplète. Au cours de la combustion de combustibles organiques, le CO formé initialement, est ensuite oxydé en dioxyde de carbone. Dans les feux sous-ventilés ou dans les feux où les produits de combustion initiaux se mélangent avec des gaz plus froids (comme dans les foyers couvants), la conversion du CO en CO_2 peut être interrompue, le CO peut devenir un produit majeur de la combustion. Dans les feux bien ventilés, la concentration en CO produit, peut être de l'ordre de quelques centaines de ppm (c.à.d. de l'ordre de 0.02 percent). Cependant, pour des feux sous-ventilés, des foyers couvants, ou dans des

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

conditions de post flashover, des concentrations en CO de 1 à 10 pour cent (10 000 ppm à 100 000 ppm) peuvent être produites. Des concentrations importantes en CO sont susceptibles d'être observées également, au cours des opérations d'extinction.

23.2.1.1* Le monoxyde de carbone agit sur le système nerveux central. Lorsqu'il est inhalé, le CO se lie avec l'hémoglobine du sang pour former de la carboxyhémoglobine (COHb). L'affinité du monoxyde de carbone pour l'hémoglobine est approximativement 240 à 250 fois plus importante que l'affinité de l'oxygène pour l'hémoglobine. Par conséquent, le sang peut accumuler des niveaux de COHb dangereux, même à partir de concentrations en CO dans l'air faibles.

23.2.1.2 Le monoxyde de carbone a un effet asphyxiant, mais il est plus puissant qu'un asphyxiant. Non seulement, le monoxyde de carbone réduit la capacité du sang à transporter l'oxygène, car il se combine avec l'hémoglobine, mais il modifie aussi la courbe de dissociation, ce qui influe sur l'aptitude du sang à relâcher l'oxygène lié vers les tissus. Le CO, qui est transmis aux cellules, interfère avec la respiration cellulaire, entraînant une incapacitation et la mort. La formation d'un complexe entre le monoxyde de carbone et l'hémoglobine est réversible. Le monoxyde de carbone peut être éliminé du corps en respirant de l'air frais ou de l'oxygène. Cependant, dans les cas où le niveau de carboxyhémoglobine est élevé, on utilise des caissons hyperbares pour accélérer l'élimination du toxique du corps. La vitesse d'élimination du monoxyde de carbone du corps, est en effet fonction de la concentration en oxygène dans l'air et de la pression. Par exemple, les personnes traitées avec de l'oxygène 100 pour cent élimineront le toxique plus vite que celles respirant l'air ambiant (21 pour cent d'oxygène).

23.2.1.3* Du fait de sa stabilité, la carboxyhémoglobine peut être facilement mesurée dans le sang des victimes suite à un incendie, même longtemps après leur mort. Il est largement reconnu que le niveau mortel moyen de CO, dans le sang,, correspond à 50 pour cent de COHb. Cependant, certaines victimes au cours d'un incendie sont décédées après une exposition au CO générant un niveau de COHb aussi bas que 20 pour cent ou aussi élevé que 90 pour cent. Les victimes ayant un pourcentage en COHb inférieur à 20, sont probablement décédées, pour d'autres raisons, telles que le manque d'oxygène, un arrêt cardiaque ou des brûlures. A l'inverse, les victimes ayant un pourcentage en COHb de 40 ou plus, sont probablement décédées du fait du monoxyde de carbone seul ou en combinaison avec d'autres facteurs (tels que l'âge, l'alcool, ou l'état de leur cœur) ou bien ces victimes ont simplement été incapacitées par empoisonnement au monoxyde de carbone, ce qui les a empêché de s'enfuir.

23.2.1.4* Lorsque l'on interprète le niveau de COHb d'une victime, il faudrait prendre en compte, que le monoxyde de carbone est produit de façon endogène par le corps lors de la décomposition dans le foie de l'hémoglobine en constituants de la bile. Le CO est également susceptible de pénétrer dans le corps via les sources classiques et celles liées à l'environnement. Des tests portant sur 3022 échantillons de sang prélevés pour analyse du taux de CO ont montré que 65 pour cent étaient inférieurs à 1,5 pour cent, 26,5 pour cent étaient situés entre 1,5 et 5 pour cent, 6,7 pour cent étaient entre 5 et 10 pour cent, et 0,3 pour cent étaient supérieurs à 10 pour cent. Un fumeur peut être exposé à un niveau de CO entre 300 et 500 ppm pendant les 6 minutes nécessaires pour fumer une cigarette. Aussi, les fumeurs ont typiquement un taux de COHb entre 3 et 8 pour cent avec une moyenne de 4 pour cent. Les gros fumeurs (plus de deux paquets par jour) peuvent atteindre des niveaux jusqu'à 15 pour cent. La moyenne des non-fumeurs a environ 1 pour cent de COHb dans leur sang.

23.2.1.5* Le taux en COHb d'un survivant après un incendie commence à décroître dès que la personne est évacuée de l'environnement en feu. La vitesse à laquelle le CO est éliminé du corps dépend de la concentration en oxygène de l'air qui est respiré. La concentration en CO dans le sang (saturation en COHb) est divisée par deux au bout d'une durée correspondant à la période de demi-vie du COHb. Par exemple, On passe de 45 à 22 pour cent de COHb en 250 à 320 minutes par une exposition à l'oxygène de l'air ambiant (21 pour cent). La demi-vie du COHb est d'environ 45 à 90 minutes lors d'une exposition à de l'oxygène à une concentration proche de 100 pour cent lors du traitement médical d'urgence. Un traitement à de l'oxygène hyperbares peut réduire la période de demi-vie du COHb à environ 20 à 30 minutes.

23.2.1.6* Lorsqu'il interprète le taux de COHb d'une victime, l'investigateur devrait prendre en compte les effets des traitements médicaux que la victime a pu subir avant de succomber des ses blessures. Les personnes qui ont été réanimées ou bien qui respiraient et qui ont été traitées à l'oxygène avant de décéder auront un taux de COHb plus faible que celui qu'elles avaient lorsqu'elles ont été évacuées de la zone en feu. Par conséquent, connaître le temps écoulé entre l'évacuation de la zone en feu et le décès, ainsi que le type de thérapie à base d'oxygène mise en œuvre, c.à.d. pas d'assistance respiratoire, une canule nasale, ou un caisson hyperbares, et sa durée, constituent des données importantes à obtenir avant un prélèvement de sang.

23.2.1.7* Des études ont montré que 60 pour cent voire plus, des victimes d'incendie décédaient suite à une intoxication au monoxyde de carbone. Parce

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

que le CO se déplace, la plupart des personnes ne sont pas retrouvées dans le local à l'origine du feu. La plupart des incendies ne produisent pas de concentrations en CO létales avant que le feu ne devienne contrôlé par la ventilation (l'exception étant les feux couvants). Il en résulte que les victimes d'inhalation de monoxyde de carbone se trouvent typiquement à l'extérieur du local d'origine à moins que l'incendie ne soit consécutif à une inflammation dans des conditions de sous-ventilation locale ou de type braisante. En effet, au cours du flashover, les brûlures et le manque d'oxygène sont susceptibles de causer des décès avant que ne soient atteintes. des concentrations notables en COHb. Les mêmes effets peuvent se produire si la victime est soumise à un flash fire mettant en jeu des gaz ou des vapeurs inflammables.

23.2.2* Acide cyanhydrique. En plus du monoxyde de carbone, l'acide cyanhydrique (HCN), est un autre toxique majeur produit au cours d'un incendie. L'acide cyanhydrique gazeux est produit durant la combustion de la laine, du nylon, et des plastiques tels que le polyuréthane et l'ABS, qu'on trouve couramment dans le mobilier des habitations et au niveau des finitions intérieures. Le HCN peut agir seul ou en combinaison avec le CO pour causer l'incapacitation et la mort. Le HCN peut contribuer aux décès par inhalation de fumée du fait de sa capacité à incapaciter rapidement les victimes d'un incendie, les empêchant ainsi de s'échapper.

23.2.2.1* Le rôle de l'acide cyanhydrique dans les décès consécutifs à un incendie a été soulevé dans plusieurs incendies, tels que celui du club Happy Land à New York en 1990, celui de l'hôtel Dupont Plazza à Puerto Rico en 1986, celui de la prison du comté de Maury au Tennessee en 1977, ou celui de l'hôtel Ramada au Texas en 1983. Lorsque le HCN est inhalé au cours de la respiration, il est passe rapidement dans le sang. La capacité à diffuser de l'acide cyanhydrique est plus importante que celle du CO, ce qui explique les effets létaux rapides de ce toxique.

23.2.2.2 Alors que le monoxyde de carbone a un effet sur la combinaison de l'oxygène avec l'hémoglobine, l'acide cyanhydrique agit sur l'utilisation de l'oxygène. Dès qu'il diffuse dans le corps, l'acide cyanhydrique agit sur la respiration cellulaire en interférant sur la dernière étape du transport d'électron de la chaîne cytochrome c oxydase. Cette interférence cellulaire inhibe le transport des électrons nécessaires à former de l'eau et des molécules ATP_s qui servent à la production d'énergie. Il en résulte l'interruption du cycle de Kreb, entraînant une acidose métabolique, une anoxie histotoxique, une paralysie du système respiratoire central au niveau cérébral, et au final la mort.

23.2.2.3 Bien que l'acide cyanhydrique soit le plus souvent dosé dans le sang, il existe des techniques qui permettent de le mesurer dans différents échantillons biologiques, tels que le foie, le cerveau, les poumons, les reins et dans l'estomac. Les investigateurs devraient toutefois être attentifs au fait que la répartition de l'acide cyanhydrique dans ces différents organes et sa stabilité au sein de ces organes est variable. L'acide cyanhydrique ne présente pas la même stabilité que le monoxyde de carbone dans les échantillons postmortem. La modification principale et la plus couramment rapportée est une diminution de la concentration en acide cyanhydrique avec le temps sur l'ensemble du cadavre, dans les échantillons de sang prélevés postmortem et dans les autres tissus. Dans certains cas, toutefois, la concentration en acide cyanhydrique a pu augmenté au cours du temps en raison d'une activité bactérienne dans l'échantillon.

23.2.2.4* La vitesse à laquelle l'acide cyanhydrique évolue dans les échantillons biologiques dépend principalement de quatre critères. Ces critères comprennent la concentration dans l'échantillon au moment du décès, la durée écoulée entre le décès et le prélèvement des échantillons sur le cadavre, la durée entre le prélèvement et les analyses toxicologiques, ainsi que la conservation (c.à.d. au réfrigérateur, au congélateur ou à température ambiante) et le conditionnement (ajout d'agents de conservation) de l'échantillon. L'investigateur devrait essayer d'obtenir ces informations, car elles auront de l'importance pour l'interprétation globale de la concentration en acide cyanhydrique absorbé par la victime. L'ajout de 1 à 2 pour cent de fluorure de sodium aux échantillons permet de limiter la modification de la concentration en acide cyanhydrique au cours du temps.

23.2.2.5* Les taux d'acide cyanhydrique ayant un effet d'incapacitation se situent entre 2.0 et 2.5 µg/ml, et le seuil létal rapporté dans la littérature est égal à 3.0 µg/ml voire plus sur tout le volume sanguin. Si on l'exprime en parties par million, une exposition à environ 280 ppm causera la mort immédiatement, et une concentration de 100 ppm sera fatale après une heure d'exposition. Des taux d'acide cyanhydrique endogène inférieurs à 0.26 mg/L sont présents chez un adulte en bonne santé en raison du métabolisme de la vitamine B12 (cyanocobalamine). Par conséquent, le taux d'acide cyanhydrique mesuré sur les victimes d'incendie est généralement au moins dix fois plus élevé (c'est-à-dire , 2–3 mg/L) que le taux normal.

23.2.2.6* Des recherches montrent que les effets du CO et de l'acide cyanhydrique sont au minimum additifs et pourraient être synergiques. Les modèles de dose effective fractionnelle rendent compte de l'effet d'additivité (on parle par exemple de dose effective de 100 pour cent) ; ce qui signifie, par exemple, que si une victime a 30 pour cent de COHb

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

(60 pour cent de la dose létale caractéristique) et 1.2 mg/l de HCN (40 pour cent de la dose létale caractéristique), alors la combinaison des deux est généralement considérée comme létale.

23.2.3 Autres gaz toxiques. Il existe beaucoup d'autres gaz toxiques présents dans l'environnement d'un incendie et susceptibles de causer irritation et gonflement (œdème) jusqu'à entraîner des effets sur la respiration. L'acide chlorhydrique et l'acroléine sont deux gaz irritants couramment présents lors des incendies. L'acide chlorhydrique (HCl) est produit lors de la combustion des plastiques à base de polychlorure de vinyle (PVC). L'acroléïne est générée lors de la combustion du bois et d'autres produits cellulosiques. L'investigateur devrait prendre en compte l'effet des gaz irritants sur la capacité d'une victime à se déplacer à travers le compartiment en feu ou à quitter le bâtiment.

23.2.4 Hyperthermie. L'hyperthermie correspond à des conditions de surchauffe du corps. Les victimes, exposées à l'environnement chaud d'un incendie, en prenant également en compte le taux d'humidité élevé, sont sujettes à une incapacitation ou à la mort par hyperthermie, en particulier si la personne est active. La durée d'exposition et le type d'exposition peuvent conduire, soit à une simple hyperthermie, soit à une hyperthermie aigüe.

23.2.4.1* Les hyperthermies simples sont consécutives à des expositions prolongées (typiquement plus de 15 minutes) à des environnements chauds où la température ambiante est trop basse pour causer des brûlures. Ces conditions varient entre 80°C et 120°C (176°F et 248°F), selon l'humidité relative, et elles engendrent généralement une augmentation graduelle de la température interne du corps. Un taux d'humidité élevé rend plus difficile, pour le corps, la dissipation de la chaleur supplémentaire, par évaporation, et ainsi accélère le processus d'échauffement. Des températures internes corporelles au-dessus d'environ 43°C (109°F) sont généralement létales en quelques minutes sans intervention.

23.2.4.2 L'hyperthermie aigüe concerne l'exposition à des températures élevées sur de courtes durées (moins de 15 minutes). Ce type d'hyperthermie s'accompagne de brûlures. Cependant, lorsque le décès survient rapidement après l'exposition à une chaleur importante, on considère généralement que la cause de la mort résulte d'une élévation de la température du sang plutôt que de brûlures.

23.2.5* Brûlures de la peau. Lorsque la température de la peau atteint environ 45°C (113°F), la douleur apparaît et une augmentation supplémentaire de la température causera alors des brûlures thermiques. Les brûlures thermiques peuvent résulter d'une exposition à la chaleur par conduction, convection ou rayonnement. Des chercheurs ont montré qu'un bloc de cuivre porté à 60°C (140°F) et appliqué directement sur la peau causait une douleur dans la seconde après contact, une brûlure partielle au niveau de l'épaisseur de la peau dans les 10 secondes, et une brûlure sur toute l'épaisseur de la peau dans les 100 secondes. Les vêtements, en particulier les tissus en coton épais comme le jean ou la toile, peuvent transmettre suffisamment de chaleur par conduction pour causer des brûlures sur la peau, même si le tissu ne présente aucune trace de combustion ou de carbonisation. Lorsque la peau a été exposée à une chaleur convective, la douleur et le début des brûlures se produisent pour des températures de l'air au-dessus de 120°C (248°F).

23.2.5.1* Lorsqu'un rayonnement thermique élève la température de la peau, plus ce rayonnement est fort, plus les dommages se produisent rapidement. Par exemple, un rayonnement thermique de 2 kW/m^2 causera une douleur après une durée d'exposition de 30 secondes, alors qu'un flux thermique de 10 kW/m^2 causera une douleur après seulement 5 secondes d'exposition. Un flux de 2 kW/m^2 ne générera pas de cloques, alors qu'un flux de 10 kW/m^2 occasionnera des cloques en 12 secondes. (Voir la figure 23.2.5.1) Un flux thermique rayonné de 20 kW/m^2, typiquement associé avec un flashover, est suffisant pour mettre le feu aux vêtements, ou pour causer des brûlures sévères voire même la mort suite à une brève exposition thermique. Un rayonnement thermique, suffisant pour générer des brûlures, peut être réfléchi par certaines surfaces. La chaleur peut être transmise par les vêtements à la peau, occasionnant des blessures à cette dernière, sans dommages réellement identifiables aux vêtements.

23.2.5.2 Les brûlures causées par des produits chimiques ou par contact avec un liquide chaud (être ébouillanté) ne peuvent pas nécessairement être distinguées de celles causées par des gaz chauds ou des flammes.

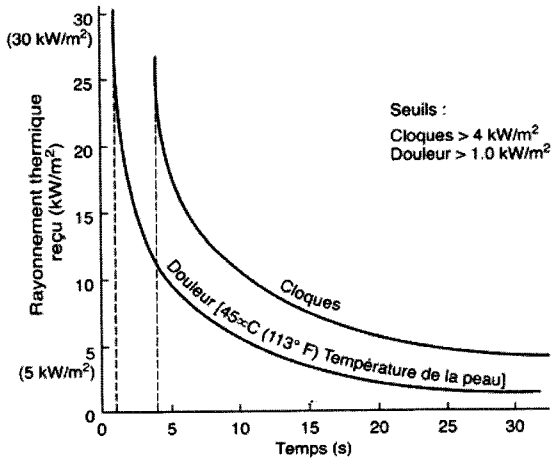


FIGURE 23.2.5.1 Courbes représentant l'effet du rayonnement thermique incident sur la peau nue (d'après StolletGreene, 1959).

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

23.2.6* Inhalation de gaz chauds. L'inhalation de gaz d'incendie chauds peut causer des blessures voire des décès. Il est cependant difficile de distinguer les effets des brûlures thermiques par inhalation des effets d'un œdème ou d'une inflammation causés par les substances chimiques irritantes contenues dans la fumée. Il existe toutefois une caractéristique distinctive des brûlures thermiques par inhalation en ce qu'elles sont accompagnées de brûlures externes sur le visage, la température étant suffisante pour brûler la peau ainsi et les poils du visage. Des recherches effectuées sur les animaux ont montré que de l'air sec à 350°C (662°F) ainsi que les gaz de la flamme à 500°C (932°F) causaient des lésions au niveau du larynx et de la trachée, alors qu'une exposition à de la vapeur à 100°C (212°F) causaient des brûlures jusqu'au plus profond des poumons.

23.2.7 Les suies et la fumée. Les suies et la fumée sont susceptibles de conduire à des blessures et des décès consécutivement à un incendie selon différents mécanismes. Les particules de suie chaudes peuvent être inhalées et causer des lésions thermiques donnant lieu à un œdème dans le système respiratoire. Les particules de suie peuvent aussi contenir des substances chimiques toxiques et constituer des voies d'entrée par inhalation et ingestion pour ces toxines. Un excès de suies peut également bloquer physiquement les voies respiratoires et entraîner l'asphyxie. Les aérosols liquides (brouillards) de produits de pyrolyse sont souvent acides, et causent des œdèmes chimiques ; ils sont souvent également toxiques, et causent des défaillances systémiques par inhalation.

23.2.8 Hypoxie. L'hypoxie est une situation causée par l'inhalation d'un air à taux d'oxygène réduit. Une ambiance à taux d'oxygène réduit se produit dans un incendie de bâtiment comme conséquence naturelle du processus de combustion. Jusqu'à 15 pour cent d'oxygène dans l'air, l'effet d'une ambiance à taux d'oxygène réduit est faible. Cependant, lorsque la concentration dans l'air inhalé décroit de 15 pour cent à 10 pour cent une augmentation du rythme respiratoire se produit, suivi par une désorientation et une perte de jugement. Lorsque la concentration en oxygène dans l'atmosphère ambiante descend en-dessous de 10 pour cent, la perte de conscience survient, suivie rapidement par l'arrêt respiratoire et par la mort. Cette situation est aggravée par taux élevé de dioxyde de carbone dans l'air, qui augmente de façon substantielle le rythme et la profondeur de la respiration. L'augmentation du rythme respiratoire dû à une concentration en oxygène plus faible et à une concentration dioxyde de carbone plus importante peut accroître la vitesse de pénétration du CO.

23.2.9 Effets sur les personnes exposées à l'inhalation sub-létale de toxiques. La présentation se limite dans cette section aux effets spécifiques de l'exposition à des concentrations sub-létales en gaz narcotiques [monoxyde de carbone, acide cyanhydrique, air appauvri en oxygène (hypoxie)], en gaz irritants (acide chlorhydrique, acroléïne, etc.), et à la fumée.

23.2.9.1 Gaz narcotiques. Le monoxyde de carbone, l'acide cyanhydrique, et l'air appauvri en oxygène (causant l'hypoxie) sont tous des gaz narcotiques. Les gaz narcotiques causent la perte de vigilance (intoxication), la perte des fonctions mentales, et la perte de la capacité psychomotrice (la possibilité de réaliser des mouvements simples coordonnés nécessaires pour quitter un bâtiment). Le monoxyde de carbone agit sans que la victime soit consciente du niveau d'exposition et d'atteinte. L'hypoxie, résultant d'une concentration réduite en oxygène, a un effet similaire. Inversement, alors que l'acide cyanhydrique engendrera au final une diminution des capacités mentales et l'inconscience exactement comme les autres gaz narcotiques, les effets d'une exposition au HCN sont beaucoup plus rapides et dramatiques. A des concentrations sub-létales, tous ces gaz réduisent la capacité d'un individu à prendre des décisions et à réaliser les actions envisagées.

23.2.9.2 Gaz irritants. Les gaz irritants peuvent alerter les personnes de la présence d'un feu, même en faible concentration. A cause des aspects désagréables de l'irritation des yeux et de l'appareil de protection respiratoire, les personnes peuvent prendre conscience du feu de façon précoce, et être motivées pour fuir. A mesure que l'effet irritant augmente, celui-ci peut avoir un impact sur la capacité des personnes à voir, et interférer de cette façon avec les comportements pour évacuer. Les effets de ces composés irritants après un feu peuvent conduire à un œdème et à l'inflammation des poumons.

23.2.9.3 Fumée. Les fumées vont diminuer la visibilité, ce qui va alors réduire la vitesse d'évacuation des personnes. Lorsque la visibilité est trop réduite, les occupants peuvent ne pas emprunter l'issue concernée. Le seuil de réduction de la visibilité, qui conduira une personne à renoncer à un chemin d'évacuation, dépend de plusieurs facteurs, dont la connaissance qu'a la personne du bâtiment.

23.2.10 Blessures consécutives à une explosion. La localisation et la distribution des blessures consécutives à une explosion, sur la victime, peuvent être utiles pour reconstituer l'évènement. Ces informations peuvent permettre de situer l'emplacement et les activités de la victime au moment de l'explosion, et aider à établir la localisation, l'orientation, l'énergie et la fonction

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

du mécanisme ou du dispositif, qui a explosé. On peut diviser les blessures consécutives aux explosions en quatre catégories, largement basées sur les effets des explosions les ayant causés : souffle, missiles, thermiques, et sismiques.

23.2.10.1 Blessures par effet de souffle. L'effet de compression sur les victimes peut occasionner des blessures internes à différents organes et systèmes corporels tels que le système gastro-intestinal, les poumons, les tympans, et les vaisseaux sanguins.

23.2.10.1.1 Il arrive fréquemment que le front d'onde de pression, soit suffisamment énergétique pour faire bouger violemment ou même projeter la victime sur des objets solides, ou à l'inverse, le front de pression peut déplacer violemment ou projeter des objets de grandes dimensions (murs, portes, etc.) sur les victimes. Ces effets peuvent occasionner des traumatismes par objet contondant, des fractures, des lacérations, des amputations, des contusions et des écorchures.

23.2.10.1.2 Les poussières, le sable, les poudres explosives et toutes autres particules fines peuvent être projetées à l'intérieur de la peau non-protégée, causant une typologie de blessure couramment appelée tatouage.

23.2.10.1.3 Avec les détonations, il peut se produire de violentes amputations ou des démembrements causés par l'onde de choc. Des portions de corps humain ou des vêtements peuvent être projetés sur de grandes distances ; il faudrait les rechercher et les enregistrer.

23.2.10.2 Blessures par des missiles. Les missiles (fragments solides) se déplaçant à grande vitesse à partir de l'épicentre de l'explosion peuvent causer des amputations, des démembrements, des lacérations ou des perforations ressemblant à des coups de poignard, des traumatismes par objet contondant avec des os cassés ou broyés, et des dommages au niveau des tissus. Les contusions, les écorchures, et les lacérations causées constituent des empreintes laissées sur le corps par l'impact d'un missile.

23.2.10.3 Brûlures. Les brûlures, causées par le front de flammes d'une explosion (il ne s'agit pas ici de l'incendie, souvent consécutif aux explosions de puissance faible à modérée) sont souvent du premier ou du second degré en raison de la durée d'exposition très courte. Des brûlures du troisième degré sont parfois rencontrées, mais avec une fréquence beaucoup plus faible. Ces brûlures peuvent avoir une issue fatale. Une exposition brève, à un front de flamme à haute température, occasionne des brûlures sur les zones de peau exposées. Même une fine couche de vêtement est souvent en mesure de protéger la peau qui se trouve en-dessous. Les vêtements en tissu synthétique, exposés aux flammes transitoires d'une déflagration, peuvent fondre, alors que les tissus en coton peuvent seulement être roussis. Les brûlures sont fréquemment localisées sur la partie du corps, qui fait face au front de flamme qui se dilate. Cette information peut être exploitée par l'investigateur pour positionner les vecteurs de propagation de la chaleur et des flammes ou de développement de la dynamique de l'explosion.

23.2.10.4 Blessures dues à l'effondrement des bâtiments. La manifestation la plus dangereuse des effets sismiques d'une explosion, concerne la ruine des bâtiments et de leurs éléments structuraux. Les blessures et les décès consécutifs à de tels effets sont similaires, à ce qui est rencontré pour les dommages aux bâtiments, causés par les ondes de surpression. L'effondrement des bâtiments peut occasionner des traumatismes par objet contondant, des lacérations, des fractures, des amputations, des contusions et des écorchures.

23.3* Calcination du corps humain par le feu.

L'investigateur devrait garder à l'esprit que, dans certains cas, le corps humain fait partie de la charge calorifique d'un local en feu. C'est pourquoi les traces de combustion laissées par un corps et toute calcination de ce corps devraient être interprétées dans le contexte de toute la scène et pas de manière isolée. L'exposition à au feu se traduit par une progression prévisible des effets sur le corps et ses constituants. Le corps réagit à la chaleur et les constituants du corps sont susceptibles se répondre à une sollicitation thermique en se déplaçant du fait de la contraction ou de la destruction des forces de réaction des muscles et des ligaments. Mis à part les vêtements, le corps contient quatre composants combustibles majeurs ; la peau, la graisse, les muscles, et les os. La principale différence entre ces composants est leur taux d'humidité.

23.3.1 La peau. En réponse à la chaleur, la peau va changer de couleur, cloquer, se déshydrater, et former des crevasses. La formation de crevasses sur la peau ne va pas jusqu'au muscle mais rend accessible la couche de graisse sous-jacente. La peau ne constitue pas un bon combustible, mais elle brûlera lorsqu'elle sera déshydratée et exposée à une chaleur suffisante.

23.3.2 Les muscles. Exposés au feu, les tissus musculaires rétrécissent en raison de la déhydratation. Ce rétrécissement cause des flexions. Cette flexion se produit au niveau des doigts, des mains, les poignets, des épaules, des doigts de pieds, des chevilles, des genoux, et

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

des hanches. Cette flexion peut entraîner ce qu'on appelle la position du fœtus. Cette position ramassée avec les bras, les jambes et les doigts fléchis ne résulte pas d'une quelconque activité physique avant le feu (du type auto-défense ou tentative de fuite), mais est une conséquence directe du feu. Les fractures des os peuvent provenir de cette contraction musculaire ou bien d'une exposition intense et directe à la chaleur et aux flammes. Les muscles ne constituent pas un bon combustible, mais ils brûleront lorsqu'ils seront déshydratés et exposés à une chaleur suffisante.

23.3.3 Les os. Lorsqu'ils sont soumis à la chaleur les os vivants vont rétrécir, se fracturer et changer de couleur. Alors que les os se dégradent superficiellement en prenant la forme de feuillets ou de poudre, ils ne s'oxydent pas facilement en oxyde de calcium. Les os endommagés peuvent être fragiles et sont susceptibles de se fracturer au cours de la récupération et du transport du corps. Bien que brûlant assez difficilement, les os s'ajoutent à la charge combustible en apportant de la moelle et des tissus. Le crâne peut se fracturer (typiquement le long des lignes de suture) ou se désagréger lorsqu'il est soumis à la chaleur. Sur les corps profondément brûlés, il est courant de constater la disparition des extrémités et la disparition totale ou partielle du sommet du crâne.

23.3.4 La graisse. La graisse animale a une chaleur de combustion (ΔHc) de plus de 30 MJ/kg. Elle peut se déshydrater au contact d'une flamme modeste, pour fondre ensuite et entretenir une combustion. Le corps humain ne peut pas être le siège d'auto-combustion. Dans certaines conditions, la graisse du corps peut alimenter un petit feu avec flammes mais persistent. Si la graisse corporelle est absorbée sur un résidu carbonisé rigide fourni par du mobilier, des vêtements, de la literie, ou la moquette, les flammes sont susceptibles d'être entretenues par l'effet mèche de la graisse sur les matériaux comme avec une lampe à huile. Les flammes favorisent ensuite la déshydratation et la combustion des tissus musculaires et des organes internes et réduisent les os en une masse floconneuse sur une période couvrant de nombreuses heures. Le feu ainsi entretenu, est suffisamment faible, pour que les combustibles au voisinage ne s'enflamment ni par rayonnement, ni par convection. Le résultat final est un corps particulièrement calciné dans la région où l'essentiel de la graisse corporelle est localisée (le torse et les cuisses), laissant le bas des jambes, les bras, et souvent la tête relativement peu brûlés.

23.4 Modifications post mortem. Le cadavre va subir des modifications physiques en réaction à l'exposition à la chaleur et à la mort. L'investigateur est susceptible de rencontrer les modifications physiques postmortem que sont la lividité et la rigidité cadavérique.

23.4.1 Lividité. Après la mort, la circulation du sang dans les vaisseaux et les capillaires s'arrête et le sang commence à se figer au niveau des parties du corps les plus basses du fait de la gravité. Ce phénomène se produit sur une période de plusieurs heures. Cet arrêt de la circulation du sang produit une coloration des tissus en violet ou en rouge, qu'on appelle la lividité. Dans les premières heures après le décès, si le corps est déplacé et que sa position est modifiée, la lividité disparaît de la première zone pour se développer dans la nouvelle zone la plus basse. Après 6 à 9 heures, la lividité se fige et ne se modifiera plus même si on bouge le corps. Les zones de lividité peuvent apparaître rouges si la victime est décédée avec un niveau significatif de COHb, car un taux élevé de saturation de COHb dans le sang, lui confère une couleur rouge clair. La présence, l'absence ou des traces de zones de lividité peuvent aider à établir la position du corps après la mort et peuvent révéler si ce corps a été bougé ou repositionné après la mort.

23.4.2 Rigidité cadavérique. Sur une période de plusieurs heures après le décès, il se produit des modifications chimiques au niveau des tissus musculaires qui raidissent les articulations dans la position où elles se trouvent. On appelle ce phénomène la rigidité cadavérique. Il se développe d'abord dans les mains et les pieds, puis gagne progressivement les membres, le torse et la tête. Sa survenue dépend de la température du corps (et de son environnement) et de l'activité physique de la victime juste avant la mort. Après 12 à 24 heures, la rigidité s'efface, relâchant les articulations et les muscles des membres. La disparition de la rigidité, s'effectue des extrémités au torse et à la tête, sur une période de plusieurs heures. Une activité musculaire intense, juste avant le décès, et une température ambiante élevée, peuvent accélérer l'apparition (et souvent la disparition) de la rigidité. Des pathologistes expérimentés en sciences légales peuvent exploiter l'apparition et la disparition de la rigidité comme aide pour établir l'heure approximative du décès. La raideur (et la contraction des muscles) causées par une exposition à un incendie sont différentes de la rigidité cadavérique, en particulier, elles ne s'effacent pas au cours du temps.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

23.5 Investigations sur une scène d'incendie comportant des victimes décédées. Il y a un certain nombre d'éléments à prendre en compte avant de démarrer les investigations sur un incendie ayant entraîné des décès. Préparer les opérations sur site afin d'être sûr que les procédures applicables seront suivies, peut conditionner la durée et la réussite des investigations. La déclaration aux services de police, les enregistrements sur site, et la récupération du corps constituent des aspects importants d'une investigation sur incendie avec décès. Une collaboration avec les services incendie et avec les services de médecine légale est essentielle afin de s'assurer que les investigations sont correctement menées et que toutes les données factuelles et tous les éléments de preuve sont préservés et mis en sécurité.

23.5.1 Déclaration. Pour les enquêtes avec décès, il existe des procédures légales pour informer les services administratifs dont la police, le coroner, le médecin légiste, et le laboratoire de sciences légales. Ces procédures sont susceptibles de varier d'une juridiction à l'autre, et d'impliquer le niveau pénal comme le niveau civil. Il est de la responsabilité de l'investigateur de maîtriser ces procédures avant de démarrer les investigations.

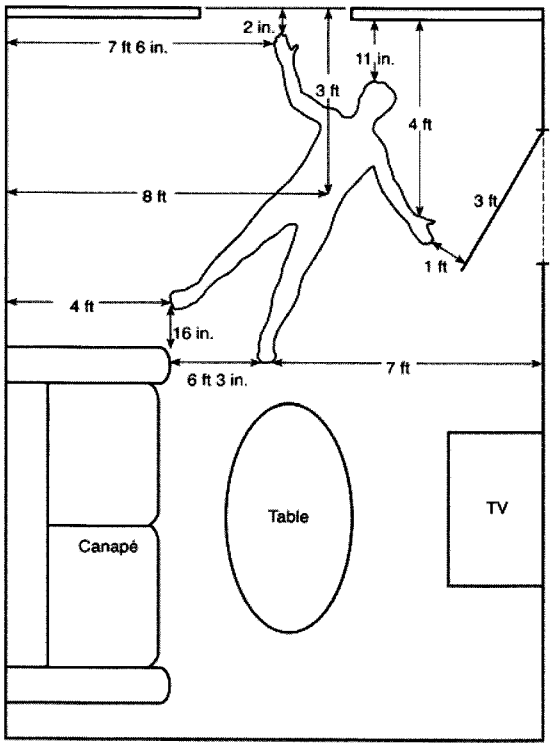
23.5.2 Les services incendie. Au cours des opérations d'extinction du feu, des indices importants peuvent être altérés. Le personnel des services de secours devrait avoir été informé que l'usage des lances en position jet bâton ou les traces laissées par l'impact du jet peuvent perturber des éléments de preuve fragiles tels qu'un corps particulièrement carbonisé. Dès qu'un corps a été découvert, et qu'il a été établi que tout soin médical était devenu inutile, les services de secours ne devraient pas déplacer ce corps. On pourrait penser qu'il fusse préférable d'enlever un corps de façon à ce qu'il ne constitue pas un frein aux opérations ; cependant pour l'investigation vue dans son ensemble, il vaudrait mieux laisser le corps en place, jusqu'à ce qu'on ait pu effectuer correctement les différents enregistrements. Le maximum d'efforts devraient être fait pour minimiser les actions des pompiers à proximité du corps, y compris les piétinements, et la manœuvre des tuyaux pompiers et de tout autre équipement. S'il existe une quelconque chance de réanimation, la survie de la victime doit toutefois être prioritaire.

23.5.3 Un travail d'équipe. Les investigations relatives à un décès, pour être correctement menées, constituent un vrai travail d'équipe ; elles peuvent concerner l'investigateur incendie, l'investigateur de police, ainsi que le coroner ou le médecin légiste. Toutes les parties devraient être prêtes à travailler côte à côte sur la scène incendie en vue de s'assurer que tous les indices critiques sont récupérés, que le décès se révèle accidentel ou criminel. S'il existe une suspicion d'acte criminel ou si le corps est très sévèrement carbonisé, l'investigateur peut avoir besoin de l'assistance particulière d'un criminaliste (expert en sciences légales) ayant une expérience des scènes de crimes, d'un odontologiste, ou d'un anthropologiste tous deux experts en sciences légales.

23.5.4 Sécurité. Les investigations relatives à un décès nécessitent de travailler autour et sur un cadavre, en un lieu peut-être contaminé par ce cadavre. Un corps carbonisé peut se trouver dans un état tel que le site et les investigateurs sont susceptibles d'être exposés à des parties du corps ainsi qu'aux fluides corporels. Les investigateurs devraient prendre toutes les mesures de sécurité appropriées afin de maîtriser un danger biologique potentiel. Ils devraient avoir connaissance des besoins spécifiques à une scène comportant un risque biologique tels qu'un équipement de protection individuelle adapté, des procédures de décontamination, des procédures relatives à la gestion des déchets, et l'étiquetage de tout indice qui pourrait présenter un risque biologique.

23.5.5 Enregistrements sur site. Dès que les conditions le permettent, des enregistrements photographiques du corps ou des parties du corps et de l'environnement, devraient être effectués. Les enregistrements vidéo ou les photographies instantanées peuvent ne pas fournir une image suffisamment détaillée mais ils peuvent être utilisés en complément. Lorsque le corps doit être déplacé en urgence, quelques photographies peuvent faire la différence entre une investigation réussie et une investigation ratée. Les traces laissées par l'incendie ou par l'effet de souffle sur les vêtements et sur le corps peuvent constituer des indices importants. Il faudrait prendre des photographies de toutes les surfaces visibles du corps avant de déplacer les débris, puis à nouveau au cours des observations et des opérations de déblai par couches successives. On devrait photographier le corps pendant qu'on le déplace, afin d'enregistrer toute modification se produisant éventuellement au cours de ce déplacement. Dans ce cas, la vidéo peut être intéressante en complément. Le corps devrait également être photographié lorsqu'il est dans le sac prévu pour les dépouilles mortuaires. Une fois le corps enlevé, l'emplacement où il se trouvait devrait être pris en photo. Il est préférable de prélever les vêtements de la personne décédée lors de l'examen du corps hors de la scène d'incendie de préférence lors de l'autopsie. S'il est nécessaire de prélever les vêtements de la victime sur la scène d'incendie pour préserver des indices tels la présence possible de liquides inflammables, des photographies du corps devraient être réalisées avant et après que le corps ait été déshabillé.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite



Note: Pas à l'échelle. Pour les unités SI, 1 in. = 2.54 cm; 1 ft = 0.3 m.

FIGURE 23.5.5.1 Schéma montrant la position du corps par rapport à la pièce et aux meubles.

23.5.5.1 Des dessins et des esquisses devraient compléter les photos. Les mesures et les schémas devraient être réalisés avant que le corps ne soit déplacé. Les dessins peuvent permettre de montrer des détails cachés. Ils peuvent servir à enregistrer les dimensions des caractéristiques de la scène d'incendie et à enregistrer les distances entre le corps (et ses extrémités) et le mobilier, les murs, les portes, les fenêtres, et d'autres éléments (voir la figure 23.5.5.1). Le contour extérieur du corps devrait être enregistré sur un dessin et pourrait être tracé sur le sol à la craie, avec des rubans ou des ficelles de telle façon qu'on puisse s'y référer dans la suite de l'investigation.

23.5.5.2 Un corps est un élément singulier sur une scène d'incendie car sa position finale peut être radicalement différente de la position qu'il avait au démarrage de l'incendie. Alors que de nombreux objets ont pu être déplacés au cours du sinistre suite à l'effondrement du bâtiment ou aux opérations d'extinction, seule une personne est en mesure de se déplacer par elle-même au cours de l'incendie. La victime peut avoir contribué à l'éclosion du feu, commencé à s'enfuir, participé aux opérations d'extinction ou de sauvetage, ou avoir tenté de trouver refuge à l'abri du feu. Il faudrait enregistrer sur un schéma les indices concernant l'activité et les déplacements de la victime. Souvent, les dépôts de suie dans le local peuvent fournir une indication sur le cheminement suivi par la victime ou ce qu'elle a fait avant de succomber. Il faudrait rechercher sur les portes, les fenêtres, et les murs des empreintes digitales, des marques d'ongles, des fragments de vêtements, du sang, des morceaux de peau, ou bien des indices concernant la position initiale de la victime et les déplacements qu'elle a ensuite pu faire. L'investigateur devrait toutefois faire attention que les marques sur le mur ne résultent pas des opérations de reconnaissance des services incendie.

23.5.6 Constats sur la victime. Il faudrait indiquer sur un schéma représentant le corps, comme celui de la figure A.15.3.2(b) (Constats sur la victime) : la localisation, la répartition, et l'intensité des brûlures et des autres blessures. Un tel enregistrement des traces de brûlures peut aider l'investigateur à déterminer l'activité et la position de la victime au cours de l'incendie. Les traumatismes et blessures majeurs constatés sur le corps, tels que les blessures par arme à feu, les fractures, les traumatismes par objet contondant, et les blessures par objet tranchant, devraient être relevés et enregistrés. L'examen détaillé des traumatismes et des blessures devrait être réalisé lors de l'autopsie.



FIGURE 23.5.7 Exemple d'une pièce qui a été divisée en secteurs.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

23.5.7 Récupération du corps et des indices. Lors d'un incendie avec décès, pour la recherche de preuves, on tend à mettre l'accent sur le corps. La preuve importante est souvent retrouvée à proximité du corps. Le corps est un point de référence facile, mais on devrait se souvenir que les éléments de preuve peuvent se trouver quelque part ailleurs dans l'environnement immédiat, aussi un examen soigneux de la pièce ou de la zone entière devrait être effectuée. Afin d'aider dans les recherches, la zone peut être divisée en secteurs. Pour mener les investigations, on peut mettre en place un système de grille, en divisant la scène en zones spécifiques comme présenté sur la figure 23.5.7. Il est nécessaire d'enregistrer les recherches et d'identifier les indices matériels pour chaque grille. La géométrie des lieux peut orienter le choix du système de grille. Il existe d'autres méthodes de recherches : en spirale, par bandes, ou par zones. Quelle que soit la méthode de recherche employée, les zones de recherche qui ont été attribuées, devraient se recouper pour assurer une couverture complète de l'espace concerné.

23.5.7.1 Stratification des débris. La chronologie des décès et de l'incendie ou de l'explosion peut être élucidée grâce à l'ordre des couches de débris (plafond, mobilier, cadavre, revêtement de sol etc.) et également en relevant l'endroit où les dommages causés par le feu se sont produits. Un cadavre sur un canapé, aucun des deux n'étant brûlé, retrouvé sous un plafond constitue un cas différent de celui où un corps brûlé est retrouvé sur un canapé brûlé avec un plafond effondré sur le tout.

23.5.7.2 Tamisage des débris. La recherche est effectuée par l'analyse des couches de débris telles qu'elles se présentent. Les débris ôtés de chaque secteur peuvent être déplacés vers une zone où des recherches plus approfondies peuvent être menées par d'autres chercheurs, qui vont passer ces débris au crible grâce à une série de tamis. Ces tamis sont typiquement constitués d'un grillage ayant des tailles de maille de 1 in., 0.50 in., 0.25 in., fixé sur un cadre en bois ou en métal. Il faudrait photographier la scène et réaliser les enregistrements à chaque phase d'enlèvement d'une couche de débris.

23.5.7.3 Enlèvement du corps. L'examen des débris sur le cheminement en direction et autour du corps avant d'en effectuer le retrait, peut éviter de détruire des indices potentiels au moment où on enlève ce corps. Lorsque le corps est enlevé, il devrait être mis dans un sac, destiné aux dépouilles mortuaires, neuf et scellé. Tous les débris associés ou adhérents au corps devraient être transportés avec celui-ci, dans le sac et conservés pour les traces, les substances volatiles, les armes, les projectiles ou autres. La zone sous le corps devrait être ensuite soigneusement fouillée au cas où des traces matérielles se seraient détachées au cours du déplacement du corps. Tout indice matériel qui se détache du corps, à l'exception des parties corporelles qui elles devraient être placées dans le sac de la dépouille, devrait être conservé dans un bocal à indice adapté.

23.5.7.4 Vêtements de la victime. Dans les cas où il suspecterait un suicide par immolation ou une aspersion de la victime par un liquide inflammable, l'investigateur devrait préserver les vêtements de la victime. Dans les cas où la victime a été transportée à l'hôpital, l'investigateur devrait demander à l'hôpital de conserver tous les vêtements à titre d'indices potentiels. La récupération des vêtements devraient être réalisée dès que possible après qu'ils aient été retirés de la victime. Dans les cas où un liquide inflammable pourrait être présent sur les vêtements, des procédures de conservation des indices appropriées devraient être suivies.

23.5.8 Prélèvement d'autres indices matériels. Il existe d'autres catégories d'indices matériels qu'il est nécessaire de prendre en compte.

23.5.8.1 Lorsque c'est possible, l'investigateur devrait assister aux examens postmortem (autopsie). Ceci lui permettra de s'assurer que les constats réalisés sont exhaustifs, notamment en ce qui concerne les blessures, l'inhalation de fumées, et la toxicologie. En outre, l'investigateur peut être en mesure de répondre aux questions qui pourraient survenir au cours de ces examens. Les médecins légistes peuvent n'avoir qu'une connaissance très limitée de la chimie du feu, de la dynamique de l'incendie, ou des effets de souffle. Dans de telles situations, l'investigateur est susceptible de fournir des informations sur l'environnement consécutif à l'incendie, au voisinage du corps. L'investigateur devrait s'assurer que les indices matériels tels que tout élément étranger comme les balles, les douilles, les résidus d'explosifs, les objets tranchants, et autres armes retrouvées avec le corps, tout comme les fluides corporels, les relevés d'empreintes digitales, et les enregistrements relatifs à la denture, soient correctement prélevés, conservés et analysés.

23.5.8.2* Les animaux qui meurent au cours d'un incendie sont susceptibles de fournir des informations exploitables. Les examens postmortem similaires, qui peuvent être réalisés sur les êtres humains, peuvent aussi l'être sur les animaux.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

23.6 Investigations sur des sites comportant des blessés. Les blessures subies par une personne exposée à un incendie peuvent constituer des indices matériels importants. Les blessures consécutives à un incendie peuvent entraîner le décès des heures, des jours, ou même des semaines après l'évènement. La plupart des techniques d'investigation décrites à la Section 23.3 sont également applicables aux scènes d'incendie comportant des blessés ; cependant, certains aspects supplémentaires devraient être pris en compte lorsque l'on mène des investigations sur une scène d'incendie où les occupants ont été blessés.

23.6.1* Déclaration obligatoire. De nombreuses juridictions ont des lois, qui obligent le personnel des urgences et le personnel médical, à déclarer, à la police ou aux services incendie, toute personne soignée pour brûlures significatives. Ces lois sont inspirées des lois de déclaration obligatoire, des blessures par armes à feu ; elles ont permis d'identifier les victimes d'agressions ou d'abus sexuels, ainsi que les auteurs d'incendies volontaires qui se trouvent brûlés au cours de l'exécution de leur méfait.

23.6.2 Constats sur la scène d'incendie. Les occupants sérieusement blessés peuvent ne pas être capables de fournir des déclarations sur leurs observations sur site avant des semaines voire des mois, après le sinistre incendie. Par conséquent, il est important de réunir des informations concernant la position de l'occupant dans le bâtiment au cours du feu à partir d'indicateurs situés dans le bâtiment.

23.6.2.1 Même lorsqu'une personne blessée a été évacuée de la zone d'incendie, les dépôts de suie, les traces laissées par la couche chaude, et les effets d'écran sont susceptibles d'être encore présents dans la zone où ils ont été découverts. Il faudrait faire des schémas et des croquis et prendre des photographies de toutes les zones où les dépôts de suies ont formé des démarcations. Il faudrait réaliser un schéma de la zone comme si le corps était encore à sa position initiale.

23.6.2.2 L'emplacement de la victime lorsqu'elle a été découverte peut ne pas correspondre à l'emplacement où elle se trouvait tout au long du sinistre. Il faudrait examiner la scène d'incendie à la recherche d'indices concernant la position de la victime avant le feu et les déplacements qu'elle a pu effectuer au cours du feu. Parmi ces indices, on peut trouver des éléments tels que des morceaux de vêtements brûlés, du sang, ou même des fragments de peau brûlée. Ces éléments devraient faire l'objet d'une description exhaustive comprenant des photographies et des mesures pour l'établissement de schémas.

23.6.3 Constats sur la victime. Ces constats devraient inclure des schémas sur la répartition des brûlures et des photographies. Les photos devraient être prises de préférence le plus tôt possible après que les blessures se soient produites, avant qu'un traitement majeur soit en cours d'administration. Le traitement médical et la cicatrisation modifieront l'apparence des brûlures ; par conséquent, les photos prises plus tard au cours du processus de cicatrisation peuvent être difficiles à interpréter. Le retrait des tissus cicatriciels formés sur les brûlures en cours de guérison, les greffes de peau, ou les incisions pratiqués pour relâcher la pression et redonner de la souplesse, sont susceptibles de modifier l'apparence des zones brûlées (en mieux ou en pire) par rapport à leur apparence initiale.

23.6.4 Chronologie relative à la victime. Outre l'établissement de la chronologie des évènements relatifs à l'incendie, l'investigateur devrait établir la chronologie des évènements relatifs aux occupants. Cette chronologie devrait comprendre le moment où la personne blessée a été découverte, le moment où elle a été évacuée de la zone, le moment où elle a quitté le site, et le moment où elle est arrivée à l'hôpital. L'investigateur devrait essayer au maximum, lorsque c'est possible, d'obtenir des informations sur le type de traitement reçu par le patient au cours du transport à l'hôpital et au cours du séjour à l'hôpital. Les informations à rassembler portent sur le type de médicament administré et le moment où cela a été réalisé, le type d'oxygénothérapie et le moment de sa réalisation, et le moment où les prélèvements et analyses toxicologiques ont été effectués. Voir le sujet des chronologies dans le chapitre sur l'analyse de défaillance et les outils d'analyse.

23.6.5 Indices matériels. Il est probable que les vêtements des personnes blessées au cours d'un incendie ou d'une explosion leur aient été retirés par le personnel des services de secours ou par les urgentistes de l'hôpital, et il est possible qu'ils aient été ensuite jetés. Les vêtements, y compris les sous-vêtements, les chaussures et les chaussettes, devraient être prélevés et conservés. Dans l'éventualité de la mise en œuvre de liquides inflammables ou d'explosifs, il pourrait en rester des résidus sur les vêtements. Les vêtements devraient être prélevés et conservés selon les recommandations fournies aux chapitres sur les indices matériels et sur les investigations incendie et explosion en vue d'analyses ultérieures.

23.7 Décès et blessures consécutivement à une explosion. Les constats à réaliser après une explosion ayant entraîné des blessés et/ou des décès s'appuient sur la plupart des techniques présentées aux Sections 23.4 et 23.5 avec

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

quelques remarques complémentaires. Lorsqu'il examine les victimes d'une explosion, l'investigateur devrait analyser les différentes parties du corps, les vêtements, et les débris associés avec une extrême minutie afin de trouver, d'enregistrer, et de préserver les indices tels que les vêtements et tout objet étranger mis en évidence.

23.7.1 Prélèvements des indices matériels après une explosion. Des indices matériels d'une explosion peuvent être retrouvés au delà du corps lui-même. Ces indices peuvent être repérables à l'œil nu (tâches de sang par ex.) ou être microscopiques (cheveux ou fibres par ex.). On peut les trouver sur des éléments tels que les vêtements ou les meubles. Tous les indices de type missiles devraient être prélevés même s'ils sont minuscules ou paraissent sans importance car leur signification réelle peut ne pas pouvoir être établie avant qu'ils ne passent au laboratoire.

23.7.1.1 Comme dans le cas des victimes d'un incendie, il est probable que les vêtements des personnes blessées au cours d'une explosion leur aient été retirés par le personnel des services de secours ou par les urgentistes de l'hôpital, et il est possible qu'ils aient été ensuite jetés. Les vêtements, y compris les sous-vêtements, les chaussures et les chaussettes, devraient être prélevés et conservés. Ces vêtements peuvent contenir des résidus d'explosif, des débris, ou un ensemble de traces laissées par la projection de débris. Le type de vêtement porté est susceptible de fournir des informations sur l'activité de la personne au moment de l'explosion. Les vêtements devraient être prélevés et conservés en vue d'analyses ultérieures selon les préconisations décrites aux chapitres sur les indices matériels et les explosions.

23.8 Analyses des blessures en dehors de la scène de sinistre.

23.8.1 Brûlures. Les preuves de blessures par brûlures sont souvent consignées, dans les rapports médicaux, en utilisant un langage spécialisé avec lequel l'investigateur devrait être familier.

23.8.1.1* Degré de brûlure. Le degré de brûlure décrit la profondeur et la sévérité de la blessure, comme explicité ci-après, on peut aussi décrire les niveaux de brûlures de la peau en les qualifiant de superficielles, partielles, et brûlée sur l'épaisseur entière.

(1) Premier degré : peau rougie uniquement (comme pour un simple coup de soleil)

(2) Second degré : cloques

(3) Troisième degré : peau endommagée sur toute son épaisseur

(4) Quatrième degré : dommage aux tissus sous-jacents, carbonisation

23.8.1.2 Surface corporelle (répartition). Les parties brûlées sur un corps sont souvent évaluées par le corps médical, à l'aide de la « règle des neufs », pour laquelle les zones principales augmentent par incrément de 9 pour cent, comme suit :

(1) Partie avant du torse, 18 pour cent

(2) Bras droit, 9 pour cent

(3) Jambe droite avant, 9 pour cent

(4) Jambe droite arrière, 9 pour cent

(5) Tête, 9 pour cent

(6) Partie arrière du torse, 18 pour cent

(7) Bras gauche, 9 pour cent

(8) Jambe gauche devant, 9 pour cent

(9) Jambe gauche arrière, 9 pour cent

(10)Parties génitales, 1 pour cent

23.8.1.3 Une répartition plus précise de la surface corporelle, reflétant les véritables proportions du corps humain, est parfois utilisée, et fait l'objet du Tableau 23.8.1.3.

Tableau 23.8.1.3Répartition de la surface corporelle externe en pour cent

Zone du corps	Nourrisson	Enfant	Adulte
Tête devant	9.5	8.5	3.5
Tête arrière	9.5	8.5	3.5
Cou devant	1	1	1
Cou derrière	1	1	1
Cage thoracique et abdomen	13	13	13
Parties génitales	1	1	1
Dos et fesses	17	17	17
Bras et main avant	4.25	4.25	4.75
Bras et main arrière	4.25	4.25	4.75
Jambe et pied avant	6.25	6.75	10
Jambe et pied arrière	6.25	6.75	10

Nourrisson ; jusqu'à 4 ans. Enfant ; de 5 à 10 ans. Adulte ; 11 ans et plus.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Surface corporelle brûlée (%)	Âge (ans)																
	0–4	5–9	10–14	15–19	20–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–49	50–54	55–59	60–64	65–69	70–74	75–79	80 +
93+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
88–92	0.9	0.9	0.9	0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
83–87	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
78–82	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1
73–77	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1	1	1	1	1	1	1	1
68–72	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1	1	1	1	1	1
63–67	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1	1	1	1	1	1
58–62	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	1	1	1	1	1
53–57	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1	1	1	1	1
48–52	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1	1	1
43–47	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1	1	1
38–42	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1	1	1
33–37	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1	1
28–32	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1	1
23–27	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1
18–22	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	0.9
13–17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7
8–12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
3–7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4
0–2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.2

1 = 100% de mortalité; 0.1 = 10% de mortalité (from Bull, 1979).

TABLEAU 23.8.1.4 Mortalité selon la surface corporelle brûlée et l'âge

23.8.1.4 La somme des surfaces corporelles brûlées est parfois utilisée comme indicateur de prédiction des chances de survie, comme présenté sur le tableau 23.8.1.4. La survie ou non de la victime peut orienter les investigations ultérieures. Ce tableau peut être employé afin d'évaluer la probabilité de survie.

23.8.2 Constats médicaux relatifs à l'exposition par inhalation. De façon similaire aux constats d'ordre médical sur les brûlures, les constats médicaux relatifs à l'exposition par inhalation aux gaz toxiques et à la chaleur sont susceptibles de fournir à l'investigateur des informations importantes pour comprendre à la fois les actions entreprises par la personne blessée et l'environnement auquel cette personne était exposée au cours de l'incendie.

23.8.3 Analyses et constats réalisés à l'hôpital. En principe, lorsqu'un patient entre à l'hôpital avec des blessures par brûlures, un prélèvement de sang devrait être effectué et analysé afin de mesurer le taux de saturation en carboxyhémoglobine (pourcentage de COHb), la concentration en HCN, l'alcool dans le sang, les stupéfiants, et le pH du sang afin de réaliser un diagnostic et de définir un traitement. Ces analyses peuvent être utiles pour évaluer l'état de la personne sur la scène d'incendie et l'environnement auquel cette personne était exposée au cours de l'incendie. Le pourcentage de COHb, en particulier, est un indicateur intéressant. Cependant, comme le pourcentage de COHb commence à décroître dès que la personne est évacuée de la zone d'incendie, il est important que le prélèvement de sang soit réalisé le plus tôt possible.

23.8.3.1 La vitesse à laquelle le CO est éliminé du corps dépend de la concentration en oxygène de l'air inhalé. La période de demi-vie du CO chez les victimes survivantes correspond à la durée nécessaire à diminuer de moitié la quantité de CO présente dans le sang. Les valeurs typiques de la période de demi-vie du CO trouvées dans la littérature lorsque de l'air (environ 21 pour cent d'oxygène) est inhalé après exposition, sont de 3 à 5 heures. Les périodes de demi-vie avec une thérapie à l'oxygène 100 pour cent sont susceptibles de varier entre 45 et 90 minutes. Comme pour l'intoxication, la vitesse d'élimination dépend du niveau d'activité de l'individu. Du fait que le traitement et la durée peuvent réduire de façon significative le pourcentage mesuré de COHb, la durée écoulée entre l'exposition à l'incendie et le prélèvement de sang pour l'analyse et le traitement de la personne avec de l'oxygène par les ambulanciers et le personnel de l'hôpital avant le prélèvement constituent des informations importantes, dont l'investigateur devrait disposer. Les enregistrements réalisés à l'hôpital sont susceptibles de fournir de l'information sur les différentes mesures du taux de COHb réalisées sur le patient au cours du temps. Dans ce cas, la période de demi-vie réelle du COHb pour le patient peut être calculée lorsque l'on dispose d'enregistrements précis sur les temps auxquels on a réalisé les prélèvements.

23.8.3.2 Une autre information importante, pour l'investigateur incendie, concerne l'état des voies respiratoires. La présence de suies ou de dommages thermiques dans les voies aériennes supérieures, fournit des informations sur l'environnement auquel l'individu a été soumis au cours de l'incendie. Un œdème ou une inflammation des poumons, peut être le signe d'une exposition à des gaz irritants.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

23.8.4 Accès aux preuves de nature médicale. L'investigateur incendie devrait connaître les protections légales applicables concernant la confidentialité des dossiers médicaux, et la procédure appropriée pour obtenir ces informations tout en préservant la confidentialité.

23.9* Examens pathologiques et toxicologiques lors d'un décès par le feu. Quelque soit le moment où un décès par incendie survient, que le décès soit immédiat ou se produise quelques temps après l'incendie, un examen pathologique et toxicologique de la victime devrait être réalisé.

23.9.1 Le coroner ou médecin-légiste. Les examens pratiqués par le coroner ou le médecin-légiste peuvent apporter des données factuelles intéressantes dans le cadre d'une investigation incendie ou explosion. Malheureusement, il n'existe pas de méthodologie normalisée pour réaliser une autopsie ; par conséquent, l'exhaustivité des examens pathologiques et toxicologiques et des constats réalisés, susceptibles d'intéresser l'investigateur, peut varier d'une juridiction à l'autre. Le coroner ou le médecin-légiste peut ne pas avoir connaissance des données intéressantes à recueillir pour l'investigateur incendie. L'investigateur devrait donc demander que toutes les informations et traces spécifiques relatives à l'incendie soient recueillies au cours de l'autopsie et des analyses toxicologiques.

23.9.1.1 Le coroner ou le médecin-légiste ont pour mission de déterminer la cause du décès de la victime et la manière dont il s'est produit. On peut définir la cause du décès comme étant l'évènement, la blessure, ou la maladie qui ont entraîné une succession de changements qui au final ont conduit à la mort. Parmi les causes de décès, on peut citer l'inhalation de fumées, les brûlures (incinération), les impacts par arme à feu, les traumatismes (explosion, écroulement d'un bâtiment), mais également les crises cardiaques ou les maladies (chroniques ou aigües). La manière dont le décès s'est produit correspond à l'enchaînement général d'évènements ou de circonstances qui ont concouru à causer la mort (par accident, homicide, suicide, de façon naturelle ou indéterminée).

23.9.1.2 L'investigateur devrait être familier avec le système de médecine légale de sa municipalité, c.à.d. coroner ou médecin-légiste. La formation initiale et le degré d'expérience des personnes chargées de rechercher la cause de la mort sur le plan légal varient largement d'une juridiction à l'autre. Dans une organisation avec coroner, il n'est pas nécessaire que celui-ci soit un docteur en médecine, il est élu ou désigné à ce poste par l'administration. Dans la plupart des organisations avec légiste, celui-ci doit être médecin, typiquement un pathologiste, et il est désigné à ce poste par le ministère de la santé. De plus, les laboratoires de toxicologie peuvent disposer de moyens limités en matière d'équipements et de techniques d'analyses ; il peut être nécessaire d'envoyer les prélèvements à l'extérieur lorsque certains toxiques ne peuvent pas être analysés dans le laboratoire de la juridiction.

23.9.1.3 L'investigateur devrait signaler au coroner ou au médecin-légiste l'importance qu'il y a, à réaliser une autopsie complète. Dans le cas des victimes par incendie, l'autopsie complète devrait comprendre l'inspection détaillée du système respiratoire et le prélèvement d'échantillons biologiques sur différents organes dans l'éventualité où des analyses toxicologiques à des endroits spécifiques ou en double seraient nécessaires. Dans le cas où une autopsie complète ne serait pas possible ou pas faisable, il faudrait au minimum réaliser des analyses toxicologiques du sang et des tissus de la victime. En outre, il faudrait, au minimum, enregistrer les constats sur la localisation des brûlures de la victime et leur sévérité (c.à.d. par ex brûlure au second degré sur 10 pour cent de l'abdomen). Les analyses toxicologiques sur les échantillons provenant de la victime devraient être effectuées le plus tôt possible après le décès et après prélèvement et devraient comporter la quantification du monoxyde de carbone, du taux d'acide cyanhydrique, de l'alcool, et des stupéfiants.

23.9.1.4 Prélèvement des indices matériels. Lorsque c'est possible, l'investigateur devrait assister à l'autopsie, non seulement afin de s'assurer que les constats appropriés sont réalisés, mais également pour être en mesure de répondre aux questions qui pourraient survenir au cours de ces examens. Les médecins légistes peuvent n'avoir qu'une connaissance très limitée de la chimie du feu, de la dynamique de l'incendie, ou des effets de souffle. Dans de telles situations, l'investigateur est susceptible de fournir des informations sur l'environnement consécutif à l'incendie, au voisinage du corps. L'investigateur devrait s'assurer que les indices matériels tels que les balles, les douilles, les résidus d'explosifs, les objets tranchants, et autres armes retrouvées avec le corps, tout comme les fluides corporels, les relevés d'empreintes digitales, et les enregistrements relatifs à la denture, soient correctement prélevés, conservés et analysés. Les systèmes d'alarme, tels que les détecteurs de fumée, devraient aussi être prélevés et conservés en tant qu'indices matériels.

23.9.2 Identification des restes. L'investigateur chargé des investigations relatives à un décès consécutif à un incendie ou à une explosion peut se trouver confronté à de nombreuses questions fondamentales. Parmi celles-ci, on peut citer l'identification des restes, l'identification de la victime, la cause du décès et la façon dont il s'est produit, les actions de la victime au cours de l'incendie, et les modifications postmortem. Bien que la cause du décès et la façon dont il s'est produit soient en fin de compte déterminées par le coroner ou le médecin-légiste, il peut être de la responsabilité de l'investigateur dans certaines juridictions, d'identifier la victime.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

23.9.2.1 Restes humains ou restes d'animaux. Lorsqu'un corps est vraiment très endommagé, il peut être difficile de déterminer si les restes sont humains ou animaux. Certains animaux tels que les cochons, les rênes, et même certains races de grands chiens ont le même poids qu'un être-humain adulte et peuvent être confondus avec des restes humains (ou vice-versa). Les restes carbonisés d'enfants ou de nouveau-nés sont même plus difficiles à identifier, à cause de leur masse corporelle plus faible et d'une calcification réduite qui conduit à une destruction par la chaleur plus importante. Alors qu'il est difficile de détruire les restes d'un adulte au cours d'un feu de bâtiment ou même de véhicule, les restes d'un nourrisson peuvent être calcinés de façon si complète que l'identification est un vrai défi. Cette identification délicate peut nécessiter les services d'un anthropologue médical ou de sciences légales qui connaît les caractéristiques anatomiques des différentes espèces.

23.9.2.2* Identification visuelle. L'identification des victimes peut être réalisée par différents moyens selon le niveau de dommages causés par le feu sur les corps. L'identification visuelle est très peu fiable, car l'exposition à un feu même modéré produit le gonflement et la contraction des tissus de la peau par rétrécissement. La modification de la couleur de la figure et des cheveux, peut rendre l'identification d'une personne et quelquefois l'estimation de son âge et de sa race, difficiles. L'observation visuelle ne devrait être utilisée que comme un point de départ.

23.9.2.3 Identification par les vêtements et les effets personnels. On ne devrait utiliser les vêtements et les effets personnels, pour une identification visuelle, que comme point de départ. Il est bien trop facile de substituer les vêtements, les portefeuilles, les bagues, les montres et tout autre effet personnel (même un dentier) sur une autre personne avant un feu.

23.9.2.4 Identification par les empreintes digitales. Les empreintes digitales peuvent être utilisées avec une certitude presque totale, si les enregistrements des empreintes digitales de la personne supposée être la victime, sont disponibles. Même lorsqu'une petite portion de sillons de peau non brûlée reste sur le bout des doigts, elle peut porter une quantité de caractéristiques individuelles suffisante pour permettre une comparaison..

23.9.2.5 Identification par radiographie X. La radiographie X est l'un des moyens les plus sûrs pour identifier une personne même si son corps a été intensément brûlé. La masse que constitue la tête tend à protéger les dents de destructions importantes par le feu, et les radiographies X de la denture peuvent être obtenues dans le cas où on tente d'identifier une personne. Les mâchoires doivent être réséquées et les radiographies X doivent être réalisées par un odontologiste qualifié afin de reproduire les positions et les angles des radiographies X réalisées avant la mort, et disponibles. La forme et l'emplacement des plombages, des bridges et des implants sont ensuite utilisés pour effectuer l'identification. Dans certains cas, des formes de racines dentaires inhabituelles sont exploitées en l'absence de réparations sur les dents. Des radiographies X sur d'autres parties du corps peuvent révéler des fractures anciennes ou d'autres blessures ou encore des actes chirurgicaux, qui peuvent permettre de vérifier l'identification. Les implants faits sur mesure au niveau des articulations, les prothèses, et même les stimulateurs cardiaques peuvent être utilisés pour identifier une victime.

23.9.2.6 Identification par l'ADN. Des analyses sérologiques ou d'ADN peuvent être effectuées s'il existe des échantillons d'ADN connus pour comparaison, un profil d'ADN connu ou si des membres de la famille sont susceptibles de fournir des échantillons de référence. Ces techniques peuvent être utilisées même sur des restes fragmentaires, du moment qu'ils n'ont pas été complètement carbonisés, et elles constituent une forme d'identification fiable.

23.9.3 Examen par radiographie X. Les techniques d'analyse pathologiques courantes, telles que la radiographie X, sont susceptibles de fournir des informations sur la victime qui ne sont pas détectables par simple observation visuelle. L'analyse par rayons X sur l'ensemble du corps et sur les débris associés peut être extrêmement intéressante. L'observation par rayons X peut permettre de détecter des objets étrangers à l'intérieur ou sur le corps tels qu'une balle, la pointe d'un couteau, ou les composants d'un dispositif explosif. En complément, on peut analyser par rayons X les dents et certains détails anatomiques (os cassés, blessures, etc.). Selon la juridiction, la radiographie X peut ne pas être réalisée en routine sur les victimes ; par conséquent, il peut être nécessaire de demander l'application de cette procédure.

23.9.4 Concentration en monoxyde de carbone. Le plus souvent, on détermine la concentration en monoxyde de carbone (CO) dans le sang et les tissus des victimes des incendies, car l'analyse est simple et elle peut fournir une information immédiate sur la cause du décès. L'hémoglobine qui est complexé avec du monoxyde de carbone (exprimé en pourcentage) à la place de l'oxygène est appelé carboxyhémoglobine ou COHb. Les laboratoires de toxicologie expriment le taux de monoxyde de carbone présent chez les victimes d'un incendie en pourcentage (%) COHb. Il conviendrait de mesurer le taux de carboxyhémoglobine pour toutes les victimes des incendies.

23.9.4.1 Le monoxyde de carbone donne à la peau une couleur rose cerise, qui peut ne pas être visible sur les individus à peau sombre ou sur ceux qui sont abondamment recouverts de suies. Cette coloration rose cerise peut se voir sur la peau, les lèvres, et sur les mamelons, ainsi sur le sang à l'état liquide, au niveau des zones de lividité postmortem, et sur les organes internes. La coloration des organes internes, demeure lorsque l'organe est conservé dans du formol, alors que les tissus normaux prennent une couleur brun-gris terne.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

23.9.5 Concentration en acide cyanhydrique. L'acide cyanhydrique (HCN) joue également un rôle important dans les décès liés à l'incendie. Le HCN peut agir seul ou en combinaison ave le CO pour causer l'incapacitation et la mort. A la différence du CO, le HCN est intrinsèquement instable dans les échantillons biologiques. Les concentrations en HCN dans les prélèvements peuvent augmenter ou diminuer au cours du temps, par conséquent, les échantillons prélevés sur les victimes d'un incendie doivent faire l'objet de techniques de conservation particulières afin de s'assurer que les valeurs d'acide cyanhydrique mesurées lors de l'autopsie correspondent aux valeurs existant au moment du décès. Certains laboratoires de toxicologie ne mesurent pas la concentration en acide cyanhydrique sur les victimes d'incendie car ils pensent que cela n'apporte aucune valeur ajoutée à leurs résultats ou bien ils ne possèdent pas les équipements d'analyse appropriés. La concentration en acide cyanhydrique peut cependant être une mesure intéressante pour l'investigateur incendie. Lorsque c'est possible, il faudrait mesurer les concentrations en acide cyanhydrique dans le sang de toutes les victimes des incendies.

23.9.6 Présence d'autres toxiques. La mise en évidence de l'inhalation de produits de combustion tels que l'acide bromhydrique et l'acide chlorhydrique ou d'autres toxiques organiques ou inorganiques peut être intéressante pour l'investigateur. En outre, les concentrations en alcool, en substances pharmaceutiques, ou en stupéfiants sur les victimes devraient être mesurées. Par ailleurs, les habitudes des victimes en matière de consommation de tabac, de boissons alcoolisées, et de substances pharmaceutiques ou de stupéfiants devraient être recherchées et enregistrées car elles peuvent jouer un rôle sur les résultats d'analyse de COHb et de HCN ou avoir contribué au décès.

23.9.7 Exposition à la fumée et aux suies. Les traces de fumée ou de suies dans les poumons, les bronches, et la trachée (voire même dans l'œsophage) constituent l'un des éléments les plus significatifs confirmant qu'une victime était vivante et respirait de la fumée au cours du feu. Ce résultat nécessite que la trachée soit sectionnée sur toute sa longueur. La présence de suies dans la bouche ou dans les orifices nasaux, si elle se trouve seulement à ces endroits, peut provenir de dépôts de suies et pas de la respiration. En outre, connaître la position du corps au moment de sa découverte peut être critique pour réaliser une interprétation correcte de la présence de suie dans les voies respiratoires. Les suies peuvent aussi avoir été avalées et se trouver dans l'œsophage et dans l'estomac. L'investigateur devrait demander à ce qu'une autopsie complète soit réalisée sur chaque victime d'incendie pour vérifier ces points. Selon la rapidité de l'exposition aux toxiques présents dans la fumée, les victimes peuvent avoir vomi ou avoir de la mousse sortant de leur bouche en raison d'un œdème aux poumons.

23.9.8* Brûlures. Les brûlures peuvent avoir été causées par une exposition antemorten ou postmortem au rayonnement, à la convection ou à la conduction thermiques dans l'environnement du feu. Les brûlures ante mortem déclenchent une réponse vitale, comprenant le changement de couleur et la formation de cloques, induisant des modifications cellulaires et chimique, susceptibles d'être détectées après la mort. L'investigateur devrait, toutefois, avoir à l'esprit, que des cloques sont susceptibles d'apparaître de façon naturelle, dans certaines conditions sur les corps en décomposition. Les brûlures, qui se produisent juste avant le décès, peuvent ne pas avoir le temps de déclencher la réponse vitale et ainsi ne pouvoir être distinguées des brûlures postmortem. Dans certains cas, il est possible d'établir une corrélation entre l'importance des brûlures et le degré d'exposition à la chaleur. Différents travaux de recherche ont été publiés dans la littérature consacrée aux sciences de l'incendie où sont présentées des corrélations entre la durée et l'intensité de l'exposition à la chaleur par conduction, convection et rayonnement d'une part et le niveau de douleur ainsi que l'importance des lésions par brûlure sur la peau d'autre part. Le guide « Engineering Guide for Predicting 1st and 2nd Degree Skin Burns from Thermal Radiation, The Society of Fire Protection Engineers » constitue une source utile lorsque l'on cherche à analyser les brûlures d'une victime.

23.9.9* Traumatismes physiques et blessures. Les traumatismes et blessures majeurs constatés sur le corps, tels que les blessures par arme à feu, les fractures, les traumatismes par objet contondant, et les blessures par objet tranchant, devraient être examinés et enregistrés de façon approfondie. Les indices d'un tel traumatisme subi avant l'incendie demeurent en principe visibles sur le corps d'un brûlé. Les fractures subies avant un incendie se distinguent des fractures induites thermiquement sur les os. Les blessures subies avant un incendie présentent un aspect distinctif et sont différentes des fissurations thermiquement causées au niveau de la peau. Il faudrait réaliser un examen détaillé des traumatismes et blessures et les photographier, notamment en prenant des vues rapprochés avec intégration d'un réglet adapté dans le champ de la photographie. Consécutivement à l'exposition à la chaleur, du sang est susceptible de suinter des oreilles, du nez, et de la bouche. Le sang retrouvé à l'extérieur du corps peut être le signe d'un traumatisme physique subi antemortem.

23.9.10 Contenu stomacal. Les activités précédant le décès et l'heure probable de la mort peuvent être établies grâce au contenu stomacal, qui devrait être analysé le cas échéant. La présence ou l'absence de suies dans l'œsophage et dans l'estomac devrait être enregistrée.

23.9.11 Température interne du corps. Dans certains cas, le coroner ou le médecin-légiste peuvent utiliser la température interne du corps pour établir l'heure et le mécanisme ayant conduit au décès. La température

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

interne peut être élevée en raison d'une hyperthermie, du fait des conditions ambiantes avant le décès, ou de l'exposition postmortem au rayonnement ou à la convection thermique aussi la température interne du corps devrait être mesurée et interprétée en tenant compte du contexte.

23.9.12 Conditions préexistantes au niveau médical. Les conditions médicales préexistantes et les médications associées sont susceptibles de contribuer au comportement des personnes et à la réponse physiologique de leur corps face à un incendie. Une mobilité diminuée, une mauvaise vue, une audition faible, un odorat défaillant, une capacité respiratoire diminuée, et des facultés cognitives limitées constituent des exemples de conditions préexistantes susceptibles de modifier le comportement et de diminuer la réponse physiologique.

23.9.13 Décès antérieur à l'incendie. L'examen médical peut conduire à déterminer que la victime était déjà décédée au moment de l'incendie. Dans ce cas, l'autopsie montrera une absence générale de suies dans les voies respiratoires et un taux de COHb faible cohérent avec les conditions ambiantes. L'investigateur devrait déterminer quelle est la relation entre le décès et l'incendie.

23.9.14 Décès consécutif à l'état de santé de la victime. Il existe des cas où une personne peut trouver la mort au cours d'un incendie mais que la cause de la mort résulte d'un problème médical tel qu'une crise cardiaque ou une attaque d'apoplexie plutôt que des effets de l'incendie. Cet état de santé peut avoir été aggravé par le feu et les fumées sans constituer toutefois la véritable cause de l'incendie.

23.10 Analyse des données.

L'investigateur devrait analyser les données issues des investigations concernant le décès ou les blessures subies par les victimes en les corrélant aux autres données de l'investigation. Voir le chapitre sur l'analyse des défaillances et les outils d'analyse pour toute information complémentaire.

23.10.1 Établissement d'une chronologie. En plus de la chronologie des évènements concernant l'incendie, l'investigateur devrait établir une chronologie concernant les victimes. La chronologie des victimes devrait comprendre le moment de la découverte des victimes, les moments correspondant à l'évacuation des victimes de la scène d'incendie et du site, ainsi que le moment d'arrivée des victimes sur le lieu où elles ont été examinées. L'investigateur devrait s'efforcer d'obtenir, lorsque c'est possible, l'heure de l'autopsie et des analyses toxicologiques, ainsi que des informations sur les conditions de conservation et de préservation des échantillons biologiques prélevés sur la victime au cours de l'autopsie. En raison des effets dus à la putréfaction postmortem et à la production endogène, ces informations peuvent devenir capitales pour l'interprétation des données pathologiques et des résultats d'analyse toxicologique.

23.10.2 Activité de la victime. Il faudrait essayer de déterminer ce que faisait la victime avant, pendant et après le commencement de l'incendie ou de l'explosion et au moment où elle a trouvé la mort, y compris si elle était consciente, et encore vivante. Pour aider l'investigateur dans ces déterminations, on peut citer les éléments suivants ;

(1) Emplacement du corps (au lit, près de la porte)

(2) Emplacement du corps (assis, caché)

(3) Vêtements portés (pyjama, vêtements de travail)

(4) Traces de combustion sur les vêtements

(5) Traces de combustion sur le corps

(6) Traces de combustion dont les zones protégées sous le corps

(7) Objets retrouvés avec le corps (par ex. clés, téléphone, lampe torche, extincteur, objets personnels)

(8) Dommages causés au corps par l'explosion (par ex. surpression, projection, et missiles)

23.10.3 Diminution des facultés de la victime avant l'incendie. L'alcool et les substances chimiques (médicaments ou stupéfiants) sont susceptibles d'altérer les facultés de la victime. La diminution des facultés peut modifier le comportement des personnes en réponse aux indicateurs d'un incendie tels que la fumée, le bruit, les flammes, ou le déclenchement d'une alarme conduisant à une prise en compte retardée des conditions dégradées voire pas de prise en compte du tout. Il faut consulter le rapport d'analyses toxicologiques pour obtenir une information précise sur l'emprise éventuelle d'alcool ou de drogues. Le rapport toxicologique peut mentionner la teneur en alcool dans le sang en % d'éthanol ou en g/dL d'éthanol. Certains états considèrent qu'une concentration de 0.08 g/dL est de nature à altérer les facultés nécessaires pour la conduite d'un véhicule, même si certaines études font état d'altérations des facultés par l'alcool pour des concentrations d'alcool dans le sang plus faibles.

23.10.4 Contexte médical de la victime. Le contexte médical personnel de la victime, en particulier si la victime présente des déficiences au niveau de le vue, de l'audition, et de la mobilité, peut avoir un impact substantiel sur la capacité de la victime à détecter et à fuir l'incendie. Le médecin-légiste, en principe, va rassembler les documents médicaux existants pour comparer avec les éléments issus de l'autopsie. L'investigateur peut interroger la famille de la victime et les collègues afin de déterminer s'il existait un contexte médical ne figurant pas dans le dossier et qui n'a pas été mis en évidence lors de l'autopsie.

23.10.5 Traces laissées par le feu. Les traces de dommages sur les vêtements et le corps devraient être analysées dans le contexte de l'ensemble des traces d'incendie ou d'explosion dans le local ou dans la zone. Les incohérences apparentes devraient être examinées. Des traces de brûlures sur les vêtements (par ex. des brûlures de cigarettes) peuvent révéler la participation à de précédents feux. Des traces de brûlures sur les

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

vêtements ou sur le corps peuvent indiquer que des tentatives ont été faites pour éteindre le feu ou peuvent être des indices d'un départ de feu volontaire. La relation entre le décès et l'incendie devraient être examinée, car dans les incendies avec décès, la mort n'est pas toujours directement causée par la chaleur, la flamme, ou la fumée. On peut citer les exemples suivants : une personne fumant une cigarette sur un canapé et qui meurt d'un infarctus, une personne qui saute par la fenêtre pour échapper à un incendie, un traumatisme fatal suite à l'effondrement d'un bâtiment, un suicide, ou un homicide commis avant l'incendie.

23.10.6* Brûlures. Les seuils communément acceptés pour un début de brûlure par rayonnement thermique au sein d'un local en feu sont ; une température de couche chaude d'environ 200°C (400°F) ou un flux thermique de 2.5 kW/m^2 au niveau du sol. Ces critères de température et de flux au niveau de la couche chaude sont généralement atteints lorsque la couche a une épaisseur de 0.9 mètres (3 feet) sous le plafond. Ces données associées à de la modélisation peuvent fournir à l'investigateur des informations intéressantes sur les activités et les déplacements de la victime avant l'incapacitation ou la mort.

23.10.7 Vêtements. Les vêtements sont susceptibles de fournir des informations sur l'activité de celui qui les portait au moment de l'incendie ou de l'explosion. Le tissu utilisé pour fabriquer le vêtement, et sa coupe, peuvent jouer un rôle dans sa sensibilité vis à vis de sources avec flammes ou de feux couvants (longues manches lâches, tissu fin, etc.). Il peut être important pour l'investigateur de déterminer l'inflammabilité, les caractéristiques de combustion (carbonise, fond, ou les deux), ou la puissance du feu des vêtements concernés.

23.10.8* Application de la toxicologie à l'investigation incendie. Il existe une relation entre la nature du feu, c.à.d. couvant, avec flammes, post flashover, et la production de gaz toxiques tels que le monoxyde de carbone (CO) et l'acide cyanhydrique (HCN). Du fait de cette relation, les données toxicologiques fiables sur les victimes d'un incendie, associées à des modèles de calcul incendie et à d'autres outils sont susceptibles de fournir à l'investigateur incendie des éléments utiles.

23.10.8.1 Techniques d'analyse toxicologique. Il existe de nombreuses méthodes pour analyser les échantillons biologiques pour la recherche de toxiques. Selon le toxique à analyser, les laboratoires peuvent mettre en œuvre une ou plusieurs des méthodes suivantes ; spectrophotométrie, essais immunologiques, chromatographie, et spectrométrie de masse pour un première recherche ou pour une analyse de confirmation. Selon le choix du laboratoire et selon la méthode de validation, il est possible de réaliser les essais sur du sang, le foie, de l'urine, la rate, ou divers autres organes et tissus. Sur les corps sévèrement brûlés, il peut n'y avoir que peu de sang, aussi des prélèvements d'autres fluides ou tissus corporels peuvent être utilisés. Certains laboratoires toxicologiques précisent l'échantillon analysé et indiquent la méthode utilisée pour la quantification des toxiques dans leur rapport. Quoi qu'il en soit, lorsque ce n'est pas réalisé, l'investigateur devrait contacter le toxicologue pour obtenir cette information et s'assurer et qu'elle soit renseignée dans les documents.

23.10.8.2* L'équation de Colburn Forster Kane (CFK). L'équation de Colburn-Forster-Kane (CFK) décrit l'absorption de CO par un être humain et elle peut être utilisée comme outil d'investigation en vue d'estimer la quantité de monoxyde de carbone inhalée par une victime au cours d'un incendie. Le modèle CFK requiert en donnée d'entrée la concentration en CO produite par l'incendie au cours du temps, en plus du poids de la victime et du volume respiratoire à la minute (RMV). On définit le RMV comme étant le volume d'air par minute échangé au cours de la respiration. (Typiquement il varie entre 8.5 l/min et 50 l/min selon le niveau d'activité). Le modèle CFK permet de calculer une valeur de COHb ; par conséquent, il est possible par itération de déterminer le niveau moyen d'exposition au CO nécessaire pour atteindre le taux de COHb trouvé lors de l'autopsie.

23.10.8.2.1 L'équation CFK est la suivante ;

$$\frac{A[HbC0]_t - BV_{C0} - PI_{C0}}{A[HbC0]_0 - BV_{C0} - PI_{C0}} = e - tAV_bB$$

Où :

$$A = \overline{P}_{C,02} / M[Hb0_2]$$
$$\overline{P}_{C,02} = PI_{02} - 49$$
$$PI_{02} = PI_{02} - 49$$
$$PI_{02} = 148.304 - 0.0208 \times PI_{C0}$$
$$M = 218$$
$$[HB0_2] = 0.22 - [HbC0]_t$$
$$[HbC0]t = [C0Hb\%t] \times 0.0022$$
$$B = 1/DL_{C0} + PL/VA$$
$$DL_{C0} = 35VO_2 \times e^{0.33}$$
$$VO_2 = RMV/22.274 - 0.0309$$
$$PL = 713$$
$$V_A = 0.933V_E - 132f$$
$$f = \exp[0.0165 \times RMV + 2.3293]$$

23.10.8.2.2 Il est possible d'utiliser un modèle de calcul incendie tel que FDS (Fire Dynamic Simulator) ou CFAST, pour corréler la quantité de CO nécessaire à atteindre le taux de COHb mesuré chez la victime avec la quantité de CO qui serait produite selon différentes hypothèses de scénarios de feu. Par conséquent, la quantité de CO correspondant à l'exposition calculée à partir de l'équation CFK peut être mise en relation avec une typologie de feu spécifique en faisant le rapprochement avec tous les faits connus de l'affaire. En outre, le taux de COHb de la victime associé avec les brûlures peut fournir des indications sur l'emplacement de la victime au cours de l'incendie et/ou la proximité de la victime par rapport à la zone d'origine.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 24 Équipements

24.1* Objet.

24.1.1 Ce chapitre couvre l'analyse des équipements en relation avec la recherche des causes d'incendies. Il se focalise sur les équipements en tant que sources d'ignition potentielles des incendies, mais aussi lorsqu'il y a lieu, en tant que sources d'ignition potentielles des explosions. On suppose, dans ce chapitre, que le lieu d'origine de l'incendie, a été déterminé et qu'un équipement positionné à cet endroit est suspecté, constituer une source d'ignition potentielle. Avant d'avoir effectué la détermination de la zone d'éclosion du feu, il n'est pas recommandé d'analyser un équipement comme une source d'ignition envisageable.

24.1.2 Sont traités dans ce chapitre ; les composants des équipements, communs à de nombreux appareils, et trouvés fréquemment dans les maisons ou sur les lieux de travail. Certaines sections de ce chapitre abordent également les équipements courants, et spécifiques au domaine résidentiel, avec leur mode de fonctionnement.

24.2 Enregistrements relatifs aux équipements retrouvés sur une scène d'incendie.

Les recommandations présentées au chapitre 15, devraient être suivies, lorsque cela est adapté, pour réaliser les enregistrements d'une scène d'incendie, mettant potentiellement en cause un équipement. Les recommandations de la présente section viennent en complément et s'appliquent spécifiquement aux équipements.

24.2.1 Enregistrements spécifiques aux équipements. Lorsque l'on identifie la présence d'un équipement dans la zone de départ du feu, celui-ci devrait être examiné soigneusement avant toute perturbation potentielle. Il faudrait photographier l'équipement en place, de tous les angles possibles. Il faudrait faire des gros-plans ainsi que des vues de loin, qui montrent l'équipement par rapport à la zone d'origine, aux combustibles les plus proches, et par rapport à un point de référence facilement identifiable (tel qu'une fenêtre, l'entrée, ou un meuble). Ce point de référence servira plus tard, lors des tentatives de remise en situation, pour positionner correctement l'équipement au moment de l'incendie. Si l'équipement a été déplacé après le départ du feu, alors les mêmes photographies devraient être prises où il a été retrouvé. S'il est possible de déterminer, où se trouvait l'équipement au moment du feu, soit en observant une zone protégée qui correspond à l'empreinte de l'équipement, ou en discutant avec une personne familière des lieux avant l'incendie, l'équipement devrait être déplacé et positionné sur sa localisation d'avant le feu et les mêmes photographies devraient être prises. L'investigateur ne peut pas réaliser ce déplacement, avant que tous les enregistrements nécessaires aient été faits.

24.2.2 Localisation de l'équipement. Il faudrait prendre des photographies et faire des schémas de la scène d'incendie comme indiqué à la Section 15.4. La localisation de l'équipement au sein de la zone d'origine, est particulièrement importante. L'investigateur devrait prendre les mesures, qui lui permettront d'établir la localisation de l'équipement.

24.2.3 Positions des dispositifs de contrôle de l'équipement. Lors des photographies et des schémas, il faudrait s'intéresser tout particulièrement à la position des dispositifs de contrôle (indicateurs, interrupteurs, position des commutateurs, réglage des thermostats, position des vannes), à la position des parties mobiles (portes, autres ouvertures), aux indications des horloges analogiques, aux sources d'énergie (batteries et alimentation en courant alternatif des bâtiments), alimentation en combustible, et tout autre paramètre susceptible d'affecter le fonctionnement des équipements ou d'indiquer l'état dans lequel ils se trouvaient au moment du feu.

24.2.4 Document d'information technique sur les équipements. Le nom du fabricant, les références du modèle, le numéro de série, la date de fabrication, les avertissements, les recommandations, et toute autre information ou label mentionné sur l'équipement, devraient être enregistrés. Il faudrait prendre des photographies de ces informations ainsi que des notes, ces éléments pouvant être difficiles à photographier. L'enregistrement de ces informations importantes par écrit, permettra de s'assurer de leur préservation. Il est souvent nécessaire de déplacer l'équipement pour relever ces informations ; ceci devrait être fait en générant le minimum de perturbations au niveau de l'équipement et des éléments résiduels de la scène d'incendie. En aucun cas, l'équipement ne devrait être déplacé, avant que les tâches décrites en 24.2.3 n'aient été effectuées.

24.2.5 Récupération de l'ensemble des constituants de l'équipement. Lorsque l'équipement a été endommagé par l'incendie ou par les opérations d'extinction, il faudrait faire le maximum, afin de réunir tous les constituants de l'équipement et les conserver avec celui-ci. Après avoir été soumis à un feu, beaucoup de composants peuvent être cassants et peuvent se

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

désagréger en les manipulant, c'est la raison pour laquelle, il est important d'enregistrer l'état dans lequel, ils se trouvent, à ce stade des investigations. Lorsque cela peut être utile, et que cela n'entraîne pas des dommages supplémentaires à l'équipement sinistré, la remise en situation des composants de l'équipement peut être réalisée à des fins de constats et d'analyse. Au cours de cette remise en situation, on peut replacer certains éléments désolidarisés et remettre l'équipement à son emplacement et dans sa position initiale. Essayer de faire fonctionner ou de tester un équipement ne devrait pas être réalisé, pendant les investigations sur site, car cela pourrait endommager davantage l'équipement, et peut-être détruire les indices cruciaux, au niveau de l'équipement ou de ses composants. A ce stade, aucun test ne devrait être destructif, et ces tests ne devraient avoir pour unique objectif, que de réunir des informations sur l'état de l'équipement après l'incendie. Un test non-destructif est par exemple, la mise en œuvre d'un multimètre pour vérifier la résistance ou la continuité électrique des circuits de l'équipement.

24.3 Analyse du lieu d'origine incluant des équipements.

Les chapitres 6 et 17 traitent de la détermination du lieu d'origine d'un incendie, de manière plus détaillée. Les techniques et méthodes supplémentaires présentées ici, devraient être mises en œuvre lorsque le feu concerne un équipement. Cette situation se présente, lorsque le feu se limite à l'équipement ou lorsqu'il est envisagé qu'un feu démarré sur un équipement, se soit propagé à d'autres éléments du local.

24.3.1 Relation entre l'équipement et le lieu d'origine du feu. Il faudrait d'abord déterminer si l'équipement suspecté est situé dans la zone de départ du feu. Les équipements, clairement situés en dehors de la zone d'éclosion, peuvent généralement être exclu au regard de la cause du feu. Dans certains cas, un équipement éloigné de la zone d'éclosion du feu, peut avoir joué un rôle sur le démarrage du feu ; il devrait alors être examiné au cours des investigations. On peut citer comme exemples ; l'utilisation d'un rallonge multiprise avec cordon ou la présence d'une flamme pilote sur une installation au gaz. Lorsqu'il demeure un doute sur la zone de départ de feu, il faudrait la classer en lieu d'origine indéterminé. Lorsque cette situation se présente, l'investigateur devrait examiner et enregistrer ses constats sur les équipements installés au niveau de chaque lieu d'origine envisagé.

24.3.2 Traces laissées par le feu. Les traces laissées par le feu devraient être interprétées avec précaution, lorsque l'on situe le lieu d'éclosion du feu à l'endroit d'un équipement. Des traces bien définies et sans ambiguïté participent à démontrer qu'un équipement se trouve effectivement au lieu d'origine du feu. Il faudrait éliminer les autres causes éventuellement responsables de ces traces. Le niveau de dégradation de l'équipement peut ou pas, constituer une indication sur l'origine. Lorsque l'ensemble des dommages sur la scène d'incendie est léger à modéré et que les dommages sur l'équipement sont sévères, alors ceci peut être un indicateur du lieu d'origine. Cependant, s'il y a des dommages importants un peu partout, d'autres causes telles que la chute de matière enflammée, la charge calorifique (par exemple une fuite de gaz), la ventilation, ou d'autres effets devraient être examinés et éliminés le cas échéant. Si le niveau de dégradation de l'équipement n'est pas significativement plus important qu'ailleurs dans la zone d'origine, l'équipement ne devrait pas être retenu comme cause seulement du fait de sa présence.

24.3.3 Composants en plastique. Les équipements, qui sont constitués de plastique, peuvent être retrouvés sévèrement endommagés sur une scène d'incendie. L'équipement peut être tordu ou déformé de façon importante, ou les matières combustibles peuvent avoir brûlé, ne laissant que les conducteurs nus et d'autres composants métalliques. L'état de l'équipement ne constitue pas en lui-même, une indication satisfaisante sur le point d'origine. Ceci est particulièrement vrai, lorsqu'il y avait une énergie suffisante, produite par le feu dans le local, pour engendrer de tels dommages par rayonnement thermique et inflammation. Les conditions, justes avant ou justes après un flashover, peuvent libérer une énergie suffisante à générer de tels effets à une certaine distance du point d'origine.

24.3.4 Remise en situation de la zone d'origine. La remise en situation de la zone d'origine peut être nécessaire, pour localiser et enregistrer les traces et indicateurs, que l'investigateur aura utilisés pour déterminer cette zone d'origine. Autant que possible il faudrait remettre les éléments de l'équipement à leurs emplacements d'origine et ensuite les enregistrer à l'aide de photographies et de schémas. L'assistance d'une personne familière de l'endroit avant le sinistre peut être nécessaire.

24.4 Analyse des causes concernant des équipements.

Les principes présentés au chapitre 18 devraient être mis en œuvre, lorsque c'est adapté, pour examiner un équipement susceptible d'avoir causé un incendie. Le contenu de cette section complète les éléments du chapitre 18 ou est spécifique à la problématique des équipements.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

24.4.1 Comment l'équipement a-t-il produit de la chaleur ?

24.4.1.1 Avant de conclure qu'un équipement particulier est à l'origine d'un incendie, il faudrait d'abord déterminer comment cet équipement a pu générer une énergie thermique suffisante à mettre le feu. La nature de l'équipement va permettre de dire, si cette chaleur peut être produite dans les conditions normales de fonctionnement, ou du fait d'une anomalie. L'étape suivante est de déterminer, quel a été le premier matériau qui a pris feu, et dans quelles conditions l'ignition s'est produite. Le ou les scénarios les plus probables seront ceux qui resteront après que les moins probables ou ceux qui sont impossibles, auront été éliminés. Si aucun scénario probable ne peut être dégagé, qu'il soit accidentel ou intentionnel, alors la cause devra être classée comme indéterminée.

24.4.1.2 Les traces laissées sur l'équipement peuvent indiquer la provenance de l'énergie d'inflammation. Cependant, les points chauds ou toute autre trace laissée par le feu peuvent s'expliquer par des éléments sans lien avec la cause et doivent donc être examinés soigneusement. Les traces laissées sur les surfaces situées à proximité, peuvent fournir des informations sur la source d'ignition.

24.4.2 Utilisation et conception de l'équipement. L'utilisation et le fonctionnement d'un équipement devraient être maîtrisés avant de désigner cet équipement comme la cause de l'incendie. Certains équipements sont simples ou connus des investigateurs et ne nécessitent pas d'études approfondies. Cependant, la conception de l'équipement peut avoir été modifiée par le fabricant, un équipement peut avoir été abimé ou altéré par l'utilisateur, et, par conséquent, chaque équipement mérite des investigations. Les équipements plus complexes peuvent nécessiter l'assistance d'un spécialiste pour acquérir une compréhension complète de comment ils fonctionnent et de comment ils pourraient générer une énergie d'inflammation suffisante.

24.4.3 Équipements électriques constituant des sources d'ignition. Beaucoup d'équipements utilisent l'électricité comme source d'énergie, et l'électricité devrait être considérée comme source d'inflammation possible. Les principes présentés au chapitre 18, devraient être soigneusement pris en compte et appliqués à ce genre de situation. Une chaleur suffisante à mettre le feu, ne peut être générée par l'électricité que pour un ensemble de conditions spécifiques, résultant d'une surcharge ou d'un défaut, sur un équipement ou du fait d'un équipement.

24.4.4 Photographies du démontage des équipements. Lorsqu'il est nécessaire de démonter un équipement (ou ce qu'il en reste) retrouvé sur une scène d'incendie, chaque étape du démontage devrait être enregistrée par des photographies. *(Voir le 16.10.1.)* On le fait pour indiquer que l'investigateur n'a pas démonté, l'élément porteur du défaut, au hasard, en causant la perte ou des dommages supplémentaires aux composants. Les enregistrements devraient montrer l'élément porteur de l'anomalie, au démarrage et à chaque étape du démontage, sous plusieurs angles, si possible, et en conservant soigneusement les traces des éléments mal serrés. Certains investigateurs trouvent utile d'enregistrer ce processus en vidéo. L'investigateur devrait avoir au moins une bonne raison pour démonter un élément porteur de défaut, et dès qu'une réponse a été trouvée, le processus de démontage devrait être stoppé. Lorsqu'un composant, portant des traces d'anomalie, ne peut pas être facilement démonté ou si le démontage risque d'être trop destructif, l'utilisation de la radiographie X devrait être envisagée.

24.4.5 Équipements pouvant servir de comparaison. Afin de comprendre mieux un équipement, de tester son fonctionnement, ou d'étudier ses modes de défaillance, l'investigateur peut avoir besoin de disposer d'un équipement rigoureusement identique (servant de comparaison). A cette fin, il peut être nécessaire d'avoir le modèle et le numéro de série ; et le fabricant peut être contacté pour connaître l'historique de l'équipement. Il peut arriver que le fabricant ne produise plus le modèle en question ou l'ait modifié. L'investigateur devra déterminer, si le modèle trouvé est suffisamment proche du modèle présentant le défaut, pour être utilisable.

24.4.6 Essais sur équipements semblables. Il est possible de faire fonctionner et de réaliser des essais sur des équipements semblables afin de vérifier la validité du scénario d'ignition envisagé. Si le scénario d'ignition requiert la défaillance ou le dysfonctionnement d'un ou plusieurs composants de l'équipement, la faisabilité du scénario peut aussi être évaluée sur l'équipement de référence. Lorsque des essais importants ou répétitifs sont prévus, l'investigateur aura probablement besoin, de plus d'un équipement. Les essais ne devraient pas juste montrer que l'équipement est capable de générer de la chaleur, mais que cette chaleur est suffisamment importante, en intensité et en durée pour enflammer des matériaux combustibles.

24.5 Composants des équipements.

Les équipements sont très divers aussi bien par rapport à ce qu'ils font que par rapport à comment ils sont fabriqués. Aussi, on trouvera dans cette section, une description des parties ou composants communs à la plupart des différents équipements. Lorsque l'on aborde dans les sections, plus loin, des équipements spécifiques, on fera référence aux composants utilisés dans ces équipements.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

24.5.1 Boîtiers des équipements.

24.5.1.1 Introduction. Les boîtiers des équipements peuvent être constitués de différents matériaux. La nature de ces matériaux peut avoir une influence sur le comportement de l'équipement au cours d'un incendie et sur ce qu'il en reste après. La plupart des boîtiers sont en métal ou en plastique, mais on peut également trouver d'autres matériaux tels que du bois, du verre, ou de la céramique.

24.5.1.1.1 Beaucoup d'équipements ont des finitions en acier peint, comme par exemple ; les réfrigérateurs, les sèche-linge, les luminaires fluorescents, les chauffages muraux, et autres.

24.5.1.1.2 Il conviendrait d'être prudent en examinant les traces de dommages laissés sur les surfaces en acier peint. Beaucoup de peintures s'assombrissent lors d'une exposition à la chaleur. Une exposition à une chaleur additionnelle ou plus importante peut éclaircir la couleur des surfaces, dont la couleur avait déjà foncé par la chaleur. Une exposition à la chaleur supplémentaire peut entraîner la décomposition de la peinture en une poudre grise ou blanche. Cette poudre grise ou blanche peut être perturbée ou ôtée par l'action des services de secours, par la manipulation de l'équipement, ou par la formation de rouille. Une surface de couleur claire peut être le signe de dommages thermiques plus importants qu'une surface plus sombre.

24.5.1.2* Acier. L'acier est utilisé pour les boîtiers de nombreux équipements en raison de sa résistance, de sa durabilité, et de sa facilité de transformation. L'acier inoxydable est employé, lorsque l'on recherche une grande brillance et une résistance à l'oxydation, comme pour les équipements de la cuisine ou pour les lieux où l'apparence et l'aspect sanitaire sont importants. D'autres types d'aciers peuvent être utilisés, et recouverts de plastique ou émaillés afin d'obtenir la finition souhaitée. On peut utiliser l'acier galvanisé lorsque la résistance à la rouille est requise, mais que l'apparence ne compte pas, comme à l'intérieur d'une machine à laver.

24.5.1.2.1 L'acier ne fond pas au cours d'un incendie, sauf dans des circonstances très particulières avec des températures extrêmement élevées pendant une durée importante ou suite à des arcs électriques. Normalement, l'acier s'oxyde au cours d'un feu, en présentant une surface bleu-gris terne résultant de l'oxyde ferreux (FeO). La couleur brune de la rouille n'apparaît que lorsque l'objet en acier a été exposé à une atmosphère humide suffisamment longtemps pour s'oxyder en faisant apparaître la couleur rougeâtre de l'oxyde ferrique (Fe_2O_3). Lorsque l'acier est profondément oxydé, suite à une exposition de longue durée, aux conditions d'un incendie, la couche d'oxyde sera suffisamment épaisse pour s'écailler. Lors d'expositions sévères, la perte de matière peut traverser l'acier et créer un trou. Au cours de feux de courtes durées, la surface de l'acier poli ou plaqué peut présenter des franges de différentes couleurs, en fonction du degré d'échauffement. Après un incendie, l'acier galvanisé nu, présentera une surface blanchâtre, résultant de l'oxydation du zinc. Les surfaces des boîtiers en acier auront souvent une apparence marbrée allant du bleu-gris au rouge en passant par la couleur rouille, le blanc, ou le noir. Les couleurs bizarres proviennent généralement de résidus des revêtements de décoration ou de protection de l'acier en plus des oxydes. Les couleurs particulières et les traces dépendent de nombreux facteurs, et il ne faut y attacher trop d'importance sans autre preuve à l'appui.

24.5.1.2.2 Dans de rares occasions, un boîtier en acier peut être retrouvé avec un trou, résultant d'un alliage avec du zinc ou de l'aluminium. La plupart du temps, lorsque l'un de ces métaux goutte sur de l'acier au cours d'un incendie, les oxydes en surface maintiennent les métaux séparés. Au cours d'un feu qui dure longtemps, le métal fondu pourrait pénétrer dans la couche d'oxyde et générer un alliage avec l'acier. S'il est nécessaire de connaître la cause d'un trou, l'analyse de l'acier en bordure du trou permettra de mettre en évidence la présence ou l'absence de métaux d'alliage.

24.5.1.2.3 Un boîtier en acier n'empêche pas nécessairement les composants internes d'atteindre des températures très élevées. Lorsqu'une boîte en acier, fermée, est soumise à un feu intense sur une durée assez longue, l'intérieur de la boîte peut devenir suffisamment chaud pour littéralement cuire les matériaux, en laissant des cendres grises, ou pour fondre le cuivre.

24.5.1.3 Aluminium. Les boîtiers en aluminium sont couramment fabriqués à partir de feuilles formées ou de pièces coulées. On pourrait trouver des pièces extrudées sur ou dans l'équipement, comme garniture ou support pour d'autres composants. L'aluminium a un point de fusion plutôt bas égal à 660°C (1220°F) s'il est à l'état pur ; les alliages fondent à une température légèrement plus basse. L'étendue des dommages sur un boîtier en aluminium peut fournir des indications sur la sévérité du feu ou sur la présence d'une source de chaleur à cet endroit.

24.5.1.4 Autres métaux. D'autres métaux, tels que le zinc ou le laiton, pourraient être utilisés pour les boîtiers. On pourrait les trouver juste comme éléments décoratifs ou comme supports pour d'autres composants. Le zinc fond à une température relativement basse ; 419°C (786°F) et est donc presque toujours retrouvé sous la forme d'une masse de métal gris. Le laiton est utilisé sur

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

de nombreuses bornes électriques. Les alliages en laiton ont une fourchette de points de fusion autour de 950°C (1740°F). Les éléments en laiton sont souvent retrouvés partiellement fondus ou juste tordus après un incendie. Le laiton étant un alliage, il ramollit sur une plage de températures, plutôt que de fondre à une température précise.

24.5.1.5 Plastiques. Les boîtiers en plastique sont utilisés de façon croissante, pour une large gamme d'équipements, qui ne fonctionnent pas à température élevée. La plupart des plastiques contiennent du carbone et d'autres éléments. Certains plastiques fondent à basse température, puis carbonisent et se décomposent à plus haute température. D'autres ne fondent pas, mais carbonisent et se décomposent à plus haute température. Presque tous les plastiques sont susceptibles de carboniser lorsqu'ils sont chauffés et de brûler au cours d'un incendie. De nombreuses catégories de plastiques vont continuer à brûler par elles-mêmes, une fois enflammées. D'autres plastiques ne continueront pas à brûler à partir d'une petite source d'ignition, à température ambiante en raison de leur composition chimique ou parce qu'ils contiennent des ignifugeants. Beaucoup de boîtiers en plastique, fabriqués récemment, contiennent des quantités importantes d'ignifugeants, et généralement ils ne continueront pas à brûler à partir d'une petite source d'ignition. Pour tout équipement examiné, il faudrait vérifier la facilité avec laquelle le plastique brûle. Dans certains cas, cette vérification peut être réalisée par du personnel qualifié, s'il reste suffisamment de matériau ou s'il est possible de disposer d'un équipement identique.

24.5.1.5.1 Après un feu bref, le boîtier en plastique d'un équipement peut n'être que fondu et partiellement carbonisé. Si les traces de dommages montrent que la source de chaleur était à l'intérieur, un examen plus détaillé des restes est justifié. Les plastiques pourraient montrer, au contraire, que la chaleur venait de l'extérieur, et que l'intérieur a été moins chauffé que l'extérieur. Lorsque le boîtier a fondu sur une masse partiellement carbonisée, la radiographie X peut permettre de révéler des portions de métal et des conducteurs encapsulées. Lorsqu'un boîtier en plastique a principalement fondu et brûlé du fait d'un feu externe, le dessous de l'équipement pourrait être encore intact ou bien la plaque métallique formant la base pourrait ne présenter aucune trace d'échauffement.

24.5.1.5.2 Lorsque l'incendie est intense, tous les plastiques sont susceptibles de brûler complètement. La combustion de tous les plastiques n'indique pas, à elle seule, que le feu a pris naissance au sein de l'équipement.

24.5.1.5.3 Les résines phénoliques sont utilisées pour certaines pièces, qui doivent présenter une meilleure résistance à la chaleur, telles que les poignées des verseuses à café et les boîtiers des disjoncteurs. Les résines phénoliques ne fondent pas et ne brûleront pas seules. Au cours d'un feu intense, elles pourront se consumer jusqu'à laisser des cendres grises. Lorsque le boîtier d'un dispositif, fabriqué en résine phénolique moulée, est chauffé modérément, les cendres grises peuvent ne constituer qu'une fine couche sur la surface externe de ce boîtier. La présence de cendres grises sur les surfaces internes avec peu ou pas de cendres grises à l'extérieur, peuvent indiquer un échauffement interne.

24.5.1.5.4 Lorsque les parties d'un équipement fondent et se re-solidifient après l'incendie, la direction de la coulure des matériaux, peut indiquer l'orientation de l'équipement au moment où les matériaux des composants ont refroidi.

24.5.1.6 Bois. Le bois a encore quelques applications occasionnelles pour les boîtiers des équipements. Le bois peut brûler totalement dans un feu ou peut présenter des traces de combustion, lorsqu'il n'a brûlé que partiellement. Les traces peuvent permettre de déterminer si le feu vient de l'intérieur ou de l'extérieur de l'équipement.

24.5.1.7 Verre. Le verre est employé pour les couvercles et les portes transparentes sur les équipements. Le verre peut aussi être utilisé pour certaines décorations. Le verre peut se fissurer facilement lorsqu'il est chauffé de manière non uniforme, et il peut se ramollir et fléchir ou couler. Les températures de flamme sont supérieures à la température de ramollissement du verre, aussi celui-ci est davantage lié à la durée et à la continuité de l'exposition qu'à la température de l'incendie.

24.5.1.8 Céramique. La céramique peut être utilisée pour certains boîtiers innovants et est également employée comme support pour certains composants électriques. La céramique ne fond pas au cours des incendies, mais si elle est revêtue d'un vernis décoratif, celui-ci pourrait fondre.

24.5.2 Sources d'énergie. Les équipements courants sont généralement alimentés en courant alternatif, délivré par les compagnies d'électricité. Il existe quelques autres types de sources, qui seront examinées. Dans cette sections, ne seront pas traitées ; ni les tensions supérieures à 240 V, ni l'alimentation en triphasé. Pour des informations plus détaillées sur l'alimentation et les dispositifs électriques, voir les Sections 8.1 à 8.11.10.

24.5.2.1 Cordons électriques. Aux États-Unis, les compagnies d'électricité délivrent l'électricité à 60 Hz et 120/240 V alternatif (souvent noté 110/220 V). La plupart des équipements sont conçus pour fonctionner lorsque l'on les branche

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

sur une prise de 120 V. Les équipements, qui requièrent plus de puissance, tels que les cuisinières et les chauffe-eau, fonctionnent sur le 240 V à partir du même système d'alimentation électrique dans le bâtiment.

24.5.2.1.1 Les cordons électriques, qui alimentent les équipements, sont constitués de deux ou trois conducteurs. Les conducteurs sont de type multibrins, afin d'être suffisamment flexibles. Certains équipements, qui possèdent une double isolation, et la plupart des équipements fabriqués avant 1962, ont des cordons d'alimentation avec seulement deux conducteurs. Les équipements plus récents, possèdent généralement un cordon d'alimentation à trois conducteurs, le troisième conducteur servant à la liaison à la terre, pour des raisons de sécurité. Les conducteurs multibrins des cordons résistent généralement à l'incendie, mais ce qui reste sera généralement cassant, si l'isolant a complètement brûlé au cours de l'incendie. La manipulation, sans en prendre soin, des conducteurs multibrins cassants, peut les rompre. Il faudrait vérifier les cordons, à la recherche d'éventuels arcs électriques. Voir le chapitre 8 pour plus d'informations sur les conducteurs électriques et leurs dommages.

24.5.2.1.2 Les prises mâles, qui permettent de connecter les cordons d'alimentation aux prises femelles, ont des configurations quelque peu différentes, suivant l'intensité nominale de l'équipement. Les prises, fabriquées avant 1987, pour une intensité d'au plus 20 A, possèdent deux plots droits, de même largeur. Les prises plus récentes ont le plot du neutre plus large que le plot de la phase. Les prises peuvent avoir un troisième plot pour la liaison à la terre. Pour les prises fabriquées en usine, les conducteurs sont reliés aux plots, à l'intérieur d'une pièce en plastique moulée. Cette pièce peut fondre ou brûler totalement au cours d'un incendie. Les conducteurs et les plots en laiton vont généralement résister à l'incendie, mais parfois les parties en laiton peuvent avoir fondu. Après un incendie n'ayant occasionné que des dégâts mineurs à proximité d'une prise, la face de cette prise mâle ne présentera quasiment aucune trace d'échauffement, étant protégée contre la prise femelle. Cette observation peut permettre de montrer que l'équipement était branché. En outre, même après un incendie plus intense, les plots sont susceptibles d'être moins oxydés là, où ils étaient protégés à l'intérieur de la prise femelle au cours du feu.

24.5.2.1.3 Les prises, destinées à des tensions ou à des intensités plus importantes, ont des plots plus larges, positionnés différemment.

24.5.2.2 Tensions inférieurs à 120 V. De nombreux équipements, qui se branchent sur des prises murales, fonctionnent effectivement sous 6, 12 ou toute autre tension inférieure à 120 V. Normalement, un transformateur est utilisé pour délivrer une tension inférieure. Le transformateur fait généralement partie de l'équipement, mais il s'agit parfois d'un élément séparé, qui se branche directement sur la prise, et qui alimente l'équipement avec un fin cordon à deux conducteurs. Il est peu probable, qu'un court-circuit, sous une tension de 6 V, cause un départ de feu, mais cela peut se produire, dans certaines circonstances où l'énergie (c.à.d. la chaleur) se trouve concentrée sur une faible surface à proximité de matériaux combustibles.

24.5.2.3 Batteries. Les batteries sont utilisées pour les équipements portables et pour certains dispositifs de sécurité. La gamme de batteries peut aller des batteries pour véhicules à moteur, aux batteries boutons pour appareils photos et montres, en passant par les batteries sèches courantes. Les batteries fournissent de l'ordre de 1.5 V en courant continu. Les batteries de 6 ou 9 V sont respectivement constituées de quatre ou six cellules sèches, réunies en un conditionnement unique. Ce qui reste des batteries, appartenant à un équipement, peut généralement, être retrouvé après un incendie. Elles sont souvent trop endommagées pour qu'on puisse déterminer, si elles ont pu constituer une source d'inflammation. Cependant, il peut être important de savoir à quoi elles étaient connectées. Une batterie peut fournir suffisamment d'énergie, pour enflammer certains matériaux, dans certaines conditions. Toutefois, dans la plupart des dispositifs alimentés par des batteries, le circuit normal empêchera l'énergie délivrée par la batterie, de se concentrer au même moment, au même endroit pour constituer une source d'ignition.

24.5.2.4 Protection contre les surintensités. De nombreux équipements sont protégés contre les surintensités, susceptibles de créer des dommages, par des fusibles ou des disjoncteurs. Après un petit feu, il devrait être possible de voir si le dispositif de protection a fonctionné. Après un feu intense, il faudrait retrouver les parties métalliques du dispositif de protection pour vérifier au moins, qu'il était présent.

24.5.2.4.1 L'élément, qui fond dans un fusible, est en métal. Dans un fusible, l'élément qui fond, a une section et une résistance électrique adaptées, pour que la température atteigne le point de fusion, si le courant dépasse une valeur spécifique pendant un temps spécifié. Si la surintensité est modérée (c.à.d. moins de deux fois le calibre du fusible), l'élément fusible fondra sans se vaporiser. Si le courant est très élevé, comme dans un court-circuit, l'élément se vaporisera généralement, partiellement, en générant un dépôt opaque sur la fenêtre ou sur le tube en verre, du fusible.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

24.5.2.4.2 La plupart des disjoncteurs déclenchent thermiquement ou magnétiquement, selon la valeur de la surintensité. Au-dessus d'une certaine intensité, une languette bimétal dévie suffisamment pour permettre à un ressort de séparer les contacts. Pour une intensité instantanément élevée, comme pour un court-circuit, le champ magnétique tire le mécanisme de façon à ce que le contact s'ouvre. Un disjoncteur, exposé à l'environnement d'un incendie, peut déclencher, lorsque le mécanisme interne atteint la température d'ouverture des contacts. Les disjoncteurs des équipements ont des boutons de remise en route.

24.5.3 Commutateurs. Les commutateurs sont utilisés pour allumer et éteindre les appareils et pour modifier les conditions de fonctionnement. On trouve des commutateurs de différentes tailles, types et modes de fonctionnement. L'examen des commutateurs après un incendie peut permettre de déterminer si l'appareil était en fonctionnement ou pas et de fournir d'autres informations sur différents aspects de son fonctionnement. Les restes des commutateurs peuvent être très fragiles. A part, noter et enregistrer la position des boutons, ou des leviers, ou vérifier la continuité électrique sur place, il est recommandé que l'investigateur n'ouvre pas, ne fasse pas fonctionner, ou ne démonte pas les commutateurs. Ce travail devrait être laissé à une personne ayant l'expertise technique. *(Voir le 16.10.1.)*

24.5.3.1 Commutateurs manuels.

24.5.3.1.1 De nombreux commutateurs sont faits pour que l'utilisateur les fasse fonctionner. On peut citer les commutateurs marche-arrêt et ceux qui permettent de changer les fonctions, la puissance, ou d'autres caractéristiques de l'équipement. La conception des commutateurs comprend les leviers qui bougent (par ex. les interrupteurs à bascule), les boutons poussoirs, les boutons qui tournent, ou les boutons qui glissent. Ils possèdent des parties métalliques, susceptibles d'être analysées après un incendie. Lorsqu'un commutateur n'est que légèrement endommagé, il peut encore fonctionner électriquement et indiquer sur quelle position il se trouvait. Lorsqu'un commutateur est sévèrement endommagé, il est possible qu'on puisse seulement voir si les contacts sont soudés ensemble. Les commutateurs créent un arc électrique lorsque les contacts s'ouvrent. En conséquence, la surface des contacts des commutateurs peut être endommagée, ce qui peut être normal.

24.5.3.1.2 Les commutateurs électroniques, montés dans de nombreux équipements, peuvent être trop abimés, même par un incendie mineur, pour qu'on puisse déterminer leur position avant l'incendie ou s'ils ont mal fonctionné. Ces commutateurs concernent par exemple les touches sur les fours à micro-ondes et les téléviseurs commandés à distance.

24.5.3.2 Commutateurs automatiques. De nombreux commutateurs à l'intérieur des équipements sont automatiques et ne sont pas prévus pour être manœuvrés par l'utilisateur. Ces commutateurs servent généralement à faire fonctionner l'équipement, selon ses paramètres de conception, et évitent tout fonctionnement risqué. Ce type de commutateurs peut être commandé par l'électricité, la température, ou le mouvement.

24.5.3.2.1 Fusibles et disjoncteurs. Les fusibles et les disjoncteurs sont des commutateurs automatiques qui déclenchent lors d'une surintensité. Les disjoncteurs peuvent être remis en route, mais les fusibles et l'élément fusible doivent être remplacés.

24.5.3.2.2 Commutateurs de température. Les commutateurs automatiques, qui sont commandés par la température et dont la fonction est de permettre le fonctionnement des équipements à l'intérieur de certaines fourchettes de températures, sont appelés des *thermostats*. Les commutateurs automatiques dont la fonction est d'éviter que l'équipement ne dépasse certains seuils sont appelés *commutateurs de coupure, à seuil ou de sécurité*.

24.5.3.2.2.1 Les commutateurs qui déclenchent avec la température, sont basés sur la dilatation d'un métal, la courbure d'un bimétal, la pression d'un fluide, ou la fusion. Ces commutateurs sont généralement utilisés, pour éviter qu'un équipement fonctionne en dehors d'une gamme de températures donnée ou pour l'empêcher de dépasser un seuil de température (commutateur d'arrêt). En général, ils contiennent suffisamment de métal pour qu'on les reconnaisse après un feu intense, bien qu'il ne soit pas possible de déterminer si le commutateur était opérationnel au moment de l'incendie.

24.5.3.2.2.2 Quelques commutateurs utilisent la dilatation des métaux, avec une longue tige qui est placée dans la zone chaude. Si cette zone devient trop chaude, la tige se dilate et pousse les contacts qui s'ouvrent. Le plus courant est le bimétal, où deux métaux différents, sont liés ensemble, à l'intérieur d'une pièce plate. L'un des métaux se dilate plus que l'autre lorsque la température augmente, il en résulte que la pièce se courbe avec l'élévation de température. Ce déplacement ouvre les contacts, afin d'arrêter l'équipement. Ces commutateurs ont une réponse lente, ce qui peut parfois entraîner soit une érosion, soit la soudure des contacts. Après un feu intense, le bimétal peut être retrouvé fléchi loin de sa position normale, ce qui est consécutif à la chaleur produite par le feu et n'indique pas que le thermostat était défectueux.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

24.5.3.2.2.3 Le disque bimétal déclenche, sur la base d'une dilatation différentielle, en sautant d'un plateau placé dans une direction vers un plateau situé dans la direction opposée. Le bord du disque est fixe, aussi le centre avance ou recule à une température spécifique pour ouvrir ou fermer le contact.

24.5.3.2.2.4 Certains commutateurs déclenchent par la dilatation d'un fluide dans un bulbe, qui se trouve dans la zone chaude. La pression du fluide est transmise par un soufflet, souvent vers un tableau de contrôle, et via un tube en métal, généralement en cuivre. Le soufflet pousse les contacts en position d'ouverture.

24.5.3.2.2.5 Ces différents commutateurs mécaniques peuvent être montés, soit pour ouvrir des contacts de façon à arrêter l'équipement, ou soit pour fermer des contacts de façon à mettre en route quelque chose d'autre, tel qu'un ventilateur pour rafraîchir et faire baisser la température. Les thermostats de sécurité peuvent être présents sur un équipement, mais ils ne servent pas à ouvrir le circuit, sauf si la température devient trop importante au niveau de l'équipement. Les contacts des commutateurs devraient être examinés par des personnes qualifiées. Si les contacts d'un commutateur de sécurité sont érodés par les arcs électriques, du fait d'ouvertures répétées, cela peut indiquer que l'équipement fonctionnait dans des conditions de surchauffe depuis longtemps, ce qui peut être le signe d'un défaut dans l'équipement.

24.5.3.2.2.6 Les surcharges peuvent mettre en échec les commutateurs mécaniques, par surchauffe de certains composants internes, ou par soudure des contacts. Ces derniers peuvent se produire pour des intensités nominales car les ouvertures/fermetures des contacts laissent passer le courant sans que le courant soit fermement établi. Les résistances de contact internes, comme lorsque les conducteurs sont mal fixés ou lorsque les parties en laiton sont rivetées, sont susceptibles de causer des échauffements destructifs, pouvant mettre en échec le commutateur. Il est normal que les surfaces de contact des thermostats, soient quelque peu piquées, car ces contacts s'ouvrent et se ferment fréquemment. Les surfaces de contact des dispositifs de sécurité ne devraient pas être piquées de manière importante, car ces dispositifs ne devraient pas déclencher, sauf en cas de surchauffe.

24.5.3.2.2.7 Les contacts d'un commutateur sont davantage sujets au piquage et à l'érosion en surface, et parfois à la soudure lorsqu'ils s'ouvrent et se ferment lentement. Pour cette raison, la plupart des commutateurs, en particulier lorsqu'ils sont traversés par des courants importants, sont faits pour s'ouvrir ou se fermer promptement, ce qui peut être obtenu par un disque bimétal, un ressort plat, ou un aimant. Lorsque l'on trouve des contacts soudés, après un incendie, ce constat ne prouve pas à lui seul que la défaillance du commutateur est à l'origine du feu. Les dommages consécutifs à l'échauffement de l'équipement, peuvent avoir causé un pic de courant, si la puissance était encore disponible. Des contacts soudés électriquement conserveront leur forme normale, mais les deux faces seront collées entre elles. Lorsque l'on retrouve les contacts fondus ensemble, en une masse informe, la cause la plus probable de ce résultat, est l'exposition à un feu intense. Les contacts sont fabriqués à base de métaux, qui ont des températures de fusion plus basses que celle du cuivre, et ils sont susceptibles de fondre lorsqu'ils sont exposés au feu.

24.5.3.2.2.8 Il existe des dispositifs de coupure, qui déclenche par la fusion interne d'un matériau, libérant un ressort, qui pousse le contact en position d'ouverture. Ces dispositifs sont d'usage unique ; ils devraient être remplacés en cas de déclenchement ; ils sont, cependant parfois by-passés, autorisant l'équipement à fonctionner sans protection. L'équipement devrait être contrôlé pour vérifier la présence d'un tel dispositif, et le dispositif devrait, lui aussi, être vérifié afin de déterminer, s'il a pu être trafiqué ou s'il a déjà été remplacé.

24.5.3.2.2.9 De nombreux équipements ont des commutateurs, qui fonctionnent par déplacement d'une pièce. Les commutateurs à seuil, qui ont une pièce mobile, sont conçus pour que la course de la partie mobile ne soit pas trop longue. Les fours à air pulsé peuvent être équipés d'un commutateur, piloté par le courant d'air, qui pousse une pale, autorisant le four à fonctionner. Les gros équipements ont souvent des commutateurs de porte, soit pour arrêter l'équipement lorsque la porte est ouverte, ou soit pour allumer la lumière. Les moteurs des gros équipements ont, en général, un commutateur centrifuge pour désengager la bobine de démarrage, lorsque le moteur atteint sa vitesse. Ces commutateurs peuvent aussi commander un circuit de chauffage, de façon à n'autoriser le chauffage, que si le moteur est en fonctionnement. Comme pour tous les commutateurs, qui nécessitent une action mécanique, ces commutateurs peuvent être en défaut, si le composant mécanique qui les fait fonctionner, n'est plus dans l'alignement ou si le commutateur devient lâche dans son support.

24.5.3.2.2.10 De nombreux chauffages électriques portables ont un commutateur à bascule, qui se trouve souvent l'intérieur du thermostat. Le commutateur a un bras lesté, qui pend et ouvre le contact, si l'équipement est incliné, écartant le bras de sa position nominale.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

24.5.4 Bobines électromagnétiques et relais. Les bobines électromagnétiques et les relais sont utilisés, dans les équipements, pour contrôler un circuit de puissance grâce à un circuit moins puissant, fonctionnant souvent sous une tension plus faible. La circulation du courant dans le circuit de faible puissance, active une bobine ou un électroaimant, qui met en mouvement un arbre ou un levier. Ce mouvement ouvre ou ferme le circuit de forte puissance. Après un incendie, on retrouve normalement les restes des bobines et des relais. En cas de dommages importants, il peut être impossible de déterminer, si ces dispositifs étaient opérationnels, ou dans quelle position, ils se trouvaient, au moment de l'incendie. Il faudrait examiner les contacts, afin de voir, s'ils étaient collés au cours de l'incendie.

24.5.5 Transformateurs. Les transformateurs sont utilisés pour réduire la tension à partir de la tension normale de 120 V et pour isoler le reste de l'équipement du circuit d'alimentation. Certains transformateurs sont sous tension quand l'équipement est branché, de telle façon que la bobine du primaire soit toujours traversée par une certaine intensité. Dans d'autres applications, le transformateur n'est sous tension, que lorsque le commutateur est en position marche. L'équipement est conçu, pour garder le chauffage du transformateur à un minimum situé en-dessous de la charge électrique normale. Cependant, sur une utilisation à long terme, et si la ventilation de l'équipement est réduite, la température peut monter et détériorer les enroulements. Lorsque les enroulements entrent contact les uns avec les autres, l'impédance chute et un courant plus important circule, entraînant un échauffement plus fort. La circulation d'un courant plus important peut aussi conduire à un échauffement fort, avant que les bobines soient défaillantes par fusion du conducteur, ou créent un défaut de mise à la terre qui pourrait ouvrir le circuit de protection. Dans certains cas, l'isolant qui a chauffé ou d'autres matières combustibles dans ou sur le transformateur pourraient s'enflammer, avant que l'échauffement électrique ne s'arrête.

24.5.5.1 Les transformateurs des équipements sont généralement constitués d'un noyau en acier et d'enroulements en cuivre, les deux pouvant être retrouvés après un incendie, même sévère. L'examen du transformateur d'un équipement brûlé peut permettre de montrer que les spires intérieures ont moins chauffé, voire même qu'elles sont restées brillantes. Un tel constat montre que l'échauffement venait de l'extérieur et pas du transformateur. Un transformateur provenant d'un équipement sévèrement brûlé, peut présenter des enroulements recuits jusqu'à avoir l'apparence du cuivre oxydé, aucun isolant n'ayant été épargné jusqu'au noyau. Les enroulements résiduels pourraient être quelque peu lâches autour du noyau. Ceci peut se produire, suite à une exposition de longue durée, dans n'importe quel incendie, et ne prouve pas, que les enroulements ont surchauffé, et causé le départ de feu. On peut conclure à la surchauffe d'un enroulement, lorsqu'il existe des traces distinctes d'échauffement interne, des arcs électriques entre spires, et des traces de propagation du feu à partir de cette source. Il est possible qu'un transformateur, protégé par des fusibles, surchauffe, car les fusibles sont dimensionnés à un calibre, permettant de transporter l'intensité nominale, associée à un facteur de sécurité.

24.5.5.2 Certains transformateurs peuvent être complètement enfermés dans de l'acier et ne seraient probablement pas capables de mettre le feu à des matériaux combustibles à proximité, avant d'être arrêtés, par le déclenchement des protections, ou suite à une défaillance interne. D'autres transformateurs sont ouverts et comprennent souvent, par construction, du papier et du plastique, qui peuvent être enflammés.

24.5.6 Moteurs. Les moteurs, couramment présents dans les équipements, fournissent une action mécanique. Leur gamme varie des moteurs $^1/_3$ de HP à $^1/_4$ HP dans les machines à laver ou dans d'autres gros équipements, jusqu'aux moteurs minuscules dans les petits appareils. La plupart des moteurs sont conçus pour fonctionner à une certaine vitesse. Si le rotor est arrêté tandis que le moteur est toujours activé, l'impédance tombe, et augmente l'intensité du courant. Cela peut faire suffisamment chauffer la bobine du moteur pour enflammer le vernis isolant et n'importe quel plastique appartenant à l'équipement.

24.5.6.1 Par construction, les moteurs ont souvent des protections conçues pour couper le courant si la température s'élève trop, pour un fonctionnement en sécurité. Cette protection peut se présenter sous la forme d'un fusible, d'un thermostat de sécurité à déclenchement unique, d'une protection thermique à remise en service automatique, ou d'un système de protection thermique à remise en service manuelle. Certains moteurs sont équipés à la fois d'une protection thermique réarmable et d'un thermostat de sécurité à déclenchement unique. Lorsque les soupçons se portent sur un moteur et ses dispositifs de protection, il faudrait les faire examiner par du personnel compétent avant de conclure à la responsabilité de ce moteur dans le départ de feu.

24.5.6.2 Il est possible d'examiner les bobines des moteurs, afin de regarder, si à l'intérieur, elles ont été relativement épargnées par la chaleur, ce qui tendrait à indiquer que l'échauffement provient de l'extérieur. Si les enroulements sont complètement recuits, et les conducteurs oxydés sur toute leur section, mais que les matériaux autour du moteur n'ont pas autant chauffé, ceci indique que les bobines ont surchauffé. Si le moteur est au centre d'un feu, les bobines sont susceptibles d'être complètement recuites, que le feu ait pris naissance dans le moteur ou pas.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

24.5.6.3 Les petits moteurs, qui font tourner les ventilateurs pour rafraîchir, ou d'autres dispositifs, ne constituent généralement pas des sources d'ignition. Ils n'ont pas assez de couple, pour générer beaucoup d'énergie par friction. Certains petits moteurs sont enfermés dans des boîtiers en métal, rendant l'inflammation par échauffement interne, improbable. D'autres moteurs, ouverts par construction, sont susceptibles d'enflammer des combustibles à leur contact, si les bobines s'échauffent suffisamment.

24.5.7 Éléments chauffants. On peut s'attendre à ce que les éléments chauffants puissent devenir suffisamment chauds, pour enflammer des combustibles, si ceux-ci rentrent en contact avec l'élément. La conception et la construction de l'équipement permettra, en général, de ne pas avoir de combustible, à proximité de l'élément. Les équipements de cuisson font exception, car les éléments chauds sont apparents pour être utilisés. Ces éléments peuvent être couverts comme dans les fours ou les cuisinières, ou bien il peut s'agir de résistances nues, qui peuvent rougir lors de leur utilisation. Les éléments chauffants ouverts sont généralement constitués de fils ou de rubans en alliage de nickel/chrome/fer. Ceux, qui sont conçus pour fonctionner à des températures de rougeoiement, vont présenter une couche d'oxyde en surface de couleur gris terne. Dans certains équipements, un ventilateur extrait la chaleur générée par l'élément chauffant, suffisamment vite pour l'empêcher de rougir. Ces éléments chauffants peuvent conserver un état de surface, clair et brillant, après de nombreuses utilisations.

24.5.7.1 Lorsqu'un fil chauffant grille, les extrémités rompues peuvent pendre. Une extrémité pourrait entrer en contact avec la masse de l'équipement et former un nouveau circuit. Suivant la valeur de la résistance au niveau du segment résiduel de l'élément, le contact par défaut de mise à la terre peut permettre à l'équipement de continuer à fonctionner, de surchauffer, ou d'ouvrir les protections.

24.5.7.2 Un élément gainé est composé d'une résistance entourée d'un isolant (par ex. de l'oxyde de magnésium) et encapsulée dans une gaine métallique. La gaine est généralement en acier, mais beaucoup de radiateurs muraux ou autres chauffages volumiques ont des résistances avec des gaines en aluminium. Il est plus probable que la fusion de la gaine en aluminium soit consécutive à un feu externe qu'à un échauffement interne ; cependant, si la fusion et l'échauffement de la gaine, et si le ventilateur ou les matériaux à proximité présentent des traces évidentes en provenance de l'élément chauffant, ceci constitue un bon indice que cet élément a surchauffé. On peut mesurer la continuité électrique et la résistance de l'élément chauffant. Un élément grillé peut signifier une surchauffe ou simplement que cet élément est âgé. La radiographie X peut aider à établir un diagnostic sur l'état interne de l'élément.

24.5.7.3 Quelques radiateurs électriques ont présenté des défauts de terre entre l'élément et la gaine à travers l'isolant, laissant des traces caractéristiques d'éruptions de métal fondu en différents points, le long de la gaine. Bien que les radiateurs soient normalement conçus, pour qu'aucun matériau combustible ne puisse être facilement enflammé par l'élément chauffant, les projections de tels arcs pourraient enflammer des combustibles à proximité, si les projections passent à travers la grille de protection.

24.5.8 Éclairage. L'éclairage est présent dans de nombreux équipements pour permettre de voir des cadrans, des zones de travail, ou des cavités internes. Les ampoules sont normalement de faible puissance, et ne sont pas susceptibles d'enflammer quoi que ce soit dans ou sur l'équipement. La plupart des ampoules sont à incandescence, mais les ampoules fluorescentes peuvent être utilisées, pour éclairer les espaces de travail sur les équipements. Les ampoules fluorescentes possèdent des ballasts (essentiellement un transformateur) qui peuvent surchauffer. Cependant, excepté pour les plus anciens, ils sont équipés de protection thermique et sont généralement enfermés dans l'équipement, où il est peu probable qu'ils enflamment quoi que ce soit. Les lampes à tube fluorescent ne sont normalement pas assez chaudes pour enflammer des combustibles situés à proximité, mais certaines lampes à incandescence peuvent devenir suffisamment chaudes pour enflammer les combustibles qui entrent à leur contact.

24.5.8.1 Systèmes à lampes fluorescentes. Les systèmes à lampes fluorescentes sont constitués d'un ou plusieurs tubes en verre remplis d'un gaz auxiliaire ou de démarrage et de mercure, sous pression réduite. Une décharge électrique est créée sur toute la longueur du tube en verre. Le mercure gazeux est excité, il libère de la lumière UV, qui est convertie en lumière visible grâce à un revêtement sur les parois internes du tube, ce revêtement étant une poudre fluorescente. dans les dispositifs de petite taille. La plupart des moteurs courants sont conçus pour fonctionner à certaines vitesses. Si le rotor est bloqué, alors que le moteur est encore sous tension, l'impédance chute, et l'intensité augmente. Ceci peut faire suffisamment chauffer la bobine du moteur pour enflammer le vernis isolant et n'importe quel plastique appartenant à l'équipement.

24.5.8.1.1 Les systèmes à lampes fluorescentes peuvent être divisés en deux groupes. Le premier groupe comprend les systèmes, dont les lampes ont des filaments chauffés à leurs extrémités. Ce groupe est composé des systèmes à préchauffage et à démarrage rapide. Le second groupe est composé des systèmes à démarrage instantané où la décharge est créée en appliquant une tension élevée dans le tube, sans avoir au préalable chauffé les filaments.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

24.5.8.1.2 Pour fonctionner, les lampes fluorescentes ont besoin d'un ballast. Le ballast remplit au moins deux fonctions. La première fonction consiste à produire une tension suffisante à créer un arc électrique dans la lampe, au sein du gaz auxiliaire et des vapeurs de mercure. La seconde fonction est de limiter le courant dans la lampe pour éviter que celle-ci ne grille immédiatement.

24.5.8.1.3 Il existe deux grands types de ballasts pour lampes fluorescentes ; le ballast ferromagnétique et le ballast électronique. Les ballasts ferromagnétiques comprennent typiquement un transformateur, avec souvent un ou plusieurs condensateurs. Depuis 1968, presque tous les ballasts des lampes fluorescentes, montés dans les nouveaux équipements contiennent, par obligation, une protection contre la surchauffe. Ces ballasts sont identifiés comme ballasts de classe P. Jusqu'en 1984, il n'était pas exigé de remplacer les ballasts qui n'étaient pas de classe P, par des ballasts de classe P. La plupart des ballasts de classe P contiennent une protection thermique, à remise en service automatique, à proximité du transformateur. Certains ballasts fabriqués avant 1984, comprennent une protection thermique à usage unique. La plupart des ballasts ferromagnétiques ont un code, comprenant la date, spécifique à chaque fabricant, et estampillé sur le métal du boîtier.

24.5.8.1.4 Les ballasts électroniques contiennent un circuit imprimé, constitué de composants électroniques, et de plus petits composants magnétiques qui font fonctionner la lampe fluorescente à des fréquences plus élevées pour une plus grande efficacité. Certains ballasts électroniques comprennent des protections thermiques réarmables, alors que d'autres sont équipés de fusibles.

24.5.8.1.5 Les ballasts ferromagnétiques et électroniques sont tous deux, généralement, remplis d'un composé à base de bitume permettant d'améliorer le transfert thermique, de réduire le bruit, et de maintenir les différentes pièces ensemble. Ce composé servant de liant peut ramollir et couler suite à un échauffement interne ou à la chaleur externe générée par un incendie. Après un feu, constater que le liant a coulé du ballast, ne constitue pas la preuve que ce ballast présentait une défaillance préexistante ou qu'il avait surchauffé avant l'incendie. Les ballasts sont habituellement enfermés, dans un boîtier en acier, fixé sur le luminaire. Toute coulure de liant, causée par un échauffement interne, serait probablement contenue dans le boîtier de l'équipement. Si le liant parvenait à s'écouler en dehors de l'équipement, il n'enflammerait pas d'autres matériaux, à moins d'être, lui-même, déjà en feu.

24.5.8.1.6 Les défaillances de ballasts, susceptibles de démarrer un feu, sont notamment ; la génération d'arcs atteignant les matériaux combustibles du plafond, et la surchauffe extrême d'une bobine, communicant par conduction, la chaleur à des matériaux combustibles voisins. Les ballasts des lampes fluorescentes ne devraient pas être démontés sur la scène d'incendie. Les ballasts suspects devraient être préservés, avec leurs équipements et câbles, en vue d'analyses de laboratoire, par un expert qualifié. Il est courant de réaliser une radiographie X de ces ballasts avant de les démonter. Lors de l'examen des équipements fluorescents, il faudrait également rechercher les défaillances éventuelles des supports de lampes et les arcs électriques à l'intérieur du boîtier.

24.5.8.2* Systèmes d'éclairage à décharge sous forte intensité. Les systèmes d'éclairage à décharge sous forte intensité (lampes fluo-compactes) sont des luminaires utilisant une lampe ayant un tube raccourci rempli, de diverses vapeurs de métal. Une décharge électrique, créée sur toute la longueur du tube, excite les atomes des vapeurs de métal, générant alors de la lumière. Les lampes à décharge sous forte intensité, fonctionnent à des pressions plus élevées que les lampes fluorescentes classiques. Les systèmes d'éclairage, à décharge sous forte intensité, comprennent les lampes à vapeur de mercure, les lampes à halogénure de métal, et les lampes au sodium haute pression. Ces luminaires sont typiquement utilisés dans des bâtiments à usage commercial, des entrepôts, des zones de fabrication, et des commerces de détails.

24.5.8.2.1 Les systèmes d'éclairage à décharge sous forte intensité, comprennent typiquement ; un ballast et un condensateur de puissance, capables de fournir la tension de démarrage, et de limiter le courant susceptible de circuler dans la lampe. Ces ballasts peuvent être de type ferromagnétique ou électronique. Le ballast ferromagnétique ne comprend généralement pas de composé servant de liant. Certains ballasts, pour ces lampes à décharge sous forte intensité, sont équipés de fusibles ou de protections thermiques. La plupart de ces ballasts, pour lampes fluo-compactes, sont montés dans un boîtier au-dessus de l'assemblage ; support de lampe et réflecteur.

24.5.8.2.2 Les ballasts, des systèmes d'éclairage à décharge sous forte intensité, peuvent être victimes de défauts, occasionnant des arcs électriques dans la bobine du ballast. Certains équipements ont suffisamment d'ouvertures, permettant aux gouttes de métal et aux étincelles, générés par l'arc électrique, de sortir du boîtier de l'équipement.

24.5.8.2.3 La plupart des lampes au mercure et aux halogénures de métaux, sont équipées d'un

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

cylindre de silice/quartz fondu comportant des électrodes à chaque extrémité. Ce cylindre est qualifié de tube à arc. A température ambiante, la pression à l'intérieur du tube est inférieure à la pression atmosphérique. Ce tube à arc repose sur un cadre à l'intérieur d'une enveloppe extérieure en verre. Les lampes sont marquées d'un code comportant leur date de fabrication. Ces codes sont spécifiques à chaque fabricant. En fonctionnement normal, le tube à arc d'une lampe aux halogénures métalliques peut atteindre des températures allant de 900°C à 1100°C (1652°F à 2012°F) et une pression interne de 5 à 30 atmosphères. Les tubes à arc d'une lampe aux vapeurs de mercure peuvent fonctionner dans une gamme de températures de 600°C à 800°C (1112°F à 1472°F) et sous des pressions de 3 à 5 atmosphères. Les lampes au sodium haute pression fonctionnent à des pressions plus faibles typiquement aux environs de 1 atmosphère.

24.5.8.2.4 Dans certaines conditions, notamment lorsque la lampe est utilisée au delà de sa durée de vie prévue ou lors de certains défauts sur le ballast, le tube à arc des lampes aux halogénures métalliques peut créer un défaut lors de son fonctionnement à température et pression nominales. Des pièces ou des particules chaudes, provenant du tube à arc, peuvent briser l'enveloppe en verre et sortir de la lampe. Certains équipements aux halogénures métalliques ont des lentilles ou des écrans de protection, conçus pour récupérer les pièces ou les particules, qui seraient éjectées. Les lampes aux halogénures métalliques sont disponibles avec des écrans de protection internes, conçus pour arrêter les débris du tube à arc, en cas de fracture de celui-ci, afin de protéger l'enveloppe en verre. Des ruptures de tubes à arc sur les lampes aux vapeurs de mercure se sont déjà produites.

24.5.8.2.5 Les investigations sur un équipement d'éclairage à décharge sous haute intensité requièrent l'analyse de l'alimentation électrique de l'équipement, du câblage, du ballast, des condensateurs, de la lampe, et de toute lentille éventuelle. Il ne faudrait pas démonter les équipements sur la scène d'incendie, mais les conserver soigneusement pour des analyses en laboratoire. L'analyse d'une lampe aux halogénures métalliques ou aux vapeurs de mercure nécessite de retrouver le plus de restes possibles, de la lampe. Tous les morceaux du tube à arc devraient être mis de côté et emballés, afin de les protéger contre tout dommage ou toute dégradation supplémentaire. Les bords de l'enveloppe en verre et les restes du tube à arc ne devraient pas être manipulés, touchés ou nettoyés avant l'analyse au laboratoire. Les morceaux du cadre et du support de lampe devraient aussi être prélevés et conservés soigneusement. Sachant que le tube à arc en quartz, peut avoir été brisé mécaniquement, lors de l'effondrement du bâtiment, des opérations d'extinction, et du déblai, la présence d'un tube à arc brisé ne constitue pas, à elle seule, la preuve que le tube à arc a été brisé avant le démarrage du feu. Il est souvent intéressant de se procurer des lampes et des équipements semblables prélevés sur le site à des fins de comparaison ainsi que d'obtenir l'historique du fonctionnement des lampes.

24.5.9 Composants divers. Il existe différents dispositifs, tels que les variateurs et les contrôleurs de vitesse, qu'il est possible de trouver, comme composant dans les équipements. Généralement, la plupart de ces dispositifs sont entièrement électroniques. Les équipements plus anciens peuvent contenir des dispositifs non-électroniques, tels que des rhéostats et des résistances filaires. Les composants électriques sont généralement détruits par le feu, à moins que celui-ci ne soit bref. Dans la plupart des cas, les restes des variateurs ou d'autres dispositifs électroniques, qui utilisent des circuits imprimés, n'apporteront aucune information pour trouver la cause du feu car ils sont très sensibles aux dommages consécutifs à un incendie.

24.5.9.1 Les horloges peuvent être montées sur les équipements ou être utilisées comme des dispositifs distincts. Elles sont mues par de petits moteurs d'horlogerie avec un déclenchement mécanique des commutateurs. Les restes d'une horloge, qui était présente sur le site, peuvent généralement être retrouvés après un incendie, mais ils peuvent être sévèrement endommagés. Les petits moteurs des horloges durent longtemps et ne généreront pas de surchauffe de nature à causer un feu. La défaillance des horloges est généralement causée par l'usure de l'engrenage ou par des dents qui se cassent. Les horloges électroniques peuvent ne pas laisser de résidus identifiables, après été soumises à un incendie.

24.5.9.2 Les thermocouples sont utilisés pour mesurer des différences de températures. Ils sont basés sur le principe de la génération d'une tension à la jonction de métaux différents, qui est comparée au reste du circuit ou à une jonction de référence. On peut généralement lire la température sur un afficheur digital.

24.5.9.3 Une thermopile est constituée d'une série de thermocouples, montés de façon à ce que la tension au niveau de la série de jonctions, s'ajoute à une tension suffisante, pour faire fonctionner un électroaimant. Les thermopiles sont utilisées sur les équipements au gaz, de façon à ce que la vanne reste ouverte lorsque la flamme pilote brûle mais se ferme lorsque la flamme pilote s'éteint. Les nouvelles installations au gaz sont équipées d'allumeurs électroniques à la place des flammes pilotes.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

24.6 Équipements résidentiels courants.

Afin d'aider l'investigateur à comprendre le fonctionnement des équipements résidentiels courants, une description brève du principe et des composants de ces matériels est proposée dans cette section.

24.6.1 Cuisinière ou four. La chaleur est produite, soit par le courant, qui circule dans une résistance chauffante, ou par la combustion de gaz naturel ou de propane. Dans un four, la température interne est contrôlée par un thermostat et par une vanne ou un commutateur, régulant l'arrivée de combustible ou l'alimentation électrique. Sur une cuisinière à gaz, le débit de combustible et la puissance calorifique sont généralement contrôlés par la vanne d'arrivée de gaz au niveau du brûleur. Une cuisinière électrique utilise, en principe, un système avec une horloge, qui contrôle le temps du cycle de chauffage de l'élément chauffant. Ce dispositif est réglé manuellement, de façon à ce que le positionnement sur une valeur haute conduise au cycle le plus long (fonctionnement continu possible). L'allumage du combustible gazeux sur une cuisinière ou un four au gaz peut s'effectuer par une flamme pilote ou par un dispositif électrique produisant un arc.

24.6.2 Cafetières. La conception des cafetières domestiques, les plus rencontrées, consiste à réunir un réservoir pour l'eau, un tube chauffant, une verseuse, et un habillage. Une fois allumé, le tube chauffant porte l'eau, qui le traverse, à ébullition ; cette eau étant alimentée à partir du réservoir. L'ébullition pousse l'eau chaude vers la zone où se trouve la café moulu contenu dans un filtre ; le café coule ensuite dans la verseuse. Pour la plupart des équipements, la verseuse repose sur une plaque chauffante. La plaque chauffante est généralement chauffée par la même résistance que celle qui chauffe le tube. La résistance chauffante est contrôlée par un thermostat, qui la coupe, lorsqu'elle atteint la valeur seuil supérieure du thermostat. Le chauffage se remet en route, dès que la température passe sous le seuil prédéfini, sur le thermostat. Pour empêcher une surchauffe, on peut mettre un thermostat de sécurité. Si la température maximale, de réglage du thermostat de sécurité, est atteinte, il a pour fonction d'ouvrir le circuit du chauffage, afin d'éviter tout échauffement supplémentaire. Certaines cafetières peuvent être équipées de thermostats de sécurité multiples, de circuits avec minuteur, qui coupent la cafetière après une durée déterminée, d'une horloge, ou d'un mode automatique avec mise en route automatique de la cafetière à une heure préréglée. Il faudrait vérifier les thermostats de sécurité, afin de voir s'ils ont été by-passés.

24.6.3 Grille-pain. Le grille-pain utilise des résistances électriques chauffantes, pour réchauffer ou faire grille de la nourriture. Il s'agit d'un équipement relativement simple, qui utilise capteur pour régler le temps de fonctionnement. En abaissant un levier, la nourriture, posée sur un support, est descendue dans le grille-pain, et le circuit des résistances est alimenté. Le capteur est habituellement une bandelette bimétal, qui pourrait mesurer la température dans le grille-pain, mais généralement le bimétal a son propre circuit de chauffage et il est presque indépendant de la température dans le grille-pain. A la fin du cycle de chauffage, une pièce mécanique relâche le support et arrête le chauffage du bimétal. Comme le bimétal refroidit, une seconde pièce mécanique libère le support, ce qui remonte la nourriture. Certains appareils récents utilisent un minuteur électronique qui contrôle un système de libération électromagnétique.

24.6.4 Ouvre-boîte électrique. L'ouvre-boîte électrique possède un moteur électrique, qui fait tourner la boîte, sous une roue coupante, permettant l'ouverture de la boîte. En principe il ne fonctionne, que si l'on tient le levier en position basse, ce qui positionne et maintient la roue coupante en place, et ferme le circuit alimentant le moteur. Le moteur électrique peut ou ne pas, être protégé contre la surchauffe, par thermostat de sécurité.

24.6.5 Réfrigérateur. Les réfrigérateurs et congélateurs courants fonctionnent à partir d'un cycle de réfrigération et d'un système de ventilation, afin que l'intérieur des équipements conserve une température adéquate. Le système de réfrigération comporte un évaporateur (c.à.d. un échangeur de chaleur à l'intérieur du compartiment), un condenseur (c.à.d. un échangeur de chaleur à l'extérieur du compartiment), un compresseur, un fluide frigorifique (typiquement un carbure fluoré ou un Fréon®), et des canalisations pour connecter ces sous-systèmes. L'air chaud de l'intérieur du compartiment permet d'évaporer le fluide frigorifique ; les vapeurs rafraîchissantes sont dirigées vers le compresseur, où elles sont compressées et condensées en un liquide dans le condenseur. Lorsque le fluide frigorifique condense, il réémet la chaleur soustraite du compartiment. Il en résulte, que l'air autour de l'évaporateur a été refroidi et que l'air autour du condenseur a été réchauffé. L'air froid est circulé à l'intérieur du réfrigérateur, et l'air chaud se dissipe dans la pièce, dans laquelle se trouve l'équipement. Ce cycle de refroidissement est géré par une minuterie, qui régule la durée des cycles, ou le réfrigérateur peut être équipé d'un thermostat, qui commande les cycles.

24.6.5.1 Le compresseur fonctionne normalement avec un moteur électrique, qui est habituellement protégé par un thermostat de sécurité. Le compresseur est, en général, logé dans un bloc étanche, ce qui empêche une surchauffe éventuelle de celui-ci, et l'inflammation des combustibles à

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

proximité, du fait qu'il se comporte comme un puits de chaleur. Dans un réfrigérateur, les équipements additionnels comprennent ; l'éclairage, le système de fabrication de glace, le distributeur de glace et d'eau, et un ventilateur au niveau du condenseur et parfois au niveau de l'évaporateur.

24.6.5.2 Le réfrigérateur peut, également, être équipé de résistances chauffantes, à différents endroits, pour un dégivrage automatique, et pour éviter la condensation de l'eau sur les surfaces externes. Le dégivrage automatique est conçu pour fonctionner à intervalles réguliers, afin d'éviter l'accumulation de glace sur les surfaces internes, en particulier à l'intérieur des congélateurs.

24.6.5.3 Les systèmes de chauffage anti-humidité (condensation extérieure) sont situés sous les parois externes, et ils fonctionnent à intervalles réguliers pour éviter la condensation. Certains modèles permettent de mettre, cet équipement, hors service pour économiser l'énergie. Dans les deux cas, ces chauffages sont des résistances électriques de faible puissance.

24.6.6 Lave-vaisselle. Le lave-vaisselle utilise une pompe, pour asperger et distribuer l'eau chaude et la lessive, sur la vaisselle. Une résistance électrique se trouve en partie basse de l'équipement, pour chauffer un peu plus l'eau, qui est utilisée. Dès que le lavage et le rinçage sont finis, l'eau est évacuée, et la vaisselle est séchée par la résistance chauffante, qui est exposée à l'air, une fois l'eau évacuée. Dans certains modèles, le chauffage électrique peut être mis hors service pendant le cycle de séchage pour des raisons d'économies d'énergie. Parmi les autres dispositifs faisant partie de l'équipement, on trouve des électrovannes et un minuteur permettant de contrôler les différents cycles. La motopompe électrique peut ou pas, être protégée thermiquement. Certains lave-vaisselle sont à l'origine d'incendies, suite à un défaut électrique dans le bandeau de commandes, qui met ensuite mis le feu aux garnitures en plastique.

24.6.7 Four à micro-ondes. Le four à micro-ondes utilise un dispositif, qu'on appelle un magnétron, pour générer et orienter les ondes radio (c.à.d. les micro-ondes) dans le four. La fréquence de ces ondes radio, cause l'échauffement des éléments placées dans le four. Pour obtenir une répartition homogène de ces ondes, un dispositif permet de les diffuser dans le four, et le plateau pour poser la nourriture peut être rotatif. Les fours à micro-ondes sont aussi équipés de minuteurs et de circuits de commandes, d'un transformateur, et d'un éclairage interne. Le transformateur sert à produire la haute tension, nécessaire au magnétron. Le magnétron est généralement protégé par un thermostat de sécurité. Il peut y avoir un thermostat de sécurité au-dessus du compartiment du four, pour couper l'alimentation en cas de feu à l'intérieur.

24.6.8 Chauffages d'appoint. Les chauffages d'appoint, destinés à une application de type résidentiel, sont relativement variés, on peut cependant les classer en deux groupes ; les convecteurs et les radiants. Certains convecteurs sont équipés d'un ventilateur pour forcer l'air de la pièce à transiter sur une surface ou un élément chaud, alors que d'autres utilisent la convection naturelle. Les systèmes de chauffage, fonctionnant par convection naturelle, ou les radiants n'ont pas de ventilateur. Un exposé complet sur tous les types de chauffage d'appoint est hors de propos ici, mais l'investigateur devrait apprendre à connaître l'équipement concerné par l'expertise, dont il a la charge. L'investigateur peut se familiariser avec l'équipement en question, en examinant le manuel de fonctionnement et les schémas de conception, et en analysant un matériel identique. Ces équipements de chauffage utilisent différentes méthodes de régulation et différents dispositifs. Généralement, ces dispositifs servent à réguler le chauffage, à empêcher une surchauffe, ou à couper le chauffage, si les conditions nominales de fonctionnement sont dépassées.

24.6.9 Couverture électrique. Une couverture électrique est une couverture comprenant un élément de chauffage électrique, à l'intérieur de la couverture. Les commandes ne sont normalement pas situées sur la couverture, mais plutôt sur le cordon d'alimentation. Les commandes sont manuelles et permettent de gérer le cycle de fonctionnement. Afin de prévenir un risque de surchauffe, on trouve un thermostat de sécurité, à un ou deux endroits à proximité de l'élément chauffant, à l'intérieur de la couverture ; il peut y avoir jusqu'à 12 à 15 éléments de sécurité, suivant l'équipement. Une couverture électrique est conçue, pour ne pas occasionner de surchauffe, lorsqu'elle est étendue à plat. Si la couverture est en boule ou pliée, la chaleur peut s'accumuler à l'intérieur et la couverture peut devenir suffisamment chaude pour carboniser et s'enflammer. Normalement, le thermostat de sécurité évite la surchauffe.

24.6.10 Climatiseur à poser sur une fenêtre. Un climatiseur de fenêtre est conçu pour être placé au niveau de la fenêtre d'une habitation, en vue de refroidir la pièce. Le rafraîchissement est obtenu au moyen d'un cycle de réfrigération, très proche de ceux qui sont utilisés pour les réfrigérateurs. *(Voir le 24.6.5.)* L'air de la pièce circule dans le climatiseur, au niveau de l'évaporateur, qui rafraîchit l'air, pour être ensuite renvoyé dans la pièce. Un ventilateur, fonctionnant grâce à un moteur électrique, permet de faire circuler l'air. Le moteur du ventilateur est généralement protégé contre la surchauffe par un thermostat de sécurité. Ces climatiseurs ont des commandes permettant de sélectionner la vitesse du ventilateur, la puissance de rafraîchissement, et la température. Ils sont alimentés sous une tension nominale de 120 V, les unités plus importantes pouvant nécessiter une alimentation en 240 V.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

24.6.11 Sèche-cheveux et fer à friser.

24.6.11.1 Les sèche-cheveux à usage domestique possèdent un ventilateur à grande vitesse, qui fait passer l'air sur une résistance chauffante électrique. Les commandes se limitent, en principe, à marche/arrêt. Certains appareils peuvent avoir plus d'une puissance de chauffage et plusieurs vitesses pour le ventilateur. Un ou plusieurs thermostats réarmables sont typiquement installés, près des résistances, pour les empêcher de surchauffer.

24.6.11.2 Les fers à friser sont équipés d'une résistance de chauffage électrique à l'intérieur du fer, autour duquel, on enroule la mèche de cheveux pour la friser. Certains modèles ont un réservoir d'eau, afin de générer de la vapeur. Typiquement, les commandes comprennent un bouton marche/arrêt et un bouton de réglage de la puissance. La plupart des modèles sont équipés d'un voyant, qui indique le fonctionnement de l'appareil. Ces appareils sont équipés d'un ou deux thermostats de sécurité à proximité de la résistance, qui peuvent être réarmables ou non.

24.6.12 Fers à repasser. Les fers à repasser modernes utilisent une résistance chauffante électrique, située près de la surface du fer, afin de chauffer cette surface. De nombreux modèles fonctionnent avec de l'eau, qui sert à pour répartir la chaleur et produire de la vapeur. Sur les fers à repasser, les commandes vont du simple sélecteur de température et du bouton marche/arrêt jusqu'aux équipements contrôlés électroniquement, qui s'éteignent tout seuls. Les fers à repasser sont conçus pour chauffer à la fois en position verticale et horizontale. La plupart des fers sont équipés, d'un ou deux thermostats de sécurité, pour éviter une surchauffe.

24.6.13 Sèche-linge.

24.6.13.1 Les sèche-linges utilisent l'électricité pour faire tourner le tambour et circuler l'air à l'aide d'un ventilateur. L'énergie de la source chauffante peut provenir de la combustion d'un combustible gazeux ou de l'électricité. Tous les sèche-linges électriques sont alimentés en tension nominale 120 V ou par une source 240 V. Le linge est séché, en se déplaçant dans un tambour qui tourne, au travers duquel circule de l'air chaud. L'air est évacué du sèche-linge par un conduit, qui donne en général à l'extérieur de la maison. La plupart des sèche-linges ont des filtres pour piéger les peluches, susceptibles de s'accumuler. Cependant, si le filtre est encrassé, s'il ne fonctionne pas ou si la matière à sécher génère une grande quantité de peluches, ces peluches peuvent s'accumuler dans d'autres zones du sèche-linge et au niveau des ouïes de ventilation, ce qui peut constituer un facteur de risque incendie. Un échauffement par friction, de nature à causer une inflammation, peut provenir d'un vêtement ou d'une pièce de tissu coincé entre le tambour rotatif et une partie fixe. Des feux ont démarré dans des sèche-linges, lorsque des chiffons imbibés d'huile végétale ou des matières plastiques telles que des housses légères du pressing ont été placés dans le sèche-linge.

24.6.13.2 Typiquement, les sèche-linges sont équipés d'un minuteur, d'un capteur d'humidité, d'un sélecteur de chauffage, et d'un sélecteur de puissance afin de commander le fonctionnement de l'équipement. Des thermostats de sécurité sont installés pour empêcher la surchauffe du sèche-linge et de ses composants tels que le moteur de soufflage et les résistances chauffantes.

24.6.14 Électronique grand public. L'électronique grand public comprend des équipements tels que ; les téléviseurs, les magnétoscopes, les lecteurs de CD, les caméras vidéo, les ordinateurs, etc. Ces équipements ont des constituants similaires ; une alimentation, un bandeau de commandes comprenant beaucoup de composants électroniques, et un boîtier. Certains de ces équipements, tels que les téléviseurs, et les lecteurs de CD ont des composants qui ont besoin d'une tension élevée. En outre, la plupart de ces équipements peuvent être gérés par des télécommandes. Un exposé complet sur tous les types d'équipements est hors de propos ici, mais l'investigateur devrait se familiariser avec l'équipement en question ; ce qui peut être fait en consultant les manuels de fonctionnement et les schémas de conception, et en examinant un équipement semblable.

24.6.15 Éclairage. L'éclairage caractéristique dans le domaine résidentiel est de type à incandescence ou par fluorescence. Les lampes à incandescence sont équipés d'un filament fin en métal à l'intérieur du bulbe, qui a été rempli avec un gaz inerte tel que l'argon, ou a été mis sous vide et scellé. Lorsqu'une ampoule à incandescence fonctionne, il y a production importante de chaleur. Les lampes fluorescentes fonctionnent sous une haute tension générée par un transformateur (le ballast), qui sert à initier et à maintenir une décharge électrique dans le tube. L'intérieur du tube est revêtu d'une matière qui fluoresce, ou émet de la lumière lorsqu'elle est soumise à l'énergie d'une décharge électrique. Dans ce cas, le processus de production de la lumière génère peu de chaleur, mais c'est le ballast qui chauffe. Les ballasts des lampes fluorescentes, possédant une protection thermique afin d'éviter leur surchauffe sont munis d'un thermorupteur *(Voir le 24.5.5.)*.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 25 Feux de véhicules à moteurs

25.1* Introduction.

Ce chapitre traite de l'investigation après-sinistre, des feux de véhicules à moteurs. Les véhicules suivants seront examinés ; véhicules de tourisme, camionnettes, poids-lourds, véhicules agricoles, et véhicules de loisirs. Même si les aéronefs et les trains ne sont pas couverts par ce chapitre, de nombreux points relatifs à la scène d'incendie, peuvent s'appliquer, tels que les enregistrements sur site, les combustibles, les sources d'ignition, et les scénarios d'inflammation. Les investigations sur feux de bateaux sont abordées au chapitre 28.

25.1.1 Les traces laissées par le feu et les dommages engendrés, au niveau de la carrosserie, et de l'habitacle du véhicule, sont souvent utilisés pour localiser le ou les points d'origine et déterminer la cause du feu.

25.1.2 On avait l'habitude de penser que les feux à développement rapide et les sinistres totaux constituaient un indicateur d'incendie d'origine volontaire. Cependant, la nature et les quantités de combustibles, trouvées dans les véhicules à moteur, aujourd'hui, lorsqu'ils brûlent, peuvent occasionner un tel niveau de dommages sans qu'on ait besoin d'ajouter un accélérant, tel que de l'essence automobile. Dans le cas d'un sinistre total, on ne peut, généralement, pas se prononcer sur l'origine volontaire ou pas de l'incendie, uniquement à partir des observations faites sur le véhicule. L'analyse des traces laissées par le feu, en vue de déterminer le lieu d'origine ou la cause, devrait être réalisée avec précaution. L'interprétation tirée de ces traces peut être vérifiée par des témoignages, des analyses de laboratoire, les enregistrements lors des révisions des véhicule susceptibles de révéler un défaut mécanique ou électrique, les lettres de rappels en usine, ou les réclamations et communications après-ventes, qui peuvent être obtenus auprès de la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), du Center for Auto Safety, et de l'Insurance Institute for Highway Safety (IIHS). L'investigateur devrait savoir, de quoi se compose un véhicule et comment il fonctionne en mode nominal.

25.1.3 La taille relativement petite des différents volumes d'un véhicule, peut conduire à un développement du feu plus rapide, pour des combustibles et un scénario d'ignition similaires, comparé à un feu de bâtiment, où les volumes sont plus grands. Toutefois, les principes de la dynamique du feu restent les mêmes, qu'il s'agisse d'un feu de véhicule ou de bâtiment, et par conséquent les méthodologies d'investigation devraient être les mêmes. *(Voir les Chapitres 4et5.)*

25.2 Aspects sécurité relatifs aux investigations menées sur véhicules.

La réalisation d'investigations approfondies sur un véhicule, qui a brûlé, peut poser différentes questions relatives à la sécurité, qui sont autres que celles, qu'on peut rencontrer sur un feu de bâtiment. Voir le Chapitre 12 pour des informations complémentaires sur la sécurité.

25.2.1 Avant de réaliser l'inspection du véhicule sur ses roues, l'investigateur devrait s'assurer que ce véhicule est immobilisé et ne peut pas blesser l'investigateur, en se déplaçant. Lors de la mise en œuvre d'un pont hydraulique, d'un cric, ou de tout autre équipement, destiné à soulever et à supporter le poids du véhicule, celui-ci devrait être bloqué pour l'empêcher de bouger brutalement ou de tomber sur l'investigateur. Un chariot élévateur, un véhicule de remorquage, ou une dépanneuse ne devraient pas être utilisés, seuls, pour inspecter le véhicule sinistré.

25.2.2 Les airbags (dispositifs de sécurité supplémentaire), n'ayant pas déclenché, peuvent poser, potentiellement, un sérieux problème de sécurité, pour les investigateurs. L'azoture de sodium, l'agent propulseur, utilisé dans les airbags, sur les modèles de véhicules plus anciens, est une matière dangereuse, qui par contact ou inhalation peut constituer un risque pour la santé de l'investigateur. L'installation d'airbags est croissante ; ainsi certains véhicules sont équipés en série de multiples airbags et de systèmes de sécurité réactifs pour les passagers. L'investigateur aura besoin de pouvoir identifier les systèmes présents, leurs conditions de fonctionnement, et, si nécessaire, comment les inhiber avant de manipuler ou fouiller le véhicule, afin d'éviter un déclenchement accidentel.

25.2.3 L'inspection de véhicules, après un incendie, peut présenter beaucoup d'autres situations, potentiellement dangereuses vis-à-vis de l'investigateur. On peut citer les fuites de carburant, ou le carburant restant dans le réservoir, qui présentent un risque d'incendie ; l'huile répandue qui peut rendre les surfaces glissantes et causer des chutes ; l'énergie électrique stockée dans la batterie ; ou le verre brisé, qui peut causer une crevaison ou des risques de coupures.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

25.3 Combustibles dans les feux de véhicules.

De nombreux matériaux et produits peuvent constituer la première matière enflammée, lors d'un feu de véhicule à moteur. Ceci comprend ; les carburants, les fluides de transmission, de direction assistée, et de freins ; les fluides de refroidissement ; les lubrifiants ; le lave-glace ; les vapeurs émises par la batterie ; et les matériaux constitutifs de l'habitacle, le contenu au niveau de l'habitacle ou du coffre. Une fois le feu démarré, n'importe laquelle de ces matières peut alimenter l'incendie, affecter la vitesse de développement du feu et l'entretenir jusqu'à destruction complète.

25.3.1 Liquides inflammables. Les liquides inflammables sont utilisés dans les véhicules à moteurs, et peuvent être associés aux feux de véhicules. Ces liquides sont susceptibles d'entrer en contact avec une source d'ignition, résultant du dysfonctionnement d'un des systèmes du véhicule, de dommages sur un ou plusieurs dispositifs contenant ces liquides consécutivement à un accident de la route, ou d'un acte volontaire. Le tableau 25.3.1 présente une sélection des propriétés physiques et des caractéristiques d'inflammabilité des liquides inflammables utilisés dans les véhicules à moteur. La capacité d'un liquide à s'enflammer dépend des propriétés du liquide, de son état physique, de la nature de la source d'ignition, et d'autres paramètres relatifs au véhicule. Les valeurs du point d'éclair et de la température d'auto-inflammation du tableau 25.3.1 ont été mesurées lors d'essais de laboratoires ; ces valeurs ne sont généralement pas directement applicables à l'inflammation de ces liquides dans des véhicules à moteurs. Le véhicule et l'environnement affectent la température de surface requise pour atteindre la température d'auto-inflammation dans les véhicules à moteurs. Parmi les différents paramètres, on peut citer ; le flux d'air, le temps de contact entre le liquide et la surface chaude, et la composition du matériau, sa masse, sa forme, et la texture de la surface chaude. L'auto-inflammation d'un liquide, en contact avec une surface chaude, requiert généralement une température nettement plus élevée, que la température d'auto-inflammation, mesurée en laboratoire

25.3.1.1* Inflammation par une surface chaude. Les surfaces chaudes présentes dans un véhicule automobile peuvent avoir une température suffisante pour auto-enflammer les liquides inflammables qu'on trouve couramment dans ces véhicules. On qualifie ce type d'auto-inflammation : inflammation par surface chaude. Il existe une différence entre la température d'auto-inflammation, qui est une caractéristique d'un liquide déterminée par des méthodes d'essais normalisées, et la température d'inflammation par surface chaude, qui n'est pas une propriété caractéristique. Des essais ont montré que les températures d'inflammation par surface chaude des liquides courants présents sur un véhicule peuvent être substantiellement plus élevées que les températures d'auto-inflammation rapportées dans la littérature. Par exemple une étude montre que la température d'inflammation par surface chaude de l'essence automobile est de 354°C (670°F) alors que la température d'auto-inflammation pour l'essence automobile rapportée dans la littérature varie entre 257 et 280°C (495–536°F) comme indiqué sur le tableau 25.3.1.

25.3.2 Combustibles gazeux. Les carburants alternatifs tels que le propane, l'hydrogène, et le gaz naturel comprimé, trouvent des applications croissantes pour les flottes de véhicules et les poids lourds, ainsi que pour certains véhicules spécifiques. On trouve aussi du propane à bord de la majorité des véhicules de loisirs comme combustible pour cuisiner, et chauffer et comme fluide frigorifique. Les batteries humides, à l'acide et au plomb sont susceptibles de produire de l'hydrogène, qui peut être émis en phase de charge ou suite à une collision. On peut trouver des quantités plus importantes de ces gaz sur de plus grands véhicules, des véhicules avec des batteries qui alimentent un moteur électrique, ou comme chargement. Les gaz peuvent être stockés à l'état liquide sous pression, et ils redeviennent gazeux lorsqu'ils sont relâchés. Le tableau 25.3.2 présentent certaines caractéristiques des combustibles gazeux. Les publications suivantes, apportent des informations supplémentaires sur ce sujet :

(1) Crowl, D. and J. Louvar, Chemical Process Safety Fundamentals with Applications 2nd ed.

(2) NFPA 49, Hazardous Chemical Data.

(3) Glassman, I., *Combustion*, 3rd ed.

(4) Sax, N. I., and R. J. Lewis, Dangerous Properties of Industrial Materials, 7th ed.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Tableau 25.3.1 Propriétés des liquides inflammables

	Point d'éclair [a]		Température d'auto-inflammation [b]		Limites d'inflammabilité [c]		Point d'ébullition [d]				Densité de vapeur [e]
							PEI		PEF		
Liquide	°C	°F	°C	°F	LII %	LSI %	°C	°F	°C	°F	(Air = 1)
Essence auto	-45 to -40	-49 to -40	257–280	495–536	1.4	7.6	26–49	78–120	171–233	339–452	3–4
Gazole (diesel #2)	38–62	100–145	254–260	489–500	0.4	7	127–232	260–450	357–404	675–760	5–6
Liquide de freins	110–171	230–340	300–319	572–606	1.2	8.5	232–288	111–142	460–550	238–288	5–6
Liquide de direction assistée	175–180	347–356	360–>382	680–>720	1	7	309–348	588–658	507–523	945–973	>1
Huile moteur	200–280	392–536	340–360	644–680	1	7	299–333	570–631	472–513	882–955	>1
Huile de boîte de vitesse	150–270	302–510	>382	>716	1	7	316–371	601–700	>525	>977	>1
Fluide de boîte automatique	150–280	302–536	330–>382	626–>716	1	7	239–242	462–468	507–523	945–973	>1
Éthylène glycol (antigel)	110–127	230–261	398–410	748–770	3.2	15.3	196–198	385–388			2.1
Propylène glycol (antigel)	93–107	199–225	371–421	700–790	2.6	12.5	187–188	369–370			2.6
Méthanol (lave-glace)	11–15	52–55	464–484	867–903	6	36	65	149			1.1

[a]Les valeurs des points d'éclair sont issues des fiches techniques et des fiches de données de sécurité provenant des fabricants et des fournisseurs des principales marques de chaque type de produit disponible aux États-Unis. Les points d'éclair de l'essence automobile, mentionnés dans les sources précédemment évoquées, ont été mesurés selon l'ASTM D 56. Les points d'éclair du gazole, des liquides de freins, des liquides de direction assistée, des huiles moteur, des fluides de transmission, des liquides de boîte de vitesse, de l'éthylène glycol (antigel), du propylène glycol (antigel), et du méthanol ont été mesurés selon les normes ASTM D 56, ASTM D 92, et ASTM D 93.

[b]Les températures d'auto-inflammation de l'essence automobile, du gazole, du liquide de freins, de l'éthylène glycol, du propylène glycol, et du méthanol sont issues des fiches techniques et des fiches de données de sécurité provenant des fabricants et des fournisseurs des principales marques de chaque type de produit disponible aux États-Unis. Les sources ne font pas mention de la méthode d'essai utilisée pour mesurer la température d'auto-inflammation ; cependant, l'ASTM E 659 est la méthode de laboratoire typiquement utilisée pour déterminer la température d'auto-inflammation. Les températures d'auto-inflammation du fluide de direction assistée, de l'huile moteur, de l'huile de boîte de vitesse, et du fluide de transmission automatique ont été mesurées selon la norme ASTM E 659.

[c]Les limites d'inflammabilité sont issues des fiches techniques et des fiches de données de sécurité, provenant des fabricants et des fournisseurs des principales marques de chaque type de produit disponible aux États-Unis. Ces sources ne font pas mention de la méthode d'essai utilisée pour mesurer les limites d'inflammabilité ; cependant, la norme ASTM E 681 est une méthode d'essai de laboratoire typiquement utilisée pour déterminer la limite inférieure d'inflammabilité (LII) et la limite supérieure d'inflammabilité (LSI).

[d]Les valeurs de la fourchette d'ébullition de l'essence automobile sont extraites de « the Alliance of Automobile Manufacturers annual North American survey of gasoline properties for 2003 ». Les valeurs de la fourchette d'ébullition, rapportées dans cette étude, ont été déterminées selon la norme ASTM D 86. Les valeurs de la fourchette d'ébullition du gazole sont issues des fiches techniques et des fiches de données de sécurité provenant des fabricants et des fournisseurs des principales marques de chaque type de produit disponible aux États-Unis. Ces sources ne font, généralement, pas mention de la méthode d'essai utilisée pour déterminer la fourchette d'ébullition du gazole. Les fourchettes d'ébullition du liquide de freins, du liquide de direction assistée, de l'huile moteur, de l'huile de boîte de vitesse, et du fluide de transmission automatique ont été déterminées selon la norme ASTM D 2887. Les valeurs de point d'ébullition de l'éthylène glycol, du propylène glycol, et du méthanol sont issues des fiches techniques et des fiches de données de sécurité provenant des fabricants et des fournisseurs de ces produits chimiques. Ces sources ne font pas mention de la méthode d'essai utilisée pour mesurer le point d'ébullition. Dans le tableau, le PEI et le PEF sont, respectivement le point d'ébullition initial et le point d'ébullition final.

[e]Les densités de vapeurs sont issues des fiches de données de sécurité, provenant des fabricants et des fournisseurs de ces produits.

*Les études comprennent notamment les suivantes ;

1. Arndt, S.M., Stevens, D.C., and Arndt, M.W., « The Motor Vehicle in the Post-Crash Environment, An Understanding of Ignition Properties of Spilled Fuels, » SAE 1999-01-0086, International Congress and Exposition, Detroit, MI, March 1–4, 1999.
2. LaPointe, N.R., Adams, C.T., and Washington, J, « Autoignition of Gasoline on Hot Surfaces » *Fire and Arson Investigator*, Oct. 2005 : pp. 18–21.
3. Colwell, J.D. and Reze, A. « Hot Surface Ignition of Automotive and Aviation Fluids, » *Fire Technology*, Second Quarter 2005, pp. 105–123.
4. API PUBL 2216, *Ignition Risk of Hydrocarbon Vapors by Hot Surfaces in the Open Air*.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Tableau 25.3.2 Caractéristiques des combustibles gazeux dans un véhicule à moteur

	Température d'auto-inflammation		Limites d'inflammabilité (Vol. % fuel dans l'air)		Point d'ébullition		Densité (Air)	
Gaz	°C	°F	LII	LSI	°C	°F	Densité des vapeurs (air =1)	Énergie minimale d'inflammation (mJ)
Hydrogène	40-572	752-1061	4.0	75.0	–253	–422	0.07	0.018
Gaz naturel (méthane)	632-650	1169-1202	5.3	15.0	–162	–259	0.60	0.280
Propane	450-493	842-919	2.2	9.5	–42	–44	1.56	0.250

Note ; Les données fournies dans ce tableau s'appliquent aux produits de façon générique ; elles peuvent ne pas correspondre aux valeurs d'un produit spécifique. Lorsque c'est possible, les valeurs du produit spécifique concerné, devraient être obtenues à partir des fiches de données de sécurité, des spécifications du produit, ou par des méthodes d'essais normalisées.

Tableau 25.3.3.1 Plastiques couramment présents dans les véhicules à moteur

	Température* d'inflammation		Température de fusion		ΔH_c	Puissance maximale†	
Matériau	°C	°F	°C	°F	kJ/g	kW/m^2	Emplacement dans le véhicule
Fibres acryliques	560	1040	90-105	194-221	28	300	Revêtement de sols
ABS	410	770	88-125	190-257	29	614-683	Panneaux de carrosserie
Fibres de verre (résine polyester)	560	1040	428-500	802-932			La résine brûle mais pas le verre
Nylon	413-500	775-932	220-265	428-509			Panneaux de carrosserie
					28	517-593	Aménagement intérieur, équipements de fenêtres, système d'allumage, climatisation, châssis
Polycarbonate	440-522	824-972	265	510	22	16	Tableau de bord, châssis, phares
Polyéthylène	270-443	518-830	115-137	240-280	40	453-913	Isolants des câbles, réservoir de carburant, couvercle de batterie
Polypropylène	250-443	482-829	160-176	320-350	43	377-1170	Résonateur, châssis, durites d'air, climatisation, couvercle de batteries
Polystyrène	346-365	655-689	120-240	248-465	36	723	Isolant, rembourrage, aménagement intérieur
Polyuréthane	271-378	520-712	120-160	248-320	18	290	Sièges, accoudoirs, rembourrage, aménagement intérieur
Vinyl (PVC)	250-430	482-806	75-105	167-221	11	40-102	Isolants des câbles, garnitures, climatisation, isolant de parois

*Température d'inflammation avec flamme pilote. Typiquement, la température d'auto-inflammation (TAI) est plus élevée que la température d'inflammation avec flamme pilote.

† Sous un flux rayonné incident de 20 kW/m^2 au cône calorimètre selon la norme ASTM E 1354.

Lide (ed.), *Handbook of Chemistry and Physics.*

Hilado, *Flammability Handbook for Plastics.*

ASM Engineered Materials Reference Book, 2nd Ed., M. Bauccio ed. ASM Int'l, Materials Park, OH, 1994.

NFPA Fire Protection Handbook, Tables 3.13A and A.6 (17th edition).

Babrauskas, V. *Ignition Handbook*, Table 15, Fire Science Publishers, Issaquah, WA, 2003.

Cole, L., *Investigation of Motor Vehicle Fires*. Lee Books. Novato, CA : 1992.

Harper, Charles, *Handbook of Building Materials for Fire Protection*, McGraw-Hill Handbooks, 2004.

Note : Les données fournies dans ce tableau s'appliquent aux produits de façon générique ; elles peuvent ne pas correspondre aux valeurs d'un produit spécifique. Les propriétés thermiques et les caractéristiques de combustion dépendent de la composition, de l'épaisseur, et/ou de l'orientation. Lorsque c'est possible, les valeurs du produit spécifique concerné, devraient être obtenues auprès du fournisseur ou par des méthodes d'essais normalisées.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

25.3.3 Combustibles solides.

25.3.3.1 De nombreux plastiques combustibles peuvent être facilement enflammés, lorsqu'ils sont soumis à une source d'ignition. Ces plastiques peuvent brûler en libérant une puissance similaire à celles des liquides inflammables. Les matériaux thermoplastiques se ramollissent ou coulent en générant des gouttelettes enflammées. Suivant la composition et l'orientation du plastique, les gouttes enflammées peuvent contribuer à propager le feu. Le tableau 25.3.3.1 rassemble les caractéristiques des plastiques, typiquement mis en œuvre dans les véhicules à moteurs. La chaleur générée lors de frottements peut suffire à enflammer les courroies de distribution, les paliers d'embrayage, les lubrifiants, ou les pneus. La plupart des combustibles métalliques et de leurs alliages ont besoin d'être à l'état de poudre ou fondu pour brûler. Le magnésium à l'état solide, qui est présent dans de nombreux véhicules, peut s'enflammer et brûler de façon vive. Même à partir d'un petit feu initial, les combustibles solides peuvent contribuer de façon significative à augmenter la vitesse de développement du feu et l'étendue des dommages.

25.3.3.2 Les investigateurs ne devraient pas interpréter la présence de métal fondu comme un indice de la mise en œuvre d'un liquide inflammable, en croyant que seul un liquide inflammable peut générer des températures suffisamment élevées. Les combustibles courants et les liquides inflammables ont des températures de flamme proches. Dans bien des cas, des alliages sont utilisés à la place du métal pur. La température de fusion d'un alliage est généralement inférieure à celle de ses constituants. La composition réelle d'une pièce en métal et sa température de fusion devraient être déterminée avant de tirer la moindre conclusion du fait qu'il ait fondu. La constitution d'un alliage peut se produire au cours d'un incendie. Par exemple, le zinc, qui a une température de fusion basse, peut couler sur un conducteur ou un tube en cuivre, et former un alliage, qui fond à une température inférieure à la température de fusion du cuivre. De la même façon, de l'aluminium en fusion peut couler sur une feuille d'acier, donnant l'apparence de la fusion de la feuille d'acier. La spectroscopie d'énergie dispersive (EDS) peut être mise en œuvre, en vue de déterminer de façon non-destructive, la composition des composants métalliques, après un feu de véhicule. Le tableau 25.3.3.2 présente les métaux et les alliages typiquement présents dans un véhicule et leur température de fusion

Tableau 25.3.3.2 Températures de fusion des métaux couramment trouvés dans les véhicules à moteur

	Température de fusion	
	°C	°F
Zinc coulé sous pression	300–400	562–752
Magnésium	650	1202
Aluminium	660	1220
Alliages d'aluminium	566–650	1050–1200
Cuivre	1082	1981
Fonte		
Grise	1350–1400	2460–2550
Blanche	1050–1100	1920–2010

Voir aussi le tableau 6.8.1.1, et le tableau 3.13A du *NFPA Fire Protection Handbook*, (17th edition).

25.4 Sources d'ignition.

Dans la plupart des cas, les sources d'énergie d'inflammation dans les incendies de véhicules à moteur sont similaires à celles à l'origine des feux de bâtiments telles que des arcs électriques, des étincelles issues de frottements mécaniques, des câbles surchargés, des flammes nues, et des foyers couvants. Il existe, cependant certaines sources spécifiques, qu'il faut prendre en compte, telles que les surfaces chaudes d'un système d'échappement. Ce système peut comprendre ; le collecteur d'échappement, le tuyau d'échappement, un ou plusieurs convertisseurs catalytiques, les silencieux et la sortie d'échappement. D'autres surfaces chaudes pouvant constituer des sources d'ignition sont notamment ; les freins, les paliers d'embrayage, et le turbocompresseur. Certaines de ces sources d'ignition peuvent être difficiles à identifier après un incendie, aussi il en est fourni une description des paragraphes 25.4.1 à 25.4.5 pour aider à les reconnaître.

25.4.1 Flammes nues. La source la plus courante de flamme nue, dans un véhicule, est un retour de flamme en sortie de carburateur. La propagation se produira rarement, si le filtre à air est correctement positionné. Toutefois, les véhicules modernes ont des systèmes d'injection de carburant, ce qui élimine le carburateur. Des allumettes brûlant encore ou des matériaux incandescents sont susceptibles de mettre le feu, à des débris dans le cendrier. Dans les véhicules de loisirs, les flammes pilotes des équipements ou les brûleurs allumés sur les cuisinières, les fours, les chauffe-eau, etc. constituent des sources d'ignition à flamme nue.

25.4.2 Sources électriques. Lorsque le moteur ne tourne pas, la seule source d'énergie électrique disponible est la ou les batterie(s). Un nombre limité de composants restent électriquement connectés à la batterie, même si le démarreur n'est pas en fonctionnement et que le moteur ne tourne pas. Ces composants comprennent ; la génératrice, (l'alternateur) le démarreur, le boîtier relais/fusibles

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

situé sous le capot, la télécommande de démarrage, quelques accessoires installés après-vente, l'allume-cigare, les sièges motorisés, les vitres électriques, la fermeture centralisée, l'éclairage, les rétroviseurs motorisés, ou la commande d'allumage ; tous ces équipements sont susceptibles de générer des défauts, lorsque le moteur est à l'arrêt. Sur un véhicule qui roule, il y a beaucoup d'autres sources d'énergie électrique potentielles. Les fusibles, les disjoncteurs et les connexions fusibles protègent les circuits électriques dans les véhicules à moteur. En courant continu, le châssis, la carrosserie, et le moteur sont connectés à la borne négative de la batterie pour créer une mise à la terre. La borne positive de la batterie alimente le boîtier relais/fusibles et tout l'équipement électrique. Cela signifie qu'un équipement électrique peut n'être physiquement connecté qu'avec un seul câble, mais sa liaison avec les parties métalliques du véhicule ferme le circuit vers la borne négative de la batterie (terre). Cela signifie aussi, que le cheminement vers la terre n'est pas toujours évident. Lorsqu'un conducteur, une partie terminale ou un composant conducteur, relié à la borne positive sous tension, touche une surface reliée à la terre, on crée un circuit fermé.

25.4.2.1 Les véhicules de loisirs possèdent, à bord, à la fois des batteries auxiliaires, et des câbles électriques, comme les autres véhicules à moteur. Ils peuvent également être équipés, avec des équipements et des circuits en courant alternatif comme une maison. Les véhicules de loisirs peuvent posséder un transformateur-redresseur, qui transforme le 120 V alternatif en 12 V continu, ainsi qu'un transformateur-alternateur qui transforme le 12 V continu en 120 V alternatif. Dans certains cas, ces deux matériels sont combinés dans un seul équipement. Les véhicules de loisirs peuvent être alimentés en 120 V alternatif à partir d'une source externe, via un câble d'alimentation ou par un groupe électrogène. En outre, les véhicules de loisirs peuvent avoir la possibilité d'utiliser le 120 V alternatif en roulant.

25.4.2.2 Câbles en surcharge. Les câbles en surcharge peuvent poser problème, lorsque le courant qui circule dans ces câbles est plus important, que ce qu'ils peuvent transporter en toute sécurité. Ceci peut permettre à la température du conducteur de monter jusqu'à l'inflammation de l'isolant, en particulier dans un ensemble de câbles, tel que le faisceau multicâbles, où la chaleur générée ne peut pas vraiment se dissiper. Ceci peut parfois se produire sans déclencher les dispositifs de protection du circuit, si ceux-ci ne sont pas correctement dimensionnés. Des défauts et des défaillances mécaniques, des équipements alimentés en courant fort, tels que les moteurs de sièges mécanisés, les moteurs de vitres automatiques, et les systèmes de chauffage pour sièges et vitres, peuvent aussi conduire à l'inflammation des isolants, de la moquette, ou de matériaux combustibles, qui peuvent avoir été placés sous les sièges. Certains véhicules sont équipés de sièges, qui sont chauffés par des résistances chauffantes. Sur certains sièges, un défaut peut créer un circuit plus court que le circuit prévu, conduisant à une augmentation de la température de surface, qui pourrait démarrer un feu. L'ajout d'accessoires supplémentaires, peut aussi générer une surcharge, sur le câblage de l'équipement d'origine. Des équipements demandant une puissance importante, peuvent avoir été installés dans le véhicule ; ils peuvent être protégés par un fusible de calibre trop élevé ou ne pas avoir de fusible du tout.

25.4.2.3 Résistance de contact. Des résistances de contact sont susceptibles de se produire, lorsqu'il existe un défaut de connexion entre les conducteurs des câbles et l'équipement terminal ou sur d'autres connexions entre les conducteurs. Sur une connexion lâche, on peut observer des arcs intermittents, lorsqu'une charge est positionnée dans le circuit. Une résistance de contact fait diminuer le courant qui traverse le circuit. Elle génère des températures importantes, mais ne fait pas déclencher les protections électriques, telles que les fusibles ou les disjoncteurs. S'il y a eu une résistance de contact, les indices d'une telle situation seront souvent présents après l'incendie. Les températures au niveau de la résistance de contact seront souvent suffisamment importantes pour éventuellement mettre le feu aux matériaux isolants des câbles.

25.4.2.4 Courts-circuits et arcs électriques. Un court-circuit peut se produire lorsque l'isolant du conducteur électrique est usé, coupé, cassant, éraflé ou a subi tout autre dommage, permettant au conducteur d'entrer en contact avec une surface reliée à la terre. Un court-circuit, si les protections ne sont pas adaptées, peut occasionner un échauffement important et un arc ou une décharge électrique. Au cours d'un choc, des courts-circuits et des arcs (décharge électrique) peuvent se produire consécutivement à l'écrasement, à l'étirement, et à la rupture des conducteurs des câbles. Certains câbles, tels que les câbles de batterie et ceux du circuit de démarrage, ne sont pas protégés contre les surintensités, et transportent de très fortes intensités. Un examen de la batterie devrait être réalisé, pour y rechercher d'éventuelles traces de choc.

25.4.2.5* Arc électrique à travers un isolant carboné. Lorsque l'on applique une tension à travers un matériau isolant, il peut se produire un court-circuit, par claquage de l'isolant, voir le paragraphe 8.9.4.5. Le phénomène se produit plus rapidement, si la surface est contaminée par du sel (pour les routes) ou par d'autres matériaux conducteurs. Ce phénomène peut être observé sur des circuits électriques 12 V.

25.4.2.6* Ampoules électriques et filaments. Les surfaces des ampoules peuvent être suffisamment chaudes, pour enflammer des matériaux combustibles à leur contact. Le filament, des ampoules brisées, peut aussi constituer une source d'ignition, pour les vapeurs, en particulier celles émises par l'essence auto. Les filaments des ampoules de phares, en fonctionnement normal, ont des températures de l'ordre de 1400°C (2550°F). Toutefois, la plupart des filaments se trouvent sous vide ou sous atmosphère inerte. Lorsque le

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

filament est exposé à l'air libre, il continuera à fonctionner quelques secondes, puis brûlera. Dès que le filament casse, la source d'ignition disparaît.

25.4.2.7 Sources électriques externes utilisées dans les véhicules. Alors que la plupart des sources électriques des véhicules se trouvent à l'intérieur du véhicule, il existe des situations, où une énergie électrique externe est fournie au véhicule. Des exemples de ces sources peuvent être ; les câbles de liaison électrique sur les véhicules de loisirs et les remorques, les « chauffe-moteurs », le chauffage de l'intérieur des véhicules, et les chargeurs de batteries. De nombreux véhicules, utilisés dans les pays froids, ont un chauffe-moteur électrique, pour réchauffer l'huile moteur ou le liquide de refroidissement, afin de démarrer plus facilement. Ce type de chauffage, possédant un cordon d'alimentation, est, en général, un équipement permanent, sur le véhicule. L'examen du cordon d'alimentation électrique devrait être réalisé, le cas échéant, car une surcharge, ou un dommage sur le cordon, ou une défaillance de l'équipement pourrait être la cause de l'incendie. La mise en œuvre inadaptée d'une source d'électricité externe pourrait occasionner des dommages aux équipements du véhicule, aboutissant à une défaillance, et peut-être à un incendie. Lorsqu'un camping-car est raccordé à une source d'énergie externe, les câbles d'alimentation peuvent être examinés, afin de rechercher d'éventuelles traces de départ de feu.

25.4.3 Surfaces chaudes.

25.4.3.1* Le système d'échappement peut se trouver à une température suffisamment élevée pour enflammer un produit combustible y compris les liquides inflammables présents dans le compartiment moteur. Le fluide de transmission automatique, en particulier s'il est chaud du fait, d'une transmission trop sollicitée en raison d'une charge tractée trop importante, peut s'enflammer sur un collecteur chaud. L'huile moteur et certains liquides de freins (DOT 3et4), qui coulent sur un collecteur chaud, peuvent aussi s'enflammer. Lorsqu'un véhicule est soudainement arrêté, son moteur coupé, le délai, pour que la différence de température au niveau du collecteur d'échappement entre sa température initiale au moment de l'arrêt et la température ambiante, se réduise de 80 pour cent est typiquement de 20 à 30 minutes. Alors que le collecteur d'échappement commence à se refroidir immédiatement après l'arrêt du véhicule et du moteur, les constituants internes du pot catalytique subissent généralement une élévation de température qui dure quelques minutes avant de commencer à se refroidir. La durée, pour que la différence de température, au niveau des constituants internes du pot catalytique, entre la température moyenne en régime et la température ambiante se réduise de 80 pour cent, varie entre 45 minutes et plus de 90 minutes. Si du carburant non brûlé s'écoule dans le système d'échappement, la température du pot catalytique peut augmenter car le carburant est alors oxydé à l'intérieur du pot catalytique. Ces fluides ne peuvent s'enflammer que peu de temps après que le véhicule se soit arrêté. Ce type de départ de feu est dû à l'arrêt, de la circulation de l'air, dans le compartiment moteur, qui disperse les vapeurs et refroidit les surfaces chaudes du moteur. Sur la plupart des véhicules, la surface du conduit, juste en amont du pot catalytique est à une température plus élevée que le pot catalytique lui-même.

25.4.3.2 En principe, l'essence automobile ne s'enflamme pas au contact d'une surface chaude, mais nécessite un arc, une étincelle, ou une flamme nue pour prendre feu. Même si l'inflammation de vapeurs d'essence par une surface chaude est difficile à reproduire, un tel phénomène ne devrait pas être totalement écarté. Comme mentionné par LaPointe, et al., l'inflammation de liquides, par une surface chaude, à l'air libre, n'est pas observée, avant que la température de surface, n'atteigne plusieurs centaines de degrés au-dessus de la température d'auto-inflammation référencée dans les publications. L'inflammation des liquides par des surfaces chaudes est influencée et déterminée par de nombreux facteurs, et pas uniquement, par la température d'auto-inflammation. Ces facteurs sont notamment ; la ventilation ; les conditions ambiantes telles que l'humidité, la température et les mouvements d'air ; et les propriétés physiques des fluides telles que la température d'auto-inflammation, le point d'éclair, le point d'ébullition, la tension de vapeur, et la vitesse d'évaporation. D'autres facteurs concernent ; la rugosité de la surface chaude, le type de matériau, et le temps de contact du liquide avec la surface chaude.

25.4.4 Étincelles produites par frottement mécanique. Le contact métal contre métal (acier, fer, ou magnésium) ou métal contre un revêtement routier, peut générer des étincelles, par frottement mécanique, ayant suffisamment d'énergie pour enflammer des gaz, des vapeurs, et/ou des liquides à l'état pulvérisé. Le contact métal-métal peut se produire au niveau des roulements, des arbres ou de l'engrenage, par exemple. Le contact du métal avec la surface de la route implique typiquement la rupture d'un composant, tel qu'un arbre, une pièce du pot d'échappement, ou la jante d'une roue après la perte d'un pneu ou dans un accident. Les contacts métal-métal ou métal-route requièrent que le véhicule soit en mouvement. Les étincelles générées à des vitesses aussi faibles que 8 km/h (5 mph) peuvent atteindre des températures de 800°C (1470°F) (étincelles de couleur orange). Des vitesses plus élevées produisent des étincelles blanches ayant des températures de l'ordre de 1200°C (2190°F). Les étincelles, produites par le contact entre l'aluminium et la route, ne constituent pas une source d'ignition efficace, pour la plupart des matériaux, en raison de la température de fusion relativement faible de l'aluminium. La petite taille (masse) des particules étincelantes limite la quantité d'énergie disponible pour enflammer les matériaux à leurs contacts. En plus, les étincelles refroidissent vite, en particulier lorsqu'elles se déplacent dans l'air, ce qui

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

limite davantage la vitesse de transfert thermique vers les matériaux à leur contact. Pour ces raisons, il est difficile pour des étincelles d'enflammer des matériaux solides.

25.4.5 Matériaux braisants. Les tissus et les matériaux de revêtement intérieur, des véhicules modernes s'enflamment, généralement, difficilement, avec une cigarette allumée. L'inflammation peut se produire si la cigarette allumée est entourée de papier, de tissu, et/ou d'autres débris de combustible, ou si le matériau des sièges vient en contact avec une flamme nue. La mousse de polyuréthane, matériau constitutif typique des coussins de sièges, brûle facilement, une fois enflammée avec une flamme, et participe de façon substantielle à la puissance d'un feu de véhicule.

25.5 Identification et fonction des équipements.

Chaque équipement dans un véhicule à moteur a une fonction spécifique. Tous les véhicules à moteur n'ont pas les mêmes équipements ; cependant, de nombreux systèmes fonctionnent de manière similaire. Il est essentiel d'être familier avec ces équipements, pour mener des investigations correctes sur un véhicule à moteur. Si l'investigateur ignore comment un équipement fonctionne, il ne sera pas capable de déterminer, si cet équipement a présenté un dysfonctionnement ou a été endommagé, et si cette défaillance ou ces dommages auraient pu être responsables de l'incendie. Presque tous les véhicules à moteur ont une sorte de manuel de réparation. La plupart de ces manuels présentent les équipements spécifiques au véhicule concerné. Il existe, également, de nombreux guides permettant de faire un diagnostic des problèmes susceptibles de se produire. On peut trouver ces publications sur internet, dans les librairies, dans les bibliothèques municipales, dans les magasins de pièces détachées pour l'automobile, et chez le constructeur. Il faudrait utiliser les documents publiés par le constructeur, autant que possible, car ils fournissent l'information la plus complète, qui soit disponible.

25.5.1 Systèmes de carburation. Pour les véhicules à moteur fonctionnant à l'essence, il existe deux principaux systèmes de carburation ; le système sous vide ou sous pression réduite avec carburateur, et le système d'injection sous haute pression. Les deux systèmes comprennent ; un réservoir de carburant, des durites, et une pompe à carburant pour amener l'essence au moteur. Une fois que l'essence a été délivrée au moteur, elle est pulvérisée, comprimée, et brûlée.

25.5.1.1 Systèmes sous vide ou sous pression réduite avec carburateur. Pour les systèmes sous vide/pression réduite, le carburant est normalement soutiré du réservoir de carburant, à l'aide d'une pompe faisant partie du moteur. Cette pompe ne fonctionne, que si le moteur tourne. Le carburant est ensuite pompé sous 20 kPa à 35 kPa (3 psi à 5 psi) vers le bol du carburateur. Le carburant est aspiré du bol vers le venturi,, par le vide créé par l'accélération de l'air passant dans la gorge du venturi. Dans le venturi le carburant est mélangé avec l'air dans un ratio d'environ 15 pour 1. Le mélange carburant-air est alors aspiré dans la chambre de combustion, par la soupape d'admission. Le piston comprime le mélange et une étincelle l'enflamme. Les problèmes potentiels avec ce système se produisent typiquement du côté pressurisé. Si une fuite se produit côté pression réduite, de l'air est aspiré dans le système, et le véhicule ne pourra pas rouler. Les fuites, côté pressurisé, peuvent, cependant, prendre la forme d'un brouillard fin ou d'un jet important. Les fuites peuvent se produire sur une durite ou au niveau du carburateur ; elles ont généralement lieu aux entrées et sorties du compartiment moteur. S'il se trouve une source d'ignition à proximité, un feu peut démarrer. Si une durite est endommagée, par un feu initié par ailleurs, le carburant peut contribuer significativement au développement de l'incendie, le système de carburant pouvant alors apparaître comme la cause du feu. Il faudrait garder en mémoire que sur certains véhicules, vendus avec une pompe mécanique, la pompe a pu être remplacée par une pompe électrique. Si la pompe mécanique ne semble pas connectée à la durite de carburant, une pompe électrique peut être en service.

25.5.1.2* Systèmes d'injection de carburant sous haute pression. Dans un système d'injection de carburant sous haute pression, le carburant provenant du réservoir, est pompé sous des pressions comprises entre 240 kPa et480 kPa (35 psi to 70 psi). Cette aspiration est réalisée à l'aide d'une pompe électrique située dans ou à proximité du réservoir de carburant. Cette pompe est sous tension, dès que la clé de contact est en position « marche ». La plupart des modèles récents possèdent une pompe électrique de carburant, dont la commande est intégrée dans la gestion électronique du moteur. Cet ordinateur de bord est conçu pour arrêter la pompe lorsque le moteur ne fonctionne pas. Certains véhicules sont également équipés d'un commutateur avec capteur inertiel.

Ce commutateur arrête la pompe en cas de choc sévère. Le carburant est pompé vers un injecteur à simple venturi ou vers un distributeur de carburant sur le moteur. L'injecteur à simple venturi est, en général, monté à l'intérieur d'un dispositif, qui ressemble à un carburateur. Le carburant est injecté (pulvérisé) de façon bien plus contrôlée, que dans un carburateur, ce qui accroît les économies de carburant et la puissance. De plus, en délivrant un mélange carburant-air stable, cet injecteur réduit la pollution. Le distributeur est un tube situé au-dessus du moteur, permettant de délivrer du carburant à pression et débit constants, aux injecteurs montés sur les cylindres. Ces deux types de systèmes haute pression peuvent aussi comprendre un système de retour du carburant. Le système de retour de carburant, ramène le carburant non-consommé vers le réservoir sous une pression généralement bien plus faible que celle de la ligne d'alimentation, typiquement de l'ordre de 20 kPa à 35 kPa (3 psi to 5 psi). Certains véhicules sont équipés de dispositifs, au niveau des lignes

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

d'alimentation et de retour carburant, conçus pour éviter que le carburant contenu dans le réservoir ne pénètre dans ces lignes, lorsque la pompe est arrêtée. Des fuites sont susceptibles de se produire sur ces équipements. Lorsqu'une fuite survient, le système sous pression peut générer un jet d'une longueur de l'ordre d'un mètre. Si la fuite a lieu côté alimentation, des problèmes au niveau du fonctionnement peuvent être remarqués par le conducteur. Ces fuites sont susceptibles d'occasionner une piètre performance du véhicule, notamment des difficultés au démarrage, un fonctionnement aléatoire, et le calage du moteur. Une fuite de carburant, côté retour du système, en aval du régulateur de pression du carburant, peut passer inaperçue au niveau du fonctionnement du moteur, et par conséquent ne pas être détectée. Même les véhicules, dont le moteur est à l'arrêt, peuvent conserver une pression résiduelle dans le système carburant. Beaucoup de véhicules sont équipés d'un équipement de détection de passage de fluide, qui gère l'utilisation et le retour du carburant. Si le système détecte un déséquilibre, il va se mettre à l'arrêt. Un feu, qui prend naissance ailleurs, qu'au niveau du système carburant, s'il peut se développer sans être détecté, peut détruire les durites de carburant du véhicule. La pression résiduelle à l'intérieur de la durite d'alimentation en carburant, peut occasionner un épandage de carburant à partir du moment où la durite est détruite, cependant cet écoulement reste généralement faible. Les durites arrivant ou provenant du réservoir peuvent générer un effet de siphon, en cas de destruction ; cependant, les vannes de contrôle positionnées à l'intérieur du système d'alimentation en carburant, peuvent agir pour minimiser ou empêcher ce phénomène de contribuer à des fuites de carburant supplémentaires. Certains véhicules peuvent être équipés d'un système à deux pompes, constitué d'une pompe de relevage basse pression (dans le réservoir) et d'une pompe d'alimentation haute pression (située à l'extérieur du réservoir). Au cours d'un choc, si une durite de carburant est fuyarde, le phénomène de siphonage peut avoir lieu. Le siphonage dépend de plusieurs facteurs permettant un écoulement de carburant en continu, dont la rupture de la durite carburant, le niveau de carburant dans le réservoir, et l'orientation du véhicule. Les facteurs susceptibles de réduire ou d'empêcher le siphonage comprennent notamment ; la valeur de la pression ou le vide à l'intérieur du réservoir, et les pertes de charge telles que les pompes de carburant, les vannes de contrôle, et la défaillance de la durite de carburant. L'investigateur devrait faire attention à prendre en compte tous les éléments avant de conclure, que du carburant a été siphonné à partir d'une durite endommagée. L'investigateur devrait aussi savoir, que la pression interne du réservoir de carburant, créée lorsque le réservoir a été exposé à la chaleur d'un incendie, peut pousser le carburant contenu dans des durites ayant été précédemment endommagées soit par le choc, soit par l'incendie.

25.5.1.3 Systèmes carburant au gazole. Les véhicules fonctionnant au gazole, sont en principe, équipés de plusieurs pompes, pour délivrer le carburant du réservoir vers le moteur. Quelquefois, des pompes électriques de relevage sont installées, dans ou à côté du réservoir de gazole, ou bien des pompes mécaniques montées sur le moteur, sont utilisées. Ces pompes de relevage sont typiquement des dispositifs occupant un grand volume, et fonctionnant à basse pression. Elles amènent le carburant vers la pompe d'injection montée sur le moteur. La pompe d'injection du carburant dose et délivre le carburant à chaque cylindre, au moment approprié pour la combustion. L'air nécessaire à la combustion est amené par aspiration naturelle ou sous pression grâce à un turbocompresseur. Les systèmes d'alimentation en gazole sont, en principe, très robustes. Des fuites peuvent se produire aux garnitures rendues lâches par les vibrations du moteur. Bien que cela soit difficile, le gazole, dans certaines conditions, peut s'enflammer au contact avec une surface chaude. « L'emballement » des moteurs diesels est rare, mais cela peut se produire, si le véhicule fonctionne avec une atmosphère riche en carburant, ce qui peut être rencontré lorsque des vapeurs combustibles véhiculées par l'air sont injectées dans le système via l'alimentation en air du moteur. Le moteur peut s'emballer ou casser mécaniquement, avec inflammation éventuelle de l'atmosphère riche en combustible. La seule façon sûre, d'arrêter un moteur dans de telles circonstances est d'obturer l'alimentation en air contenant les vapeurs.

25.5.1.4 Gaz naturel. Le gaz naturel (gaz naturel comprimé pour véhicules, GNV) est stocké sous pression élevée, typiquement à 20.7 MPa (3000 psi). Les réservoirs sont pourvus d'une soupape de sécurité, qui se déclenche grâce à un fusible ayant une température de fusion de 124°C (255°F). La soupape est généralement installée en partie haute, pour fonctionner rapidement et évacuer le gaz plus léger que l'air. Dans les systèmes au gaz naturel, la pression est réduite en deux étapes. Il existe, en principe, deux vannes d'arrêt commandées électriquement, l'une près du réservoir, et l'autre avant le régulateur basse pression. Les deux vannes sont fermées, lorsque le moteur ne fonctionne pas. On peut trouver des informations supplémentaires sur les systèmes au gaz naturel dans la NFPA 54, *National Fuel Gas Code*.

25.5.1.5 Propane. Le propane est stocké à l'état liquide sous pression. Le carburant pour moteur est soutiré en phase liquide, alors que le combustible pour les installations est soutiré à l'état vapeur. En tant que carburant moteur, le propane s'écoule dans les durites en phase liquide. Toute fuite ou rupture au niveau de l'alimentation du moteur conduirait à l'évaporation rapide du liquide émis, accompagné généralement d'un brouillard de vapeur d'eau condensée. En tant que combustible pour les installations, on trouve du propane dans les véhicules de loisirs, pour la cuisine, le chauffage ou la réfrigération. Les vapeurs de propane cheminent à partir du réservoir directement vers un

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

régulateur de pression, qui diminue la pression de façon significative dans le réseau de distribution vers les équipements. Les investigations sur les incendies d'installations de combustion mettent en œuvre la plupart des techniques applicables aux feux de bâtiments. On peut trouver davantage d'informations sur les systèmes au propane gazeux dans la NFPA 58, *Liquefied Petroleum Gas Code.*

25.5.1.6 Turbocompresseurs. La turbo-compression consiste à utiliser une turbine pour augmenter la puissance générée par le moteur en augmentant la quantité d'air envoyé mécaniquement dans les cylindres. La turbine utilisée pour le compresseur peut tourner jusqu'à 100 000 tours par minute à plein régime. Le turbocompresseur utilise les gaz d'échappement pour la propulsion, et dans la plupart des cas, le turbocompresseur et le collecteur d'échappement sont les points les plus chauds à l'extérieur du moteur. La chaleur ainsi générée peut enflammer les carburants ainsi que d'autres matériaux combustibles. Les moteurs à essence et les moteurs diesels peuvent être turbocompressés, les nouvelles motorisations diesels étant presque toutes turbocompressées. Certains moteurs utilisent deux turbocompresseurs montés en série ou en parallèle. Les paliers centraux de l'arbre principal sont lubrifiés par l'huile de moteur à partir d'un tube distinct venant du côté pressurisé du système de lubrification du moteur. Une fuite sur ce tube ou sur la garniture peut pulvériser de l'huile sur l'enveloppe chaude du turbocompresseur ou sur le collecteur d'échappement, susceptible de conduire à l'inflammation de cette huile. Un arbre, qui casse, peut permettre à une grande quantité d'huile de fuir dans le conduit d'échappement, causant alors une surchauffe importante du pot catalytique, s'il en existe un. De l'huile peut aussi fuir en entrée du moteur et être brûlée par celui-ci.

25.5.2 Système de contrôle des émissions. La plupart des véhicules à moteur sont équipés avec un certain type de système de contrôle des émissions. Ce système permet de contrôler les émissions au niveau de l'échappement et les émissions par évaporation de carburant. Pour gérer les émissions au niveau de l'échappement, le système régule l'alimentation en carburant, le moment de l'étincelle, la recirculation des gaz d'échappement, la vitesse des pignons, et les changements de vitesse (pour les boîtes automatiques). Les composants les plus importants d'un système de motorisation à essence sont ; le capteur de débit d'air dans le moteur, les capteurs d'oxygène au niveau des gaz d'échappement chauds, la vanne de recirculation des gaz d'échappement, et le contrôle de la vitesse des systèmes d'entraînement.

25.5.2.1 Un capteur mesure le débit d'air dans le moteur. A partir de cette information, l'ordinateur de bord calcule la quantité de carburant correspondant à la demande du conducteur, et permettant de minimiser les émissions au niveau de l'échappement. Les capteurs d'oxygène, situés dans le système d'échappement, mesurent la concentration en oxygène dans les gaz d'échappement. Ce retour d'information vers l'ordinateur de bord permet de déterminer si la quantité de carburant envoyée, est correcte. L'ordinateur de bord peut alors réaliser des ajustements pour augmenter ou diminuer le débit de carburant. Une partie des gaz d'échappement, peut être renvoyée vers le moteur, par la vanne de recirculation des gaz d'échappement. Le rôle de cette vanne est de réduire la température de la chambre de combustion. Des températures de combustion plus faibles contribuent à diminuer la production d'oxydes d'azote (NOx), un gaz d'échappement indésirable. La vanne de contrôle de la vitesse des systèmes d'entraînement est située près de l'arrivée des gaz et permet à l'air de circuler autour des plateaux d'embrayage, lorsque ceux-ci sont fermés. En faisant varier ce débit, l'ordinateur de bord peut contrôler la vitesse des systèmes d'entraînement du moteur.

25.5.2.2 Le ratio air/carburant et le moment de l'étincelle sont aussi ajustés afin de contrôler les températures des gaz d'échappement. Le rapport stœchiométrique air/carburant pour l'essence est d'environ 14.6 livres d'air par livre de carburant. Fonctionner à des ratios air/carburant plus riches augmente le retard à l'allumage et conduit à des températures de gaz d'échappement plus basses. Ceci est exploité lors de conditions de conduite extrêmes telles que l'arrivée des gaz pleinement ouverte ou le remorquage d'une caravane.

25.5.2.3 Les émissions des véhicules par évaporation sont également contrôlées. Les émissions par évaporation correspondent à des vapeurs d'essence, qui s'échappent du système de carburant du véhicule. Le composant principal du système est le tube de charbon, qui peut se trouver dans le compartiment moteur ou près du réservoir de carburant. Le tube de charbon contient du charbon actif qui piège les vapeurs de carburant du réservoir. Ensuite, lorsque le véhicule roule, ces vapeurs sont envoyées vers le moteur pour être brûlées. Une vanne en ligne permet aux vapeurs de carburant de circuler, lorsque l'ordinateur de bord du véhicule le commande. Les problèmes potentiels sont relatifs à une fuite de vapeurs sur le tube de charbon actif ou sur les durites acheminant les vapeurs. Si la concentration en vapeur atteint la limite inférieure d'inflammabilité et si une source d'ignition est présente, un feu peut démarrer.

25.5.2.4 Système d'échappement. Le système d'échappement fait plus qu'évacuer les gaz d'échappement issus du moteur. Il participe aussi au système de contrôle des émissions. Le collecteur d'échappement est directement fixé sur le moteur. Il recueille les gaz d'échappement venant de chaque cylindre. Ce collecteur est généralement situé en-dessous du clapet d'échappement. Une fuite au niveau du clapet ou du joint peut permettre à l'huile du moteur d'entrer en contact avec le collecteur, ce qui peut conduire à une inflammation. *(Voir le 25.4.3.)* A

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

l'entrée de la fraction du pot d'échappement située en-tête (la première section à partir du moteur), il y a généralement un capteur d'oxygène. Ce capteur mesure la concentration en oxygène dans les gaz d'échappement et envoie un signal à l'ordinateur de bord, afin de réaliser les ajustements sur l'alimentation en carburant et sur l'allumage. Le dispositif suivant au niveau du pot d'échappement vers l'aval, est le pot catalytique. Les températures de surface varient entre 316°C et 538°C (600°F to 1000°F) en fonctionnement normal, suivant la conception du moteur. Cependant, les températures peuvent dépasser 538°C (1000°F) lors d'une charge forte au niveau du moteur ou dans des conditions anormales (par ex. en cas de ratés), ou de concentrations riches en carburant du fait du dysfonctionnement d'un capteur.

25.5.2.4.1 Filtres à particules pour moteur diesel. Les filtres à particules ne concernent que les systèmes d'échappement des moteurs diesel. Le filtre à particules est un dispositif conçu pour enlever les particules ou les suies, des gaz d'échappement, d'un moteur diesel. En plus de retenir les particules, il faut qu'il existe une méthode pour nettoyer le filtre. Certains filtres sont des filtres jetables à usage unique, alors que d'autres sont conçus pour brûler les particules qui s'y sont accumulées ; on parle de régénération. La régénération peut être passive, (par l'utilisation d'un catalyseur), ou active, ce qui peut nécessiter l'injection d'un combustible afin de chauffer le filtre à une température suffisante pour brûler le carbone des suies. Dans les deux cas, on trouve des températures de surface élevées, générant un risque d'inflammation. Un défaut de maintien de l'isolation et de la distance requises par le constructeur entre ces surfaces chaudes externes et des matériaux combustibles peut conduire à l'inflammation de ces matériaux combustibles.

25.5.2.5 Lors du fonctionnement normal d'un véhicule à moteur, il existe un danger potentiel de contact du pot d'échappement ou du pot catalytique avec des objets combustibles tels que de l'herbe haute ou des débris. Un dysfonctionnement du moteur peut faire monter la température du pot catalytique suffisamment haut pour mettre le feu à la peinture antirouille du châssis et à la moquette dans le véhicule.

25.5.3 Systèmes électriques des véhicules à moteur.

25.5.3.1 Les véhicules à moteur ont, en principe, un système d'alimentation électrique en 12 volts continu ou en 24 volts continu, le pôle moins étant relié à la terre. Ces systèmes possèdent, en général, des batteries au plomb ou des batteries gélifiées, pour le stockage de l'énergie et une génératrice (alternateur) pour la production d'électricité, lorsque le véhicule roule. Certains véhicules modernes sont conçus avec un moteur électrique qui fournit la puissance motrice au véhicule (ils sont qualifiés de véhicules électriques) et d'autres sont conçus avec la combinaison d'un moteur électrique et d'un moteur à combustion interne, pour fournir la puissance requise (on parle de véhicules hybrides). Les véhicules électriques et les véhicules hybrides utilisent des tensions plus élevées et dans certains cas du courant alternatif pour alimenter le moteur. Ces deux types de véhicules sont présentés du 25.5.3.3 au 25.5.3.4. Dans un système traditionnel, si un câble de batterie est déconnecté, aucune production ou consommation d'électricité ne peut avoir lieu, lorsque le véhicule ne fonctionne pas. Si le véhicule roule, il peut continuer à le faire en utilisant la génératrice. La sortie électrique de la génératrice a une puissance proportionnelle à la vitesse du moteur, aussi, il y a des moments, où la sortie électrique de la génératrice est suppléée par la batterie pour faire fonctionner tous les systèmes du véhicule. La puissance de la batterie est utilisée pour maintenir les mémoires de l'ordinateur de bord, lorsque le moteur est arrêté. La batterie doit aussi être suffisamment puissante, pour faire fonctionner le démarreur du moteur. La puissance importante requise pour démarrer le moteur signifie généralement, que le câble du démarreur du moteur est celui ayant la plus forte section, dans le véhicule. Comme dans les bâtiments, plus le courant transporté est élevé, plus la section du câble doit être importante. Le câble du démarreur est aussi généralement l'un des câbles dans un véhicule, qui ne sont pas protégés contre les surintensités. Il est dimensionné pour supporter une forte demande de courant. Le système électrique d'un véhicule conventionnel est complété par les connexions de la batterie et de la génératrice vers un système de fusibles ou d'autres dispositifs de protection contre les surintensités, situés dans différentes boîtes de distribution à l'intérieur du véhicule, par l'intermédiaire d'autres conducteurs de fortes sections, tout comme l'alimentation en provenance de la compagnie d'électricité et les tableaux électriques dans un bâtiment.

25.5.3.2 En plus de fournir de l'énergie électrique, la batterie au plomb peut aussi être une source de combustible avec la production d'hydrogène gazeux. L'hydrogène peut être émis lors des opérations de charge des batteries. De petites quantités d'hydrogène et d'oxygène sont aussi présentes à l'intérieur des batteries étanches (sans maintenance) ; ces gaz sont susceptibles d'être émis, en cas de dommages mécaniques consécutifs à une collision. L'hydrogène gazeux a une fourchette d'inflammabilité très large et s'enflamme facilement en présence de sources d'ignition faibles. Cependant, il est inhabituel d'enflammer de l'hydrogène avec une surface chaude.

25.5.3.3 Systèmes électriques 12 volt. La grande différence entre les véhicules et les bâtiments, est notamment que tout le châssis, la carrosserie et le bloc moteur peuvent être utilisés comme chemin de retour à la terre. Cela signifie, qu'au cours des investigations, seul un conducteur peut être retrouvé connecté au dispositif.

25.5.3.3.1 Si un conducteur sous tension frotte sur le châssis, la carrosserie, ou la surface du moteur, il peut créer un défaut par court-circuit, de la même manière que dans un bâtiment un conducteur pourrait entrer en contact avec un dispositif relié à la terre comme un

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

tableau de fusibles ou le boîtier en métal d'un commutateur. Dans la plupart des cas, le dispositif de protection contre les surintensités déclenchera et mettra hors tension le circuit qui s'était créé. A la différence des installations de puissance dans les bâtiments, qui fonctionnent avec des circuits ayant des intensités normalisées au niveau de leur protection (disjoncteurs 15 A ou 20 A dans chaque circuit secondaire), et qui sont ouverts afin que l'utilisateur puisse s'y connecter, l'installation électrique de puissance d'un véhicule est principalement un système fermé, dont la plupart des circuits secondaires sont conçus pour une application spécifique sans accès pour l'utilisateur. Cela signifie que si l'on remplace un dispositif de protection, contre les surintensités, par un autre ayant un calibre plus grand, ce dernier peut permettre une surcharge des conducteurs du circuit, ce qui peut causer une surchauffe et mener à un départ de feu.

25.5.3.3.2 Dans les véhicules, il existe des circuits qui sont connectés à la batterie, et qui ne peuvent pas être coupés, tels que la bobine sur le démarreur du moteur, la sortie de la génératrice, le commutateur d'allumage pour démarrer le véhicule, le circuit des clignotants en fonction « warning », les ampoules de signalisation de freinage, et les dispositifs possédant des données en mémoire tels que la radio, les horloges, et l'électronique de gestion et de contrôle, pour en citer quelques-uns. Les circuits, alimentant des accessoires installés après-vente, connectés directement sur la batterie ou sur la génératrice (avec ou sans protection contre les surintensités) peuvent aussi demeurer sous tension, lorsque le moteur n'est pas en fonctionnement. Les schémas de câblage précisent, en principe, la couleur de l'isolant du conducteur ainsi que l'emplacement du dispositif, et décrivent sa fonctionnalité.

25.5.3.3.3 Comme pour n'importe quel équipement électrique, ceux installés dans les véhicules sont susceptibles de tomber en panne ou de dysfonctionner, en générant éventuellement de la chaleur. Les conducteurs utilisés sur les véhicules à moteurs sont des conducteurs multibrins, qui deviennent recuits, s'il se produit une surchauffe. La surchauffe peut aussi être causée par le contact d'une flamme au cours d'un feu ou par la circulation du courant avant ou pendant le feu. Lorsque c'est possible, il faut examiner soigneusement, les câbles endommagés et enregistrer les constats, avant tout déplacement substantiel de la filerie du véhicule,.

25.5.3.4 Autres systèmes électriques. Les véhicules fabriqués avant 1956 sont susceptibles de fonctionner en 6 volt continu plutôt qu'en 12 volts continu, et certains véhicules de cette époque possèdent également un système de terre relié à la borne positive. Ces véhicules sont rares. Les véhicules de grande taille tels que les véhicules utilitaires, les poids lourds, les autobus, et les engins lourds peuvent posséder un système en 24 volts continu. Les véhicules de loisirs, évoqués en détails à la section 25.12 peuvent aussi être équipés d'une installation 120 volts alternatif. On peut se référer également à la section sur les véhicules électriques et sur les véhicules hybrides, dans ce chapitre pour plus d'informations sur les différents systèmes électriques.

25.5.3.5 Dispositifs d'enregistrement des évènements. De nombreux véhicules modernes sont équipés de dispositifs d'enregistrement des évènements. De multiples paramètres du véhicule sont enregistrés avant et juste après un choc, notamment la vitesse du véhicule, la vitesse de rotation du moteur, le freinage, le déploiement des airbags, la force du choc, etc. L'investigateur devrait vérifier, s'il existe un dispositif d'enregistrement des évènements. Le chargement des données à partir d'un tel dispositif requiert des compétences spéciales et un équipement adapté pour éviter de perdre des données. Les données postérieures au départ de feu peuvent avoir été altérées par celui-ci. Il peut également se poser des questions d'ordre juridique sur la propriété de ces informations.

25.5.4 Systèmes de production de l'énergie mécanique. Les véhicules à moteur fonctionnent généralement avec des moteurs à combustion interne, alimentés par différents carburants. Un moteur à combustion interne est une machine complexe, comprenant de nombreux composants, fonctionnant de façon synchronisée. Pour travailler correctement, toutes les pièces doivent rester en liaison de façon sûre, et beaucoup d'entre elles doivent être lubrifiées ou refroidies. Une défaillance mécanique du moteur peut faire éjecter à grande vitesse des composants, des parties ou des pièces appartenant au moteur. On sait que les pistons et les tiges de liaison peuvent se rompre dans le bloc moteur, traverser le côté ou le dessus du bloc moteur, et endommager d'autres composants à l'extérieur du moteur. De l'huile à l'état liquide, des vapeurs issues du carter, ou du liquide de refroidissement peuvent fuir par un trou créé suite à une telle défaillance, et s'enflammer au contact d'une surface chaude. Une défaillance mécanique peut aussi conduire à une défaillance sur les durites de carburant. Un morceau de piston éjecté à travers la durite de carburant peut causer un départ de feu. La plupart des moteurs ne fonctionneront pas après une défaillance mécanique importante ou fonctionneront avec des performances sérieusement diminuées.

25.5.4.1 Systèmes de lubrification. La plupart des moteurs utilisent de l'huile minérale pour la lubrification. L'huile est recueillie dans un réservoir au pied du moteur et est distribuée par une pompe mécanique. L'huile retourne dans le réservoir par écoulement gravitaire. La plupart des pompes à huile fonctionnent sous 240 kPa à 415 kPa (35 psi à 60 psi). L'huile peut fuir au niveau des nombreux joints ou surfaces accouplées dans le moteur. Des fuites au niveau du joint du réservoir d'huile, peuvent, par exemple, permettre à l'huile d'être pulvérisée sur les pièces chaudes de l'échappement, ou de l'huile fuyant d'un joint de vanne peut couler sur le collecteur d'échappement chaud. Des fuites d'huile peuvent causer un incendie après que le véhicule ait été arrêté

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

(voir le 25.4.3). Un manque de lubrification dans le moteur peut entraîner la défaillance de pièces internes. De telles défaillances peuvent conduire à une défaillance mécanique majeure, qui peut, à son tour, causer un incendie.

25.5.4.2 Systèmes de refroidissement par un liquide. Le refroidissement du moteur est réalisé à l'aide d'un liquide ou par l'air. Les moteurs refroidis par un liquide utilisent un système fermé comprenant des passages à travers tout le bloc moteur, une pompe à eau, des durites, un thermostat, et un radiateur. Lorsque le moteur atteint sa température normale de fonctionnement, le liquide de refroidissement dans le moteur se réchauffe également. Ce liquide circule dans le système grâce à une pompe à eau. Lorsque le liquide atteint une température préréglée [typiquement de l'ordre de 80°C à 90°C (180°F à 195°F)], le thermostat déclenche, permettant au liquide de refroidissement de s'écouler dans le radiateur. Le radiateur est un échangeur de chaleur, composé d'une série de petits tubes, connectés entre deux réservoirs. Un ventilateur est utilisé pour souffler de l'air à faible vitesse, ou lorsque le véhicule est arrêté. Le flux d'air autour des tubes diminue la température du liquide de refroidissement avant que ce liquide soit renvoyé vers le moteur. Un système de refroidissement normal fonctionne à environ 110 kPa (16 psi). La plupart des systèmes de refroidissement sont conçus pour fonctionner avec un mélange de 50 pour cent d'antigel au glycol et 50 pour cent d'eau. Sous des climats plus froids, des pourcentages d'antigel plus élevés sont quelquefois utilisés.

25.5.4.3 Systèmes de refroidissement par air. Les moteurs refroidis à l'air utilisent un ventilateur et un réseau de canalisations pour déplacer l'air autour du moteur. Ces ventilateurs fonctionnent en général avec une courroie. Une surchauffe du moteur peut se produire si la courroie casse. Une défaillance majeure du moteur peut alors en résulter.

25.5.4.4 Moteurs électriques. Les véhicules totalement électriques ou hybrides (combustion interne-électrique) ont un ou plusieurs moteurs électriques puissants pour fournir ou augmenter le couple permettant de faire rouler ces véhicules. Ces moteurs sont reliés à une électronique de puissance, qui à son tour est alimentée par une batterie ou par des ultra-condensateurs. L'alimentation électrique qui fournit l'énergie au moteur peut aller jusqu'à 600 volts. A l'origine, les moteurs électriques fonctionnaient en courant continu, mais la tendance va vers des moteurs fonctionnant en courant alternatif avec une fréquence variable. Cependant, les petits véhicules électriques, tels que les voiturettes sur les terrains de golf, fonctionnent encore en courant continu.

25.5.5 Distribution de l'énergie mécanique. L'énergie mécanique produite par le moteur doit être transmise aux roues motrices. Ceci est réalisé grâce la transmission, qui consiste soit en un embrayage mécanique soit en un embrayage hydraulique. Les pièces mobiles de la transmission ont besoin de lubrification.

25.5.5.1 Transmissions à embrayage mécanique. Les transmissions à embrayage mécanique, appelées communément transmissions manuelles, reçoivent l'énergie fournie par le moteur par l'intermédiaire du système d'embrayage. Le système d'embrayage est situé entre le moteur et la transmission et consiste en un plateau soumis à une pression, solidaire du volant du moteur et en un disque d'embrayage sur l'arbre avant de la transmission. Le système d'embrayage peut être commandé hydrauliquement, le fluide d'embrayage étant aussi inflammable. La sélection de l'embrayage est réalisée mécaniquement par des tiges et des leviers. Les mécanismes d'embrayage de la transmission sont lubrifiés dans un bain d'huile. L'huile peut être aussi dense que de l'huile d'embrayage de grade 120 ou 130, ou aussi légère que le fluide de transmission automatique. Les défaillances mécaniques peuvent être aussi sérieuses, que celles qui se produisent dans le moteur. Des fuites de lubrifiant de transmission peuvent se produire dans la zone du système d'échappement. Le fluide de transmission ne peut, en principe, être ajouté que du dessous du véhicule, directement par les ouvertures sur le côté de la transmission. Le surremplissage d'un système de transmission à embrayage manuel est rare.

25.5.5.2 Transmission à embrayage hydraulique. Qualifiés couramment de transmissions automatiques, ces dispositifs reçoivent l'énergie fournie par le moteur par l'intermédiaire d'un convertisseur de couple. Un convertisseur de couple permet au moteur de tourner au point mort, sans que le véhicule ne se déplace. Ceci est obtenu grâce à des pales dans le convertisseur de couple, permettant à une petite quantité de fluide de transmission de s'écouler autour de ces pales. Lorsque la vitesse de rotation du moteur augmente, le fluide ne peut plus circuler autour des pales et l'énergie est alors transmise à l'organe de transmission. La sélection de la vitesse est effectuée par l'organe de transmission, en fonction de paramètres tels que la vitesse de rotation du moteur et de la puissance demandée.

25.5.5.2.1 Lorsque le système de transmission est sollicité, de la chaleur est générée dans le fluide qui circule à l'intérieur de ce système de transmission. Il est nécessaire de refroidir ce fluide ; ce qui est réalisé en faisant circuler le fluide dans un échangeur de chaleur. Si un refroidissement additionnel est requis, des échangeurs de chaleur auxiliaires peuvent être nécessaires. Ils peuvent être situés devant le radiateur ou devant le condenseur de l'air conditionné et nécessiteront des durites supplémentaires.

25.5.5.2.2 On peut rajouter du fluide de transmission en ouvrant le compartiment moteur, en retirant l'indicateur de niveau (jauge), et en versant du fluide par le tube de la jauge. Sur la plupart des jauges de niveau, il est précisé que le système d'embrayage doit être au point mort, et à une température de fonctionnement normal avant de vérifier le niveau de fluide de transmission. Un

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

surremplissage peut amener le système de transmission à surchauffer le fluide, ce qui peut entraîner l'expulsion de liquide par le tube de jauge. Lors du fonctionnement du véhicule dans des conditions sévères (température ambiante élevée, remorquage en pente, ou remorquage d'une lourde charge) le système de transmission peut expulser du fluide par le tube de jauge ou par le tube de mise à l'air. Le tube de jauge et le tube de mise à l'air sont souvent situés près ou au-dessus du collecteur d'échappement ou d'autres constituants du système d'échappement. Une expulsion de fluide peut aussi se produire si un fluide inadapté est ajouté au système de transmission. Certains constructeurs ont prévu un système de jauge qui se verrouille pour empêcher l'expulsion de fluide par le tube de jauge après remise en place de la jauge correctement. Il peut se produire des fuites au niveau du joint de la réserve de fluide, non loin du système d'échappement.

25.5.6 Autres éléments du système de production d'énergie mécanique. Les accessoires couramment présents sont ; les compresseurs pour l'air conditionné, les pompes de direction assistée, les pompes à eau, les génératrices (alternateurs), les pompes à air, et les pompes à vide. Ces dispositifs mécaniques peuvent être reliés au moteur et ils ont leurs propres potentiels de dysfonctionnement. Ces éléments sont mus par une ou plusieurs courroies de distribution. Si un dysfonctionnement sur l'un de ces dispositifs est envisagé, il faudrait consulter le manuel de référence approprié.

25.5.7 Système de freinage hydraulique. Le système de freinage hydraulique est activé par une pédale connectée au maître-cylindre, par l'intermédiaire d'un amplificateur de puissance de freinage. Ce maître-cylindre est relié par un tubage en acier, aux cylindres des roues sur les freins à tambours et aux étriers sur les freins à disques. Lorsque l'on appuie sur la pédale de freins, la pression augmente au sein du système de freinage, celle-ci est transmise aux cylindres de roues ou aux étriers. Cette pression amène les garnitures de freins en contact avec les tambours de freins ou les rotors, générant une friction, qui stoppe le véhicule. Les systèmes de freinage fonctionnent à des pressions élevées, et même une petite fuite peut générer un aérosol, susceptible de s'enflammer s'il rencontre une source d'ignition. Les systèmes de freinage contiennent également une réserve de fluide dans un réservoir non pressurisée. La fonction de la réserve de fluide est de réapprovisionner le maître-cylindre, alors que le système consomme du fluide pour l'usage normal des garnitures de freins. Ces réservoirs sont en plastique sur la plupart des véhicules ; ils peuvent donc fondre au cours d'un feu dans le compartiment moteur. Si cela se produit, le liquide de freins contenu dans le réservoir servira de combustible complémentaire et accélérera le feu dans la zone du maître-cylindre. Le liquide de freins peut fuir du fait d'un dommage au réservoir ou d'un bouchon manquant ou arraché et fournir ainsi le premier combustible enflammé.

25.5.8 Systèmes de lave-glace. Le liquide ou solvant utilisé comme lave-glace est un mélange d'eau et d'alcool méthylique (aussi appelé méthanol). L'alcool méthylique est ajouté pour empêcher le liquide de geler. La concentration en alcool méthylique varie entre 20 pour cent et 60 pour cent. Si le liquide ou solvant lave-glace est pulvérisé sur une surface chaude, il peut former des vapeurs susceptibles de s'enflammer. Le réservoir de solvant lave-glace est généralement en plastique et peut brûler au cours d'un incendie. Si le réservoir s'est consumé, il faudrait garder en mémoire que des portions de carrosserie ont pu pénétrer dans le volume à la place du le réservoir. Certains systèmes sont équipés de buses chauffées pour éviter au lave-glace de geler. Un dysfonctionnement sur le système de chauffage pourrait causer un feu.

25.6 Carrosserie.

Dans les véhicules modernes, de nombreuses pièces de carrosserie sont en plastiques, en polymères, ou en matériaux contenant des fibres de verre ; ceux-ci brûleront au cours d'un incendie. Ces matériaux, en eux-mêmes, ne présentent pas un risque d'inflammation élevé ; cependant, une fois qu'un feu a démarré, ils peuvent contribuer de façon significative à la charge calorifique. Il arrive souvent que la cabine complète d'un tracteur ait brûlé, ou que la porte et les panneaux de capotage aient disparu. Dans de nombreux véhicules, les panneaux intérieurs des ailes avant, sont en plastique ; lorsque le feu les a traversées, le trou créé procure une ventilation supplémentaire pour le feu dans le compartiment moteur. Il faudrait garder en mémoire que l'aluminium, le magnésium, et leurs alliages sont utilisés dans les pièces de carrosserie de certains véhicules. Ces pièces brûleront souvent de façon intense. La séparation entre le compartiment moteur et l'habitacle est souvent appelée le *tablier*. Dans les véhicules à moteur modernes, cette séparation peut comporter de nombreux passages, certains pour les gaines de chauffage et d'air conditionné. Ces gaines, souvent en plastique renforcé, peuvent brûler, créant ainsi un passage pour la propagation du feu vers l'habitacle. Le feu peut aussi se propager par conduction à travers le tablier métallique vers des combustibles situés sous le tableau de bord.

25.6.1 Finitions intérieures et accessoires. Les finitions intérieures et les sièges (revêtements et rembourrage) représentent une charge calorifique conséquente dans la plupart des véhicules à moteur. Si le véhicule a entièrement brûlé, il faudrait essayer de déterminer, quelle était la charge calorifique intérieure initialement présente et comment elle était disposée. Il faudrait enregistrer la présence (ou l'absence) de sièges et d'équipements tels que les radios-CD, ou les téléphones.

25.6.2 Zone du coffre. L'incendie d'un véhicule à moteur peut concerner le coffre d'un véhicule de tourisme, la zone de rangement d'un véhicule de loisirs, ou le chargement d'un camion. Il est essentiel de déterminer si le feu a pris naissance ou s'est propagé

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

dans ces zones. L'investigateur devrait établir l'inventaire des éléments présents dans ces zones. L'inspection des débris peut suffire, ou bien, il peut être nécessaire d'interroger le propriétaire, le conducteur ou les passagers pour obtenir les informations utiles.

25.7 Enregistrements relatifs aux scènes d'incendies de véhicules à moteur.

Les mêmes techniques générales sont mises en œuvre pour les feux de véhicules comme pour les feux de bâtiments. Lorsque c'est possible, le véhicule devrait être examiné sur le site de l'incendie. Il arrive souvent, cependant, que l'investigateur n'ait pas l'opportunité d'examiner le véhicule sur site. Le véhicule peut avoir été déplacé, avant que l'investigateur n'arrive pour de nombreuses raisons. Il arrive, fréquemment, qu'une partie des constats s'effectue chez un ferrailleur, dans un garage, ou sur un site d'entreposage. L'examen d'un véhicule ayant subi un incendie devrait comprendre les étapes décrites du 25.7.1 au 25.7.5. L'analyse d'un feu de véhicule consécutif à un choc peut nécessiter l'aide d'un expert en reconstitution d'accidents.

25.7.1 Identification du véhicule. Il faudrait identifier le véhicule à examiner et enregistrer les informations correspondantes. Cela signifie de décrire le véhicule par sa marque, son modèle, l'année du modèle, ainsi que d'autres caractéristiques d'identification. Il faudrait identifier précisément le modèle grâce au numéro d'identification du véhicule ; VIN (pour *vehicule identification number*). La composition du numéro VIN fournit des informations sur des éléments tels que le constructeur, le pays d'origine, le style de carrosserie, le type de motorisation, l'année du modèle, l'usine de montage et le numéro de production. La plaque VIN est le plus souvent placée sur le tableau de bord face au poste de conduite. Elle peut être apposée à l'aide de rivets. Si cette plaque a résisté au feu, les chiffres qu'elle comporte devraient être soigneusement enregistrés. Des informations du constructeur sont également fréquemment trouvées sur une étiquette combustible au niveau de la tranche de la porte côté conducteur. Beaucoup de constructeurs estampillent au moins une partie du numéro VIN sur le tablier côté moteur. Le tablier peut aussi être désigné sous les noms de tableau de bord ou corps de pédalier et correspond à la paroi séparant le compartiment moteur de l'habitacle. Une brosse à poils de laiton permettra de nettoyer ce nombre afin qu'il soit lisible. Si ce numéro a été rendu illisible ou semble avoir été falsifié, alors il faudrait solliciter la collaboration de l'un des organismes suivants ;

(1) Un service de police s'occupant du vol de véhicules

(2) Un membre du National Insurance Crime Bureau aux États-Unis

(3) Un membre du Canadian Automobile Theft Bureau au Canada

25.7.1.1 Ces personnes possèdent les moyens d'identifier le véhicule grâce à des numéros confidentiels situés ailleurs sur le véhicule. Le numéro VIN devrait être vérifié soit auprès du National Crime Information Center (NCIC) ou auprès du Canadian Police Information Centre (CPIC) afin de s'assurer, qu'il n'existe pas de notification particulière au niveau de l'enregistrement de ce véhicule.

25.7.2 Historique du véhicule victime de l'incendie. Au cours d'une investigation sur un feu de véhicule, l'une des premières étapes à entreprendre, est de réunir des informations sur les conditions d'utilisation de véhicule, au moment et avant l'incendie. Des informations intéressantes peuvent être recueillies en interrogeant différentes personnes, telles que le propriétaire du véhicule, les personnes qui entretiennent ou réparent le véhicule, le dernier conducteur, la personne qui a découvert l'incendie, les passants, le personnel des services de secours, et les officiers de police. Il est important d'enregistrer les informations obtenues, afin qu'elles puissent être prises en compte ultérieurement lors de la formulation des hypothèses concernant la cause du feu. L'enregistrement des informations recueillies au cours des entretiens est abordé au paragraphe 13.4.3. Les éléments suivants devraient notamment être demandés ;

(1) Dernière utilisation

(2) Kilométrage

(3) Conduite

(4) Maintenance

(5) Carburant

(6) Équipements

(7) Effets personnels

(8) Photographies avant l'incendie

(9) Photographies au cours de l'incendie

(10) Photographies après l'incendie

25.7.2.1 Il est précisé à l'attention des investigateurs que la liste ci-avant ne représente qu'un exemple des questions à aborder au cours d'une investigation donnée et n'a pas vocation a être exhaustive.

25.7.3 Spécificités des véhicules.

25.7.3.1 Dès qu'un véhicule a été effectivement identifié, comme objet d'investigations, les systèmes mécaniques relatifs à ce véhicule spécifique, sa constitution, et sa vulnérabilité par rapport au risque d'incendie devraient être examinés. Afin de s'assurer qu'aucun détail n'a été omis, l'investigateur peut examiner un véhicule de même année, marque, modèle, et possédant les mêmes équipements, ou bien consulter les manuels d'entretien relatifs au véhicule. Le recours à une liste de vérification peut aider l'investigateur à réaliser une inspection complète du véhicule. *[Voir la figure A.15.3.2(e) pour un exemple de liste de vérification.]* Cette liste n'a pas la prétention d'être exhaustive, elle peut ne pas être applicable à un cas donné et en outre elle peut ne pas couvrir tous les

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

thèmes qu'un investigateur pourrait identifier sur une scène d'incendie.

25.7.3.2 Des informations concernant les feux et les causes de feux dans les véhicules de la même marque, modèle, et année peuvent être obtenues auprès de la « National Highway Traffic Safety Administration », *www.nhtsa.gov* (1-800-424-9393 ou 1-202-366-0123), de « l'Insurance Institute for Highway Safety », *www.hwysafety.org* (202-328-7700), ou auprès du « Center for Auto Safety », *www.autosafety.org* (1-202-328-7700). Au Canada, il faudrait contacter l'organisme « Transport Canada », *www.tc.gc.ca/* (1-613-993-9851).

25.7.4 Enregistrements sur la scène d'incendie. L'investigateur devrait réaliser un schéma de la scène d'incendie, montrant des points servant de repères, ainsi que les distances relatives du véhicule par rapport aux repères. Le schéma devrait être suffisamment détaillé pour permettre de localiser avec précision le véhicule avant qu'il ait été retiré. L'ensemble de la scène devrait être photographiée, pour montrer les bâtiments environnants, les infrastructures routières, les espaces verts, les autres véhicules, et les empreintes laissées par les pneumatiques ou les chaussures. Tout dommage concernant l'un des sujets évoqués ci-avant ou toute trace de carburant répandu devrait être photographié et enregistré afin de contribuer à l'analyse de la propagation du feu. L'emplacement et l'état de toute pièce ou débris issu du véhicule devrait être enregistrés. Les scènes d'incendies consécutifs à un accident peuvent nécessiter des enregistrements supplémentaires tels qu'un relevé d'empreintes digitales et des vues aériennes.

25.7.4.1 Le véhicule devrait être photographié de façon méthodique et cohérente. Toutes les surfaces du véhicule devraient être photographiées, y compris le dessus et le dessous. Les zones intactes et les zones endommagées devraient être photographiées, y compris les dommages causés à l'intérieur et à l'extérieur. Les enregistrements réalisés sur le véhicule devraient illustrer l'état, la position, et le contenu du véhicule au moment de l'inspection. Tout changement survenu sur le véhicule au cours des observations, devrait être enregistré à l'aide de photographies, qui montrent ces changements.

25.7.4.2 Toute trace montrant le chemin suivi par le feu à l'intérieur ou à l'extérieur d'un compartiment (moteur, habitacle, coffre, chargement) ou dans un compartiment devrait être photographié. Comme pour un feu de bâtiment, les traces de la propagation du feu peuvent être difficiles à mettre en évidence sur un véhicule totalement brûlé.

25.7.4.3 Les zones de chargement devraient être photographiées. Le type et la quantité de chargement ainsi que la contribution éventuelle au feu devraient être enregistrés. Si possible, il faudrait enregistrer les informations relatives à l'enlèvement du ou des véhicule(s) ainsi que tout dommage qui résulterait de l'enlèvement du véhicule. Après le retrait du véhicule, il faudrait également photographier le site, en notant les traces de combustion sur le sol ou la route, ainsi que l'emplacement des débris de verre ou d'autres débris. Il faudrait réaliser des schémas et prendre des notes en complément des photographies.

25.7.5 Enregistrements relatifs à un véhicule ayant été déplacé.

25.7.5.1 Si le véhicule a été enlevé du site de l'incendie, une visite sur place peut être utile. Il faudrait examiner les photographies, qui ont été prises sur la scène d'incendie. Avant de réaliser l'inspection du véhicule, il faudrait réunir autant d'informations que possible sur le contexte. Ces informations devraient porter sur ; la date et l'heure du sinistre ; la localisation du sinistre ; le conducteur, les passagers, et les témoignages ; les rapports des services de police et des services de secours ; l'emplacement actuel du véhicule ; et le mode de transport (remorquage, déplacement sur plateforme, ou véhicule conduit normalement, etc.). La méthode de base pour effectuer les constats sur le véhicule est la même quel que soit l'endroit où ce véhicule se trouve. Lorsque l'examen du véhicule intervient tardivement et que le véhicule est entreposé relativement loin, des pièces peuvent manquer ou avoir été endommagées. En outre, le ou les véhicule(s) peuvent avoir été endommagés du fait des conditions climatiques, et les traces laissées par le feu, en particulier, celles concernant les surfaces métalliques peuvent s'être voilées. Si le véhicule est entreposé à l'extérieur, il faudrait prévoir de couvrir le véhicule avec une bâche ou toute autre couverture. Il arrive souvent que la rouille, qui apparaît sur la carrosserie sous quelques jours, puisse rendre les traces laissées par le feu plus visible, mais la poursuite du processus de rouille peut masquer les traces de combustion.

25.7.5.2 Même si le véhicule a été examiné sur le site de l'incendie, il y a des avantages à inspecter le véhicule en dehors du site de l'incendie. Par exemple, il est plus facile de déplacer ou de retirer des portions de carrosserie qui pourraient empêcher de voir des éléments cruciaux. L'énergie est souvent disponible, de même que des outils pour réaliser des démontages, si nécessaire. Il est fréquent de prévoir des équipements tels qu'un chariot élévateur pour soulever le véhicule en vue d'une inspection plus détaillée. Le véhicule devrait être soigneusement photographié, lorsqu'il est examiné relativement loin du site sinistré.

25.8 Examens de véhicules à moteur.

25.8.1 Généralités. L'analyse d'un véhicule à moteur, après qu'il ait brûlé, est une tâche complexe et variée. Comme pour les feux de bâtiment, la première étape est de déterminer la zone d'origine. La plupart des véhicules à moteur peuvent être divisés en trois compartiments principaux ; le compartiment moteur, l'habitacle,

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

ou intérieur, et le coffre ou hayon. Le volume, les dispositions liées à la conception ou à la fabrication, et la charge calorifique dans ces différents compartiments peuvent varier de façon importante. L'utilisation de trames pour l'enregistrement des constats effectués sur le véhicule *[voir la figure A.15.3.2(e)]* peut faciliter la mission de l'investigateur.

25.8.1.1 L'observation des extérieurs du véhicule peut permettre de détecter des traces de combustion intéressantes. L'emplacement du feu, et la manière dont le pare-brise réagit au feu, peut permettre de déterminer le compartiment d'origine. Des schémas illustrant les traces potentiellement laissées par le développement du feu selon le compartiment d'origine sont présentés sur les figures 25.8.1.1(a) et 25.8.1.1(b). Un feu dans l'habitacle causera souvent des ouvertures au niveau de la partie supérieure du pare-brise et laissera des traces de combustion de type radial (traces qui semblent rayonner à partir d'une zone) sur le capot, comme présenté sur les figures 25.8.1.1(c) et 25.8.1.1(d).

25.8.1.2 Les feux prenant naissance dans le compartiment moteur sont susceptibles de se propager dans l'habitacle par l'intermédiaire d'orifices préexistants dans le tablier, comme évoqué au paragraphe 25.6, et de générer des ouvertures au niveau de la partie basse du pare-brise souvent du côté passager. Des traces radiales à partir du moteur peuvent être observées sur les portes. Des exemples de traces caractéristiques produites par les feux de moteurs sont présentés sur les figures 25.8.1.2(a) et 25.8.1.2(b).

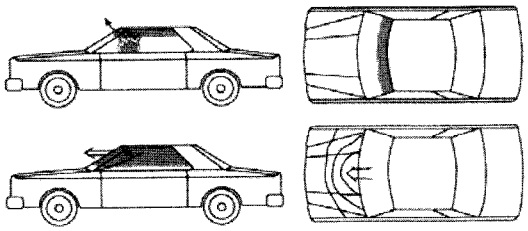


FIGURE 25.8.1.1(a) Traces de développement du feu à partir d'une origine à l'intérieur du véhicule.

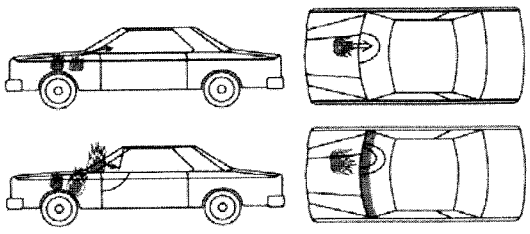


FIGURE 25.8.1.1(b) Traces de développement du feu à partir d'une origine dans le compartiment moteur du véhicule



FIGURE 25.8.1.1(c) Traces de développement radial produit par un feu dans l'habitacle.

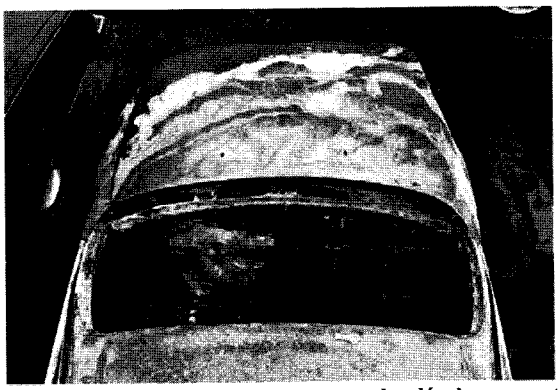


FIGURE 25.8.1.1(d) Autres traces de développement radial produit par un feu dans l'habitacle.



FIGURE 25.8.1.2(a) Dommages naissants au niveau d'un pare-brise causés par un feu de compartiment moteur.

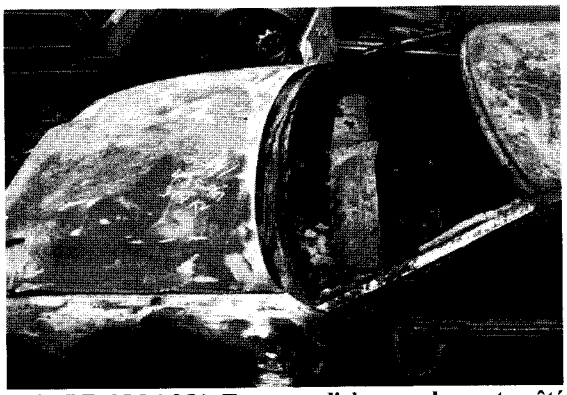


FIGURE 25.8.1.2(b) Traces radiales sur la porte côté conducteur produites par un feu de compartiment moteur.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

25.8.2 Examen des différents systèmes d'un véhicule. Après avoir déterminé le compartiment d'origine du feu, les différents systèmes présents dans la zone identifiée peuvent être examinés. Sur la base des caractéristiques et des fonctions des différents systèmes, décrites dans les Sections 25.5 à 25.5.8, l'investigateur devrait examiner chaque système et évaluer son état et son rôle éventuel dans le sinistre.

25.8.2.1 Il est nécessaire d'examiner si le réservoir de carburant a été écrasé ou percé et de noter l'état du système de remplissage de carburant. Les systèmes pour le remplissage, les tubes pour la mise à l'air, et les durites sont souvent des systèmes multi-composants comportant des raccords en élastomère. Certains systèmes de remplissage sont intégrés dans le réservoir grâce à une bague ou un joint. Ces raccords peuvent générer une fuite de carburant par séparation mécanique, consécutivement à un choc ou ils peuvent complètement brûler au cours d'un incendie.

25.8.2.2 La présence ou l'absence du bouchon de réservoir et tout dommage consécutif à un choc ou à un incendie au niveau de la partie visible du système de remplissage devrait être constaté et enregistré. De nombreux bouchons de réservoirs ont des parties en plastique ou en métal à bas point de fusion qui peuvent se trouver détruites au cours d'un incendie, conduisant à ce que les parties métalliques se déplacent, manquent ou tombent dans le réservoir. Les réservoirs de carburant exposés à la chaleur ou à la flamme présentent généralement une ligne de démarcation, qui correspond au niveau de carburant dans le réservoir au moment où le feu été éteint.

25.8.2.3 Les circuits d'alimentation et de retour carburant, le tube piégeant les vapeurs, et les durites devraient être examinés afin de rechercher des traces éventuelles de fuites ou de dommages causés par l'incendie. Ces tubes et durites ont généralement des raccords en élastomère en un ou plusieurs points sur leur longueur, susceptibles de laisser fuir du carburant. L'état des tubes et des durites ainsi que toute trace de fuite de carburant à proximité de surfaces chaudes ou de pièces mécaniques endommagées devraient être examinés et enregistrés.

25.8.3 Commutateurs, boutons et leviers. Au cours de l'inspection de l'intérieur du véhicule, la position des commutateurs devrait être enregistrée en vue de déterminer à quoi ces positions correspondent (marche/arrêt, en haut/en bas, etc.). Il faudrait essayer de définir si les vitres étaient fermées ou ouvertes et quelle était cette position avant le feu. La position du levier de changement de vitesse devrait être enregistrée, et le cylindre de verrouillage du contact devrait être examiné, si possible, à la recherche de toute trace d'utilisation d'une clé, de crochetage ou de forçage de ce verrouillage. Ces composants sont constitués de différents matériaux et peuvent être endommagés à divers degrés par exposition à la chaleur ; cependant, beaucoup d'entre eux peuvent encore être retrouvés en passant au crible les débris et fournir des informations importantes pour l'investigation.

25.9 Incendies totaux.

« Les incendies totaux » correspondent à des incendies où tous, ou presque tous, les matériaux combustibles ont brûlé. Les véhicules, qui ont brûlé en totalité, posent des problèmes particuliers pour déterminer l'origine et la cause du feu. Lorsqu'un véhicule brûle de cette manière, il peut n'y avoir aucun témoin à interroger et peut-être aucune intervention des services de secours. Il faudrait identifier le véhicule et réaliser tous les constats. Il faudrait essayer de déterminer l'état du véhicule au moment du feu. Si des pièces manquent, il faudrait essayer de déterminer si elles ont été retirées avant l'incendie, ou retirées ou perdues après l'incendie. L'état du moteur et de la transmission avant l'incendie peut souvent être évalué par l'analyse de leurs fluides. On peut vérifier la présence éventuelle de résidus de liquide inflammable dans les débris prélevés sur le sol ou dans les zones environnantes.

25.10 Cas particulier des incendies de véhicules mis à feu volontairement.

Les véhicules volés ou prétendument volés constituent un cas particulier. La probabilité qu'un véhicule soit la proie d'un feu accidentel après avoir été volé, est très faible, mais un examen approfondi devrait tout de même être mené. Les véhicules peuvent être volés pour de nombreuses raisons. L'un des mobiles courants est le vol pour les pièces détachées. Si un voleur dérobe un véhicule pour les pièces détachées, ce véhicule peut ne jamais être retrouvé. S'il est retrouvé, il devrait apparaître immédiatement que des pièces ont été retirées. Les éléments ayant une certaine valeur, susceptibles d'avoir disparu sont notamment ; les roues, la plupart des éléments de carrosserie importants, le moteur et la transmission, les airbags, le lecteur de CD, et les sièges. Un autre mobile courant du vol de voiture est de commettre un autre crime ou délit. Le voleur brûlera parfois le véhicule pour effacer tout indice, tel que les empreintes digitales. Ce voleur peut ne retirer aucun objet du véhicule et peut utiliser les produits disponibles pour mettre le feu. Les véhicules sont quelquefois incendiés délibérément et rapportés comme ayant été volés. De tels véhicules peuvent présenter des traces de fraude du fait de la substitution de pièces secondaires, telles que les roues ou les systèmes audio. Quelquefois, un véhicule en leasing est brûlé délibérément de façon à se libérer d'un contrat que l'incendiaire n'a plus les moyens de payer ou pour lequel le véhicule a accumulé un kilométrage trop important, nécessitant le règlement d'un supplément substantiel pour les kilomètres excédentaires.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

25.10.1 L'analyse des fluides de fonctionnement du véhicule (tels que l'huile moteur ou le fluide de transmission) peut permettre de déterminer l'état du moteur avant le feu, et les mobiles susceptibles d'expliquer la destruction du véhicule. Des échantillons de débris d'incendie peuvent être analysés afin d'y rechercher la présence éventuelle de liquides inflammables. Cette analyse peut permettre d'expliquer le mode de destruction.

25.10.2 Dans l'hypothèse d'un sinistre total ou quasi-total, l'analyse des débris peut permettre de retrouver le cylindre du verrouillage de contact (partie gorge). Il s'agit de la partie du dispositif de contact qui maintient la clé. Un enlèvement et un enregistrement soigneux des débris peuvent permettre de retrouver la clé encore dans le barillet. Dans certains cas, la disposition de la clé dans les débris peut permettre de déterminer si cette clé était à l'intérieur du cylindre de la serrure au moment du feu. Cette information, ainsi qu'une analyse au microscope du barillet peut permettre de voir si la serrure de contact été forcée avant l'incendie. Si on ne trouve pas les goupilles, cela peut indiquer que le cylindre de la serrure de contact a été forcé avant le feu. L'investigateur peut retrouver les goupilles presque intactes, ailleurs dans le véhicule. Dans ce cas, les goupilles porteront probablement des traces de retrait en force. Pour voler le véhicule sans utilisation d'une bonne clé, il faut soit remorquer le véhicule, soit pénétrer dans le véhicule, le Neman doit être fracturé, le système de verrouillage du levier de vitesse doit être fracturé, et le système d'allumage doit être en position de fonctionnement. Lorsqu'il n'existe aucune trace de tout cela, cela indique généralement que la bonne clé a été utilisée. Certains véhicules ont une clé dont la tête moulée en plastique contient un transmetteur électronique codé avec le véhicule et qui communique avec l'ordinateur de bord, commandant le démarrage du moteur. Une mauvaise clé, ou pas de clé du tout, ne permettront pas au véhicule de démarrer.

25.11 Véhicules à l'intérieur de bâtiments.

Les véhicules à moteur sont souvent garés à l'intérieur de bâtiments et peuvent être endommagés par un incendie ayant démarré dans un bâtiment. Les dommages concernent potentiellement les effets thermiques du feu et l'écrasement de véhicules par effondrement du bâtiment. Si le véhicule est situé dans la zone d'origine du feu, il devrait alors être examiné en tant que cause potentielle du feu, comme explicité de la Section 25.5 à la Section 25.10. Pour mener un examen approfondi du véhicule, il peut être nécessaire de l'extraire des décombres, de retirer le capot et le toit, de débarrasser l'intérieur des débris, et de mettre le véhicule en élévation pour l'examiner en-dessous. Qu'un véhicule soit la cause ou soit la victime de l'incendie, il apporte une charge combustible substantielle, qui peut aussi brûler en régime de combustion lente ; ces éléments devraient être pris en considération afin d'éviter de conclure de façon erronée sur le lieu d'origine du feu dans un bâtiment.

25.11.1 Les feux, qui démarrent à l'extérieur d'un véhicule, peuvent se propager au véhicule et causer des dommages importants à ce véhicule. Ces feux externes peuvent aussi endommager les constituants du système carburant notamment au niveau des durites et du réservoir, et peuvent être à l'origine de fuites de liquide inflammable.

25.11.2 Les véhicules, qui se trouvent à l'intérieur d'un bâtiment, peuvent l'être à des fins de réparations ou de modifications. Il est essentiel de noter l'état d'avancement des travaux au moment de l'incendie.

25.12 Véhicules de loisir.

Cette section aborde les problématiques relatives aux incendies concernant les véhicules de loisirs. Les questions sur l'investigation des incendies de véhicules de loisirs comprennent les matériaux de construction, les équipements et les modes de défaillance. On peut trouver des informations complémentaires sur les équipements des véhicules de loisirs et les normes dans la NFPA 1192, *Standard on Recreational Vehicles.* Les véhicules de loisirs ont de nombreuses similitudes avec les maisons et les maisons mobiles. Ils constituent aussi des véhicules motorisés comprenant tous les équipements complexes des automobiles. Cependant, du fait des normes applicables pour les constructions légères, ils peuvent être constitués de grandes quantités de plastiques ou d'autres matériaux combustibles. Il y aura souvent de grandes quantités d'objets combustibles supplémentaires tels que de la mousse polyuréthane au niveau des divans, des matelas, et de l'isolant du réfrigérateur ainsi que du gaz propane.

25.12.1 Généralités. Les véhicules de loisirs constituent une association unique composée d'un véhicule et d'une habitation, mettant en œuvre des matériaux et des méthodes de construction spécifiques. L'investigateur doit maîtriser les modes de construction, les systèmes, et sous-systèmes associés à ce type de véhicule. Comme pour n'importe quel incendie, la première étape consiste à déterminer la zone d'éclosion du feu. On peut diviser un camping-car en sept zones principales ; l'extérieur, le compartiment moteur, la partie basse ou zone de stockage, la zone de conduite, la partie repas, la partie sanitaire, et la zone de couchage. Le volume, la constitution, et la charge calorifique de ces différents compartiments sont susceptibles de varier considérablement selon la taille, le style, et le fabricant du camping-car.

25.12.2 Aspects sécurité des investigations dans les véhicules de loisirs. La sécurité devrait toujours être la préoccupation première de l'investigateur. Des constats peuvent être réalisés au cours de l'évaluation des conditions de sécurité. (Voir le

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

chapitre sur la sécurité pour plus d'informations.)

25.12.2.1 Espaces confinés. Par nature, les investigations incendie sur les véhicules de loisirs peuvent souvent impliquer de travailler à l'intérieur d'espaces confinés. L'investigateur devrait avoir à l'esprit les principes relatifs à la pénétration dans un espace confiné (c.à.d. accès/évacuation et les questions relatives à l'atmosphère respirée) ; Les précautions adaptées devraient être prises. Avant d'entrer, l'investigateur devrait s'assurer que l'espace ne contient de vapeurs ou gaz explosifs ou toxiques à des concentrations dangereuses (par ex. du monoxyde de carbone) ou que la concentration en oxygène n'y est pas réduite. Il faudrait évaluer les dangers présents dans le volume avant d'y pénétrer ; les équipements de protection individuelle appropriés devraient être portés. L'éclairage et autres équipements devraient être antidéflagrants et adaptés à un tel environnement.

25.12.2.2 Particules véhiculées dans l'air. Les véhicules de loisirs renfermant de grandes quantités de fibres de verre, la résine utilisée dans le processus de fabrication disparaît généralement au cours de la combustion, laissant de petites particules irritantes de fibres de verre. Si l'on s'intéresse à la question des feux de réfrigérateurs, certains matériaux tels que le chromate de sodium, peuvent être cancérigènes. Ces particules, si elles sont associées à la résine brûlée, sont particulièrement irritantes pour le système respiratoire ; les protections individuelles appropriées, notamment les protections respiratoires, devraient être portées selon le degré de danger présent.

25.12.2.3 Sources d'énergie. Il peut y avoir de nombreuses sources d'énergie présentes dans un camping-car. Le danger électrique peut provenir de batteries 12V en courant continu, ou du courant alternatif 120/240V délivré par une borne externe ou par un générateur. Les combustibles tels que l'essence automobile, le diesel, ou le propane, peuvent occasionner des dangers liés à une fuite, un feu, ou une explosion. Les contenants sous pression peuvent céder et les bouteilles sous pression pneumatique ou hydraulique peuvent présenter une défaillance. Toutes les dispositions doivent être prises afin de s'assurer que les dangers sont neutralisés, minimisés, ou que l'endroit a été sécurisé pour éviter les blessures, ainsi que la reprise potentielle de l'incendie ou la réapparition d'une explosion. L'investigateur devrait utiliser un équipement de protection individuelle adapté aux dangers anticipés.

25.12.2.4 Stabilité. Les scènes d'incendie de véhicules de loisirs peuvent être instables. Il faudrait être prudent en accédant à l'intérieur d'un camping-car en raison de l'effondrement potentiel du toit, des parois périphériques, ou du plancher. Les fabricants de véhicules de loisirs placent souvent des équipements lourds sur le toit tels que les climatiseurs et les paraboles des satellites. Les parois périphériques peuvent sembler stables mais s'effondrer simplement suite au déplacement des débris. Ne jamais positionner une partie de votre corps sous un camping-car sans étai adapté de ce camping-car.

25.12.3 Véhicules de loisirs à usage d'habitation. Ces véhicules sont d'abord conçu servir d'habitations temporaires à des fins de loisirs, camping, voyage, ou utilisation saisonnière. Ils possèdent leur propre motorisation ou sont montés sur ou tractés par un autre véhicule. La partie habitable de la plupart des véhicules de loisirs est appelée « zone vie ».

25.12.3.1 Camping-car. Un camping-car est une unité roulante reliée de façon permanente à un véhicule à moteur autotracté ou montée sur le châssis d'un petit camion ou d'une fourgonnette, qui fait alors partie intégrante du véhicule complet.

25.12.3.2 Cinquièmes roues. Les « cinquièmes roues » sont des unités montées sur roues, ayant une taille ou un poids ne nécessitant pas de permis spécial pour circuler sur le réseau routier. La surface brute de la remorque ne doit pas dépasser 400ft² ; Ces remorques sont conçues pour être tirées par un véhicule à moteur qui possède un système d'attelage, monté au-dessus et derrière l'essieu arrière du véhicule qui tracte.

25.12.3.3 Remorques de camping. Les remorques de camping sont montées sur roues, et sont constituées de murs partiellement rabattables qui se plient lorsque la remorque est tractée par un véhicule et qui se déplient une fois arrivé au camping.

25.12.3.4 Caravanes. Les caravanes sont des unités montés sur roues, ayant une taille ou un poids ne nécessitant pas de permis pour circuler sur le réseau routier, lorsqu'elles sont tractées par un véhicule à moteur, et ayant une surface brute au niveau de la caravane inférieure à 320ft².

25.12.4 Spécificité des systèmes ou composants. Beaucoup de véhicules de loisirs sont équipés de nombreux composants et matériels qu'on ne trouve pas sur d'autres typologies de véhicules.

25.12.4.1 Alimentation électrique à une borne. Le courant électrique 120/240V AC V est fourni grâce à une prise électrique située à proximité, par l'intermédiaire d'un cordon d'alimentation

25.12.4.2 Groupe électrogène. On trouve différents systèmes auxiliaires de production d'électricité dans les véhicules de loisirs à usage

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

d'habitation. Ces groupes électrogènes peuvent fonctionner à l'essence automobile, au gazole ou au propane. Les groupes électrogènes alimentés à l'essence automobile ou au gazole, fonctionnent de façon analogue à la description qui en est faite ci-avant dans ce chapitre. Pour les groupes électrogènes au propane, le propane est alimenté en phase liquide par un tuyau renforcé. Les groupes électrogènes peuvent être refroidis à l'air ou par un liquide. Les utilisateurs des véhicules de loisirs à usage d'habitation sont également susceptibles de recourir à un groupe électrogène portable, qui dans ce cas fonctionne à l'essence automobile.

25.12.4.3 Groupe électrogène à démarrage automatique. Un système de contrôle démarre et arrête automatiquement le moteur lorsque des conditions préréglées se produisent, telles que le début et la fin d'une période à faible activité, le niveau de charge ou de consommation haut ou bas de la batterie, la mise à disposition ou la perte de l'alimentation électrique à une borne, ou la variation de consommation d'un équipement.

25.12.4.4 Convertisseur électrique. Il existe deux systèmes électriques distincts (12V DC et 120V AC), et il peut parfois être nécessaire de pouvoir utiliser l'un à la place de l'autre. Certains composants et équipements sont conçus pour fonctionner en 12V DC, alors qu'en même temps d'autres peuvent être conçus pour fonctionner en 120V AC. Un convertisseur électrique est utilisé pour transformer le 120V AC en entrée en 12V DC en sortie. Ceci est habituellement réalisé lorsque le véhicule est connecté à une borne ou lorsque le groupe électrogène est en fonctionnement. Le convertisseur est également utilisé pour le chargement des batteries.

25.12.4.5 Inverseur électrique. Alors que les convertisseurs transforment le 120V AC en 12V DC, les inverseurs assurent la fonction opposée. L'inverseur transforme le 12V DC en entrée en 120V AC en sortie. Ceci permet l'utilisation d'appareils courants sans avoir à faire fonctionner le groupe électrogène ou à être connecté à une borne d'alimentation électrique. L'inconvénient des inverseurs est qu'ils sont susceptibles de consommer une grande quantité de l'énergie délivrée par les batteries en un temps court. Il faudrait garder en mémoire que certains véhicules sont équipés d'un seul appareil qui rassemble à la fois les fonctions de convertisseur et d'inverseur. L'investigateur peut n'avoir à observer qu'un seul équipement remplissant les deux fonctions.

25.12.4.6 Batteries. Même si les batteries ne sont pas spécifiques aux véhicules, leur nombre et configuration dans un véhicule à usage d'habitation peuvent être relativement différents. Dans un camping-car, il y a typiquement une ou plusieurs batteries 12V DC pour le démarrage et le fonctionnement du moteur. La zone habitable possède en principe un système de batteries distinct. Selon le constructeur, elles peuvent être raccordées de différentes manières. Le constructeur prévoit la séparation des systèmes 12V DC de façon à ce qu'ils ne puissent pas être déchargés par l'utilisation des appareils et équipements de la zone habitable. Alors que ces systèmes sont séparés au niveau des sorties, la génératrice montée sur le moteur est susceptible de recharger également les batteries de la zone habitable lorsque le moteur est en fonctionnement. Certains générateurs ont la capacité à charger directement les batteries alors que d'autres fonctionnent à travers le convertisseur. La plupart des véhicules possèdent des systèmes de coupure des batteries 12V DC côté partie habitable. Les batteries ne sont pas nécessairement toutes localisées au même endroit dans le véhicule. Les batteries pour le démarrage du moteur sont en principe situées dans le compartiment moteur. Les batteries de la zone habitable sont en principe situées dans un endroit accessible.

25.12.4.7 Évacuation. Dans un véhicule à usage d'habitation, la sortie de secours vers l'extérieur du véhicule, est en principe une fenêtre spécialement destinée à cet effet. Dans un véhicule à usage d'habitation les portes pour entrer et sortir constituent le premier chemin d'évacuation. Des chemins d'évacuation secondaires ou d'urgence sont mis à disposition sous la forme de hublots ou de vitres spécifiquement conçus à cet usage.

25.12.4.8 Réservoir de stockage des liquides. Les véhicules à usage d'habitation peuvent être équipés de réservoirs pour les eaux usées. On parle de réservoirs à « eaux noires » pour le confinement des eaux des toilettes, et on parle de réservoirs « d'eaux grises pour les eaux usées en provenance de l'évier et de la douche. Un réservoir d'eau propre peut également être présent.

25.12.5 Équipements.

25.12.5.1 Équipements électriques. Les véhicules de loisirs à usage d'habitation contiennent en principe deux systèmes électriques différents ; le 120V AC et le 12V DC. L'ensemble des câbles électriques d'un véhicule à usage d'habitation doivent être conformes à la NFPA 70, National Electrical Code. La plupart des composants des systèmes 120V AC sont similaires à ceux trouvés dans les bâtiments à usage résidentiel. Des conducteurs multibrins sont utilisés pour le 12V DC et des conducteurs pleins sont utilisés pour le 120V AC. Les systèmes d'éclairage, par exemple, peuvent utiliser à la fois le 12V DC et le 120V AC dans le même

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

équipement. Lorsque le véhicule est connecté à une borne électrique, la consommation électrique est couverte par l'alimentation 120V AC. Les composants en 12V DC sont alimentés via le convertisseur. Lorsque le véhicule n'est pas alimenté par l'énergie électrique d'une borne le courant de sortie de la génératrice peut être la source de courant de la partie habitable. Lorsqu'il n'existe aucune connexion à un réseau 120V AC, des composants 12V DC peuvent être utilisés. Des panneaux solaires peuvent être présents. Ces panneaux sont typiquement utilisés pour recharger les batteries. Les données détaillées sur les systèmes 12V DC pour la partie châssis sont généralement les mêmes que pour un moteur à moteur.

25.12.5.1.1 Borne d'alimentation électrique. Les bornes d'alimentation électrique disposent le plus souvent d'une entrée sous 30 Ampères. Il s'agit d'un système à trois conducteurs, qui est conçu pour alimenter jusqu'à cinq circuits 120V AC. Certains grands véhicules fonctionnent avec une entrée à 50 Ampères. Il s'agit d'un système à quatre conducteurs, qui est composé de deux phases, d'un neutre, et d'une terre. Même s'il y a deux phases, les véhicules de loisirs ne fonctionnent pas sur une alimentation standard 240V AC. Il n'existe aucun système 240V AC dans les véhicules à usage de loisirs. Les terrains de camping disposent généralement de prises 30 et 50 Ampères sur le même boîtier. De nombreux propriétaires installent un système d'alimentation électrique dans leur camping-car. Ils peuvent aussi utiliser des adaptateurs. Par exemple, un véhicule vendu avec un système 50 Ampères, 4 conducteurs, peut se brancher sur une prise 30 Ampères, 3 conducteurs, par l'intermédiaire d'un adaptateur. Ceci peut limiter le nombre de circuits secondaires disponibles à l'utilisation dans le camping-car.

25.12.5.2 Équipements au propane. Le propane est utilisé pour la cuisine, le chauffage et la production de froid. Les bouteilles de propane doivent être conformes aux spécifications de construction du ministère américain des transports : *Specifications for LP-Gas Containers* (49 CFR) ou fabriquées selon les exigences des transports canadiens (TC). Un réservoir fixe de propane doit être conforme aux spécifications de construction : ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, « Rules for the construction of unfired pressure vessels. »

25.12.5.2.1 Régulateurs de propane. En principe il existe deux niveaux de détente sur les véhicules à usage d'habitation. Ils sont nécessaires pour disposer d'une capacité supérieure à l'alimentation totale de tous les équipements fonctionnant au propane. Le premier niveau de détente réduit la pression sortant du réservoir à une pression inférieure à 10psi. Le second niveau de détente permet de réduire la pression jusqu'à entrer à l'intérieur des tolérances de tout le système.

25.12.5.2.2 Capacités maximales en propane. La NFPA 1192 limite la capacité en propane stocké dans les véhicules de loisirs à usage d'habitation ; il ne devrait pas y avoir plus de trois bouteilles ou deux réservoirs. La capacité maximale de chaque bouteille est de 105 lb (47.6 kg) d'eau ou environ 45 lb (20.4 kg) en capacité de propane. La capacité totale maximale en eau est de 200 gallons (0.8 m^3).

25.12.5.2.3 Protection de l'équipement au propane. De nombreux fabricants proposent des protections des bouteilles ou réservoirs et de la tuyauterie contre la chaleur, l'impact et l'abrasion. Il faudrait mesurer la distance entre la bouteille ou le réservoir de propane et les composants produisant de la chaleur. La bouteille ou le réservoir, les canalisations ou les tuyaux peuvent être protégés par un élément de la carcasse du véhicule ou par un écran non-combustible comprenant un espace libre des deux côtés de l'élément du véhicule ou de l'écran. Il faudrait mesurer la distance entre les canalisations ou tuyaux de propane et les composants produisant de la chaleur. Les canalisations ou les tuyaux peuvent être protégés par un élément de la carcasse du véhicule ou par un écran non-combustible comprenant un espace libre des deux côtés de l'élément du véhicule ou de l'écran.

25.12.5.2.4 Cuisinières. Il existe deux équipements de base, les plaques de cuisson ou les brûleurs et le four. Une table de cuisson est un équipement encastré dans un plan de travail. Il n'y a pas de four. Une table de cuisson associée à un four est une cuisinière. Les cuisinières sont installées dans des espaces découpés à cet effet. Ces équipements sont alimentés au propane. Le contrôle des appareils de cuisson est réalisé par un collecteur et des vannes de régulation des brûleurs. Pour des raisons de sécurité, la réglementation impose que les cuisinières soient équipées d'un régulateur de propane non-réglable. Les cuisinières peuvent avoir des flammes pilotes au niveau du four et un dispositif d'allumage par étincelle pour les brûleurs de la table de cuisson. Le respect des espaces libres est important, ces appareils étant spécifiquement conçus pour les volumes confinés présents dans les véhicules de loisirs. Les appareils destinés aux habitations ne sont pas conçus de la même façon et ne conviennent pas pour être installés dans les véhicules de loisirs à usage d'habitation.

25.12.5.2.5 Chauffe-eaux. Les chauffe-eaux sont alimentés au propane ou fonctionnent à l'électricité en 120V AC. Le 12V DC est en général utilisé pour la partie contrôle. Ces appareils sont en principe indépendants. Le propane est enflammé au niveau du brûleur. La chaleur traverse ensuite un échangeur situé dans la réserve d'eau, les gaz de combustion chauds sont ensuite évacués vers l'extérieur. L'ensemble du système est situé en dehors de la zone de vie du véhicule. Les chauffe-eaux sont équipés de flammes pilotes ou d'allumeurs électroniques. Les chauffe-eaux possèdent un thermostat interne qui régule la température de l'eau. Les chauffe-eaux sont équipés d'une soupape tarée à la fois en pression et en température, conçue pour s'ouvrir et évacuer la pression avant d'atteindre un niveau dangereux.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

25.12.5.2.6 Fours. Les fours à chaleur tournante, reliés à un conduit utilisent les principes de la combustion et des transferts thermiques. Sur la plupart des fours les contrôles et la ventilation fonctionnent en 12V DC.

25.12.5.2.7 Réfrigérateurs par absorption à l'ammoniac anhydre. Les réfrigérateurs des véhicules de loisirs ne possèdent normalement pas de compresseurs. Ces réfrigérateurs fonctionnent avec un système d'absorption de la chaleur au sein duquel de l'ammoniac anhydre est chauffé et s'écoule à l'intérieur d'un ensemble de tubulures. Le refroidissement de l'ammoniac anhydre refroidit l'intérieur du réfrigérateur. L'ammoniac anhydre est chauffé par un brûleur au propane, par une résistance chauffante alimentée en 120V AC (système à 2 voies), ou en complément par une résistance chauffante alimentée en 12V DC (3 voies). En principe lorsqu'il y a de l'électricité, le fonctionnement est électrique ; cependant il est possible de sélectionner l'énergie. Le 12V DC est en général requis pour les fonctions de commande. Les réfrigérateurs peuvent être équipés de flammes pilotes ou d'allumeurs électroniques. L'ammoniac anhydre est combustible et peut s'enflammer en cas de fuite sur les tubulures.

25.12.5.3 Systèmes de sécurité

25.12.5.3.1 Détection incendie. Les détecteurs incendie devraient être installés selon les recommandations du fabricant et porter la mention : utilisable dans les véhicules à usage d'habitation selon les exigences de l'ANSI/UL 217.

25.12.5.3.2 Détecteurs de monoxyde de carbone (CO). Les détecteurs de monoxyde de carbone devraient être installés selon les recommandations du fabricant et porter la mention : utilisable dans les véhicules à usage d'habitation selon les exigences de l'ANSI/UL 2034 ou CSA 6.19.

25.12.5.3.3 Détecteurs de propane. Les détecteurs de propane devraient être installés selon les recommandations du fabricant et porter la mention : utilisable dans les véhicules à usage d'habitation selon les exigences de l'ANSI/UL 1484.

25.12.5.3.4 Extincteurs. La NFPA 1192 exige la présence d'au moins un extincteur 10B :C.

25.12.6 Aspects constructifs

25.12.6.1 Éléments extérieurs. L'investigateur devrait avoir quelques connaissances sur la constitution et les principes constructifs des véhicules de loisirs à usage d'habitation. Le principe de construction général se base sur un cadre en acier soudé sur lequel le plancher est fixé. Le plancher peut être constitué de supports en acier, en aluminium, ou en bois sur lesquels les matériaux du sous-plancher en bois ou en composite sont fixés. A la différence des bâtiments de type résidentiel, les véhicules à usage d'habitation sont souvent assemblés de l'intérieur vers l'extérieur. Tous les éléments structurels intérieurs sont installés sur le plancher avant le montage des parois extérieures. Ceci peut comprendre certains des matériels et des équipements. Les parois de côté sont ensuite montées. Les structures de ces parois peuvent être en bois, en acier ou en aluminium, avec des revêtements intérieurs et extérieurs en fibres de verre, en aluminium, ou en acier inoxydable. Les modes de construction récents mettent en œuvre un procédé sous vide pour assembler tous les matériaux de la paroi en un panneau léger, solide et de faible épaisseur. Ces panneaux peuvent être équipés de tout le câblage nécessaire à la fois en 12V DC et en 120V AC. La dernière étape importante est le montage du panneau de toit. Le type de toit le plus courant consiste en un panneau bois sur un cadre en bois recouverts d'une membrane imperméable. On peut également trouver des toits en fibres de verre constitués d'une seule pièce. Les fabricants peuvent garder une paroi ouverte pour faciliter l'installation des matériels ou équipements encombrants.

25.12.6.2 Éléments intérieurs. Par conception et pour des raisons de poids, les matériaux de construction intérieurs peuvent être différents de ceux qu'on trouve dans les bâtiments de type résidentiel. L'intérieur peut être réalisé avec des panneaux renforcés par des fibres ou avec des panneaux en contre-plaqué de qualité « pour l'extérieur » sur un cadre bois ou avec un placage. Une vitesse de propagation de flamme inférieure ou égale à 200 selon l'ASTM E 84 est exigée pour les finitions intérieures des parois, des cloisons, des plafonds, des portes donnant sur l'extérieur, des placards, des zones habitables, des couloirs et salles de bain y compris les parois de la douche ou de la baignoire. Les surfaces des plans de travail peuvent être en matériau naturel (marbre ou granit), synthétique (plastique stratifié), ou placage bois. Des charges calorifiques supplémentaires peuvent être présentes sous la forme de moquette et d'autres matériaux synthétiques utilisés en finition verticale et au plafond. Les exigences sur les vitesses de propagation de flamme ne s'appliquent pas aux baguettes, moulures, meubles, fenêtres, portes, cadres des lucarnes, revêtements ; chambranles des portes, dessus des plans de travail, rails des placards, montants, meneaux, montants de lits, ou parties rembourrées des meubles. Ces combustibles sont susceptibles d'avoir une influence dramatique sur tout départ de feu, affectant au final la propagation et le développement du feu.

25.12.7 Examens des véhicules de loisirs à usage d'habitation. Les dimensions, les écarts derrière les meubles, et les tolérances de conception à l'intérieur de la zone d'habitation sont parfois critiques, selon le système. Les constats et enregistrements des indices, y compris le prélèvement et la mise en sécurité des éléments de preuve, devraient être réalisés selon les recommandations spécifiées au chapitre sur les indices matériels et dans les normes ASTM référencées à l'annexe A de ce guide. S'ils ne sont pas correctement prélevés, des éléments de preuve clés et des données pertinentes susceptibles d'expliquer la cause, pourraient être détruits par l'investigateur. (Voir la Section 16.3.)

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

25.12.7.1 L'examen de l'extérieur du véhicule peut révéler des traces de combustion significatives. Il faudrait être prudent en interprétant les traces autour des enceintes telles que les compartiments du réfrigérateur, du four, ou du chauffe-eau. Ces compartiments dans un camping-car sont ventilés et peuvent constituer des lots combustibles significatifs ; ce qui peut affecter les traces laissées par le feu à l'extérieur.

25.12.7.2 L'analyse des traces laissées par le feu peut aider à déterminer si le feu s'est propagé de l'intérieur du compartiment. La NFPA 1192 exige que l'intérieur de la zone d'habitation soit imperméable à la vapeur venant de l'extérieur. La configuration de la cabine, des matériels et des équipements, ainsi que la position ouverte ou fermée des fenêtres, peuvent avoir une influence sur les caractéristiques de la propagation de l'incendie et sur les traces de combustion résultantes. Les compartiments couramment utilisés pour dormir, pour le séjour, pour la cuisine, pour le stockage ou pour les sanitaires peuvent contenir de nombreux matériaux et être à l'origine de différents scénarios d'ignition.

25.12.7.3 Investigation sur les systèmes et composants spécifiques aux véhicules de loisirs à usage d'habitation. Les systèmes particuliers spécifiques aux véhicules de loisirs à usage d'habitation comprennent : les équipements au propane, les équipements électriques, les systèmes de chauffage, les installations, et les systèmes de sécurité incendie. Ces équipements évoqués du paragraphe 25.12.5.1 au paragraphe 25.12.5.3.4 devraient être examinés et analysés quant à leur rôle possible en tant que source d'ignition ou de chaleur anormale, leur rôle en tant que combustible enflammé en premier ou ultérieurement, et leur rôle sur le développement et la propagation du feu. Ces examens et analyses devraient comprendre l'analyse des défaillances possibles, une installation mal faite ou un mauvais fonctionnement, des dommages précédant l'incendie, une fuite de gaz combustible, et le fonctionnement ou le non-fonctionnement des équipements de sécurité et de contrôle.

25.12.8 Sources d'ignition. Dans la plupart des cas, les sources d'ignition présentes dans les véhicules de loisirs à usage d'habitation seront similaires à celles déjà évoquées dans ce chapitre et à celles associées aux incendies de bâtiments telles que les arcs électriques, les étincelles mécaniques, les conducteurs surchargés, les flammes nues, et les matériaux braisants. Il faudrait en outre prendre en compte les équipements supplémentaires décrits précédemment. Il faudrait également prendre en compte les effets des vibrations, des dommages mécaniques, des rongeurs, ou des déplacements, dus à la conduite ou au fait d'être tracté sur la route.

25.12.9 Identification des véhicules de loisirs à usage d'habitation. La « National Highway Traffic Safety Administration » (NHTSA) exige que tous les véhicules de loisirs à usage d'habitation soient identifiés par un numéro d'identification à 17 signes (numéro VIN). Les fabricants identifient couramment la partie habitable par un numéro VIN et identifient également la marque, le modèle et le numéro de série des principaux équipements. On peut trouver ces informations dans les documents détenus par le propriétaire, sur les inscriptions à l'extérieur de la zone d'habitation, et sur une étiquette située dans un placard. Après un incendie, ces nombres peuvent ne pas être facilement accessibles. Les nombres retrouvés inscrits sur le châssis peuvent être soumis au « National Insurance Crime Bureau » (NICB) ou au « Insurance Bureau of Canada » (IBC) afin de vérifier l'identification du véhicule.

25.12.10 Informations sur les véhicules de loisirs à usage d'habitation. Il existe de nombreuses sources d'informations, à disposition des investigateurs, susceptibles de les aider dans la détermination de l'origine et de la cause du feu. Ces sources comprennent sans s'y limiter : la documentation commerciale, le livret technique du véhicule, les sites internet tels que ceux du fabricant du véhicule ou des sous-traitants. On peut trouver les plans et les options des véhicules sur les sites commerciaux destinés au public.

25.12.11 Véhicules de loisirs dans les bâtiments.

25.12.11.1 Les véhicules de loisirs situés à l'intérieur des garages, des abris, ou d'autres espaces clos devraient être examinés en prenant en compte les combustibles supplémentaires situés dans le bâtiment, en particulier pour rechercher le lieu de départ du feu. La chaleur produite par un incendie ayant pris naissance dans le bâtiment peut être transmise au véhicule et l'endommager.

25.12.11.2 Le cas échéant, l'alimentation électrique du bâtiment doit être examinée afin de vérifier si la tension et la polarité sont compatibles avec les besoins en énergie électrique des véhicules de loisirs et de leurs sous-systèmes. Les données relatives à la prise de la borne d'alimentation électrique peuvent être importantes.

25.12.11.3 La NFPA 1194 fait référence aux parcs ou terrains de camping. Les mêmes éléments sont à prendre en compte lorsque le véhicule est garé sur l'une de ces propriétés. Le cas échéant, tous les services (alimentation en propane ou en électricité, systèmes d'égouts) fournis par le parc ou le terrain de camping doivent être examinés et vérifiés.

25.12.11.4 Les exigences de fonctionnement des systèmes des véhicules de loisirs à usage d'habitation précisent que ces véhicules doivent être garés sur un terrain à peu près plat. Le type de terrain où était garé le véhicule devrait faire l'objet d'un enregistrement. Une jauge de niveau peut être utilisée afin de mesurer une éventuelle pente et d'établir l'inclinaison spécifique de la scène.

25.13 Engins lourds.

Les engins lourds concernent les véhicules utilitaires, les poids lourds, les véhicules de transport de masses (les autobus), les engins de terrassement, les équipements pour la forêt, pour l'exploitation des

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

carrières, pour l'enfouissement, et pour l'agriculture. Certains de ces équipements ont une fonction liée à la manipulation de matériaux, en plus de la fonction déplacement. Ces matériels fonctionnent généralement au gazole et peuvent avoir une transmission hydraulique. Les engins lourds sont victimes des mêmes modes de défaillance que les véhicules ordinaires, mais ils sont aussi susceptibles d'être en défaut par surcharge de la transmission, suite à la défaillance des circuits hydrauliques des équipements de manutention, suite à une défaillance sur un palier, ou suite à l'inflammation des matériaux transportés. Les investigations sur engins lourds nécessitent la connaissance des systèmes concernés, et notamment des systèmes spécifiques au véhicule examiné. Certains équipements lourds peuvent être équipés de systèmes d'extinction fixes.

25.13.1 Camions porteurs et tracteurs de poids moyen et lourds poids-lourds et autobus. La plupart des camions, qu'ils soient porteurs ou tracteurs, sont d'abord construits pour former un ensemble primaire désigné sous le nom de châssis-cabine. Il s'agit là du premier stade de construction de ces véhicules montés en deux ou plusieurs étapes selon le « Title 49 of the *Code of Federal Regulations*, Part 568 », concerne le tracteur. Les constructeurs responsables des étapes suivantes sont typiquement des fabricants de carrosseries et des installateurs, qui vont travailler seulement sur une partie du véhicule ou le compléter entièrement. Les modifications et les ajouts peuvent être très nombreux et concerner la carrosserie, la remorque, ou des modifications électriques ou mécaniques sur le tracteur.

25.13.1.1 Typiquement, les camions et les tracteurs une fois finis, sont des véhicules porteurs construits hors série, conçus pour satisfaire un type d'application spécifique. Les constructeurs de poids-lourds offrent souvent un choix de différents modèles de véhicules et de cabines. Les différentes options et marques permettent un grand nombre de combinaisons d'équipements possibles. L'investigateur devrait s'appliquer à comprendre comment le véhicule a été assemblé, et par qui.

25.13.1.2 Les camions porteurs, les tracteurs avec remorques, et les autobus sont souvent soumis à des conditions d'exploitation sévères, notamment de nombreuses heures de fonctionnement, et un kilométrage élevé. Il en résulte qu'une maintenance et des réparations adaptées, ainsi que des pièces détachées appropriées et de qualité constituent des éléments importants pour la prévention des incendies sur ces véhicules.

25.13.1.3 L'interprétation des traces laissées par le feu est plus compliquée du fait des effets de ventilation spécifiques, des charges calorifiques en différents endroits du véhicule, de systèmes électriques complexes, et d'une propagation du feu inhabituelle du fait d'obstructions ou de confinement par la structure de la remorque ou du tracteur. Les cabines peuvent être assemblées à partir d'une combinaison de pièces en acier, en aluminium, en bois, en fibres de verre, et en plastiques. Les propriétés des différents matériaux et l'influence de la ventilation provenant de vitres ou de portes ouvertes, ou d'ouvertures dans la cabine sont susceptibles de générer des traces de combustion, qui pourraient induire en erreur l'investigateur et l'éloigner des véritables origine et cause. L'utilisation importante de matières plastiques ainsi que le volume et la concentration de matières combustibles telles que les fluides hydrauliques, les filtres à carburant de grande capacité, les huiles de moteur et de boîtes de vitesses peuvent aussi laisser des traces de combustion sans lien avec le lieu d'origine du feu.

25.13.1.4 De nombreux engins utilitaires, tels que les véhicules de ramassage des ordures ou des détritus, les camions de déneigement et de salage et de sablage, les camions aspirateurs, etc. disposent de moyens hydrauliques pour actionner ces divers équipements. Une fuite sur un circuit hydraulique peut projeter du fluide sur une large zone avec la possibilité d'une inflammation au contact des pièces chaudes du système d'échappement.

25.13.1.5 Du fait que les camions poids lourd ont souvent des réservoirs de carburant d'une capacité de 757 L (200 gal), un feu prenant naissance sur de tels camions, où l'arrivée des secours se fait attendre, peut concerner la totalité du carburant, causant alors des dommages sévères. Ceci rend souvent la détermination de l'origine et de la cause du feu, plus difficile. Dans les régions froides, beaucoup de véhicules sont équipés de systèmes de chauffage programmables pour le fluide de refroidissement, et de systèmes de chauffage pour le carburant et l'huile moteur. Des systèmes de chauffage, pour les cabines avec couchettes, fonctionnant au gazole existent également. Ces équipements devraient également être examinés, afin de déterminer, s'ils pourraient avoir joué un rôle dans l'éclosion du feu.

25.13.1.6 Les équipements électriques sur ces véhicules sont nécessairement plus importants et plus complexes que sur d'autres véhicules ; ils peuvent comprendre des systèmes dans lesquels circulent de fortes intensités, des systèmes 12 ou 24 volts, des systèmes fonctionnant en courant alternatif, ainsi que des circuits basse tension multiplexés. Certains moteurs sont équipés de systèmes de chauffage électrique pour le collecteur d'air entrant ou de prises allume-cigare fonctionnant avec des courants forts. Certains câbles de faible section et certains relais de forte capacité restent souvent sous tension ; ils peuvent être en défaut et occasionner un départ de feu, ou se mettre en défaut consécutivement à un feu.

25.13.1.7 Les camions porteurs de poids moyens et les poids-lourds, les tracteurs des semi-remorques, et les autobus sont équipés de freins à circuit hydraulique ou à air. Les freins à air, fonctionnent avec de l'air pressurisé par un compresseur jusqu'à 827 kPa (120 psi). Un tuyau d'air endommagé (tube en plastique ou en caoutchouc armé avec une tresse en acier) ou bien un tube en acier endommagé au moment du départ de feu

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

ou au cours du feu, peut ventiler le feu de façon significative. Ceci peut générer des traces de combustion sans rapport avec la cause du feu. Les incendies de freins et de pneus peuvent se produire, lorsque les freins sont bloqués, alors que le véhicule roule. La plupart des moteurs contrôlés électroniquement sont susceptibles de développer un couple suffisamment élevé à faible vitesse pour vaincre le frein de stationnement. Les pneus peuvent parfois prendre feu en roulant, lorsqu'ils sont sous-gonflés, ou si des débris de la route viennent se coincer entre les deux pneus d'un train double.

25.13.2 Véhicules de transport de personnes. Les autobus peuvent fonctionner au gazole, au gaz naturel ou avec un système hybride gazole-électrique. Beaucoup sont équipés de pots catalytiques et de silencieux. Les systèmes à air comprimé sont similaires à ceux des poids-lourds. Les systèmes d'air conditionné, les équipements électriques 24 volts continu, l'alternateur 24 volts continu 270 ampère, le système hydraulique de conduite assistée, les rampes pour fauteuils roulants, les moteurs des ventilateurs, et les systèmes de chauffage auxiliaire du fluide de refroidissement sont communs aux différents véhicules. De nombreux autobus sont équipés de systèmes d'extinction automatique. Certains autobus urbains ont des vitres incassables, en plastique, et qui sont donc combustibles. De nombreux autobus et autocars sont équipés de sièges peu combustibles ou ignifugés. Les autocars, qui circulent d'une ville à l'autre par autoroutes, ont des composants similaires, dans le compartiment moteur à ceux des autobus urbains, mais ils sont équipés d'un moteur diesel plus puissant.

25.13.3 Engins de terrassement. Pour les engins sur roues, l'énergie produite par le moteur est souvent transmise mécaniquement. Les engins sur chenilles sont généralement mus par des moteurs à transmission hydraulique. Presque tous les équipements mobiles montés sur ces engins, fonctionnent hydrauliquement. Les composants hydrauliques endommagés ou les fluides hydrauliques qui fuient, peuvent entrer en contact avec une source d'inflammation suffisante pour occasionner un départ de feu. La cause du dommage sur le système hydraulique devrait faire l'objet d'investigations.

25.13.4 Engins de transport en forêt et d'exploitation du bois. Un feu qui démarre sur un tel équipement, peut brûler complètement le véhicule, s'il n'est pas éteint par un système d'extinction automatique embarqué. Presque toutes les fonctions de l'engin sont gérées hydrauliquement, et les conditions d'intervention en forêt, chaotiques par nature, font que les canalisations hydrauliques peuvent se trouver endommagées. Des fuites sur le circuit hydraulique, dont la pression peut monter jusqu'à 41,368 kPa (6000 psi), peuvent entrer en contact avec le turbocompresseur ou avec d'autres composants du système d'échappement, et s'enflammer. Des accumulations de sciures ou de poussières de bois sont susceptibles de s'enflammer au contact de composants chauds ou par frottements.

25.13.5 Engins d'enfouissement des déchets. Les engins d'enfouissement des déchets posent un problème supplémentaire, à savoir que si un engin prend feu, les combustibles présents dans les déchets peuvent aussi s'enflammer. L'accumulation non désirée de débris combustibles sur les engins d'enfouissement de déchets, fournit souvent le combustible initial et le combustible secondaire. Ceci se règle souvent par un nettoyage régulier même si dans la pratique le nettoyage journalier idéal n'est pas toujours réalisé. Pour ces raisons, la présence de système d'extinction est courante sur les engins d'enfouissement de déchets.

25.13.6 Machines agricoles. Les moissonneuses-batteuses, les ramasseuses-presses, et les tracteurs possèdent de nombreux composants hydrauliques avec un risque de fuite de fluide comme sur les autres engins. Les ramasseuses-presses peuvent récupérer des objets, se trouvant dans le champ, susceptibles de provoquer des étincelles contre les pièces métalliques de la machine lors de la mise en bottes des végétaux secs, et ainsi mettre le feu à ces végétaux. On ne trouvera plus trace des produits, qui se sont enflammés après l'incendie. Des paliers usés ou non-lubrifiés peuvent s'échauffer, et mettre le feu à des végétaux accumulés. Le démontage des roulements, après l'incendie, devrait permettre d'identifier les paliers endommagés, le cas échéant. Les oiseaux et les petits rongeurs sont susceptibles de bâtir des nids à l'intérieur des engins agricoles, lorsque ceux-ci ne sont pas utilisés ; et si ces nids sont situés à proximité de l'échappement, ils peuvent s'enflammer au contact des composants chaud, lors d'une utilisation ultérieure.

25.14 Introduction aux engins et équipements agricoles. Cette section traite des investigations relatives aux incendies d'engins agricoles autopropulsés et d'équipements agricoles tractés. Un engin agricole autopropulsé est un équipement fonctionnant à l'aide d'un moteur à combustion interne, ne nécessitant pas d'être poussé ou tiré par un autre engin. Les équipements agricoles tractés doivent être connectés à un tracteur ou à un équipement similaire et être tirés ou poussés en vue d'accomplir le travail pour lequel ils sont conçus. Les fonctions courantes assurées par les équipements tractés comprennent la culture, la plantation, la fertilisation, l'arrosage et l'irrigation des sols ainsi que la moisson. Les engins tractés possèdent généralement des équipements mus hydrauliquement ou peuvent nécessiter pour leur fonctionnement d'être connectés au tracteur pour la fourniture d'énergie. Beaucoup d'engins tractés ont besoin d'énergie hydraulique pour la transmission hydraulique à bord ou d'énergie électrique pour l'éclairage, les commandes électroniques, et les capteurs. Les paragraphes suivants portent sur la

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

classification, et la description des différents types d'engins susceptibles d'être rencontrés, les équipements spécifiques, et les dangers particuliers qui leur sont associés.

25.14.1 Aspects sécurité des investigations sur les engins agricoles. En plus des recommandations établies ci-avant dans le chapitre sur la sécurité, il faut prendre en compte les dangers suivants susceptibles d'être rencontrés lors des investigations après un incendie.

25.14.1.1 En raison du type de fabrication et du mode d'utilisation des engins agricoles, l'investigateur peut s'attendre à trouver des particules issues de matériaux composites carbonisés (comme des fibres de verre), et de la végétation brûlée ou en décomposition. Les bords tranchants du verre resolidifié ou de métaux peut causer des blessures profondes ou plus superficielles. La taille et l'encombrement mêmes des engins agricoles créent au niveau de la tête un environnement empreint de risques potentiels de chocs susceptibles d'entraîner des blessures à la tête ou aux yeux. Les investigations peuvent nécessiter de travailler en hauteur avec pas ou peu d'espace ou de plateforme, et des surfaces glissantes ou irrégulières générant des risques de glissade ou de chute. Des échelles ou d'autres équipements adaptés au travail en hauteur peuvent être nécessaires pour atteindre les zones les plus élevées de ces engins. La présence de ces dangers peut requérir d'utiliser des équipements de sécurité ou des procédures complémentaires comme mentionné dans le chapitre sur la sécurité.

25.14.1.2 Des matières dangereuses telles que le carburant, des herbicides, des pesticides, et d'autres produits chimiques pour l'agriculture peuvent se trouver dans différents réservoirs ou conteneurs situés sur le véhicule. Le volume potentiellement important des réservoirs de stockage (carburant, fluide hydraulique, eau, produits chimiques) est susceptible d'engendrer des fuites ou des nappes de liquide substantielles. Des produits chimiques sont également susceptibles d'être présents à l'état de poudre ou de granulés. Le sol autour des engins concernés peut être contaminé par ces produits. L'exposition à ces matières peut soulever des questions de sécurité telles que : les atteintes par inhalation, les brûlures chimiques, les irritations, les glissades ou les chutes. La présence de ces dangers peut requérir d'utiliser des équipements de sécurité ou des procédures complémentaires comme mentionné dans le chapitre sur la sécurité.

25.14.1.3 Les conditions ou la position d'un engin agricole après un incendie peuvent être instables. Des dispositions identiques à celles déjà évoquées dans ce chapitre devraient être prises pour stabiliser l'engin avant de démarrer les observations, comme cela est demandé. Des pièces mécaniques ou des composants sont susceptibles de tomber, piquer, glisser, cisailler, rompre, s'effondrer, ou émettre des liquides ou gaz sous pression. Il faudrait prendre des dispositions pour identifier ces dangers potentiels et réaliser la mise en sécurité avant de mener les investigations.

25.14.1.4 Les incendies d'engins agricoles se produisent généralement dans les champs, sur les routes ou dans les hangars. Les engins qui brûlent dans les champs soulèvent d'autres risques potentiels dont un terrain irrégulier, un sol mou, la présence d'eau, de boue, de neige, de plantes, de serpents et d'insectes. Les engins agricoles calcinés peuvent fournir des cachettes pour les reptiles et les rongeurs. Les incendies d'engins agricoles dans les bâtiments peuvent générer des risques supplémentaires tels que l'effondrement, l'exposition à des substances chimiques, l'effondrement de matières empilées ou stockées, ou la présence d'outils tranchants ou pointus ou d'autres engins.

25.14.2 Classification et description des équipements. Concernant les caractéristiques d'une marque ou d'un modèle particulier d'équipement, on peut consulter les informations fournies par le fabricant sur cet équipement spécifique.

25.14.2.1 Tracteurs. Les tracteurs sont utilisés pour tirer ou pousser des machines ou des remorques, soulever, transporter, porter, creuser, labourer, arroser, pulvériser, planter, et réaliser d'autres tâches analogues. La plupart des tracteurs couramment utilisés dans les fermes fonctionnent avec des moteurs à essence ou au gazole. Les tracteurs peuvent être soit des tracteurs conventionnels linéaires ou des tracteurs articulés qui pivotent en leur milieu. Le moteur est en principe situé devant le poste de conduite. Les tracteurs peuvent être équipés d'un système de transmissions manuelles, hydrauliques, ou hydrauliques avec assistance électronique. Les tracteurs ont deux ou quatre roues motrices. Ils sont équipés de freins à disques ou à tambour.

25.14.2.1.1 PTO (Power Take Off). Les tracteurs sont équipés d'un PTO, qui consiste en un arbre relié à la transmission du tracteur. Un axe est fixé entre le tracteur et un équipement pour fournir une énergie de rotation. Les PTO peuvent être montés à l'avant, au milieu ou à l'arrière du tracteur.

25.14.2.1.2 Composants hydrauliques. Les tracteurs sont susceptibles de disposer d'accessoires mus hydrauliquement. Divers pompes, vannes et tuyaux hydrauliques sont nécessaires au fonctionnement.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

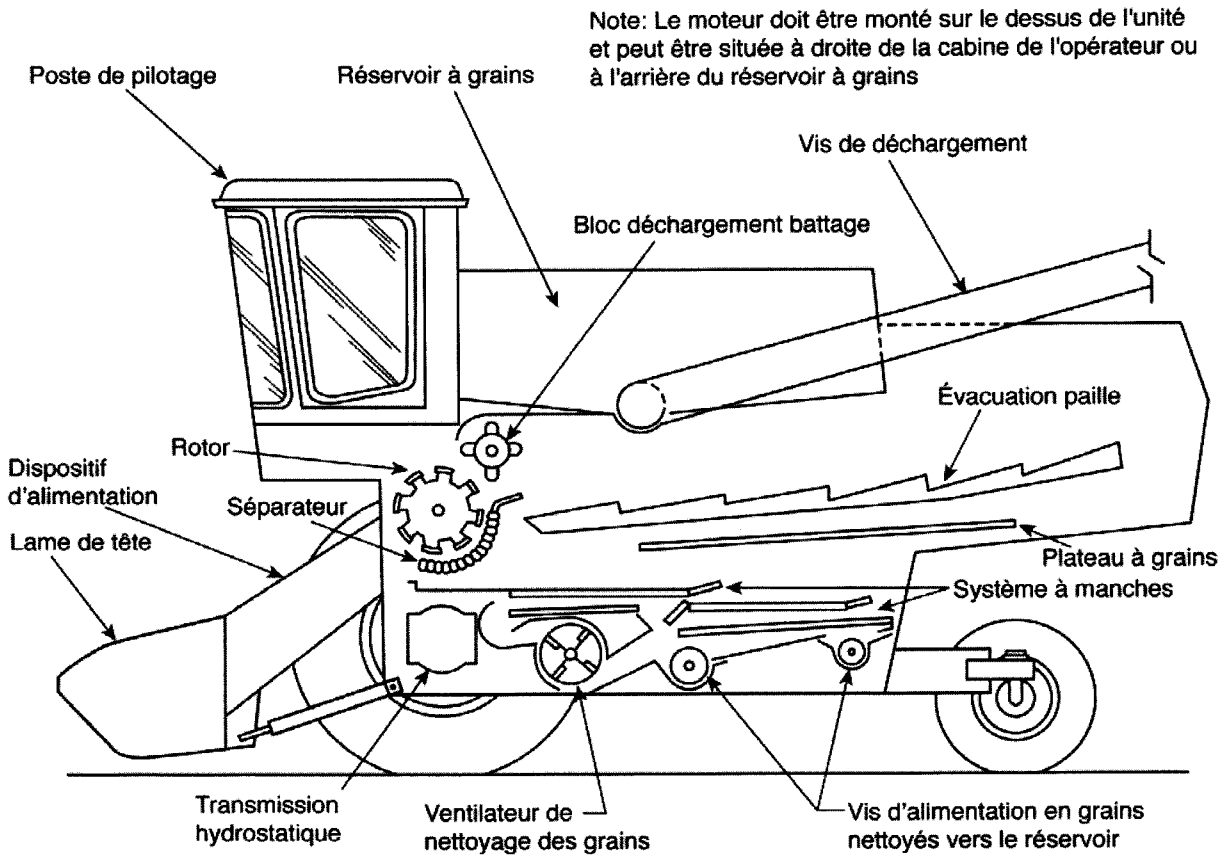


FIGURE 25.14.2.2 Terminologie utilisée sur une moissonneuse-batteuse.

25.14.2.2 Moissonneuses-batteuses. Les moissonneuses-batteuses sont utilisées pour moissonner le maïs, le soja, le blé et autres céréales. Au cours de la moisson la moissonneuse-batteuse remplit trois fonctions distinctes. Premièrement, un système de lames, généralement appelé « lame de tête », coupe les céréales à moissonner. Les céréales sont ensuite prélevées et transportées au travers d'un équipement de battage qui sépare et élimine les matières indésirables (résidu). Les céréales battues sont ensuite acheminées dans un système de nettoyage et dans une trémie ou un réservoir. Lorsque la trémie est pleine, les céréales sont déchargées mécaniquement dans une remorque de transport ou dans un camion. La plupart des moissonneuses-batteuses couramment exploitées dans les fermes aujourd'hui sont équipées de moteurs turbo-diesel. Les moteurs sont généralement transversaux et montés en partie haute à l'arrière du réservoir à grains. Sur certaines vieilles machines, on peut trouver le moteur sur le côté droit du poste de conduite, à l'avant du réservoir à grains. Les moissonneuses-batteuses sont généralement équipées de transmissions hydrostatiques. Sur une moissonneuse-batteuse les roues avant sont les roues motrices alors que les roues arrière assurent la direction. Sur les nouveaux équipements un moteur à transmission hydraulique peut être utilisé pour propulser les quatre roues. (voir la figure 25.14.2.2.)

25.14.2.2.1 Lames de tête. Il existe différentes configurations de lames permettant de moissonner les cultures. Les lames de tête sont fixées à l'avant de la moissonneuse-batteuse par l'intermédiaire d'un système de verrouillage qui autorise leur changement et leur ajustement. Pour fonctionner, la lame de tête doit également être raccordée hydrauliquement et électriquement.

25.14.2.2.2 Système de battage et de nettoyage des céréales. Dès que les céréales sont coupées, elles sont acheminées vers un système de cylindres et de plateaux afin de séparer les déchets des céréales. Les céréales sont ensuite dirigées à travers une série de tamis à l'aide d'un ventilateur pour parfaire le nettoyage des grains. Les déchets sont transférés sur une série de plateaux distincts vers l'arrière de la moissonneuse-batteuse où ils sont réduits en petits morceaux. Un disperseur mécanique peut être utilisé à l'arrière de la moissonneuse-batteuse pour éparpiller les déchets au sol derrière la machine au fur et à mesure que celle-ci avance dans le champ.

25.14.2.2.3 Système de déchargement. Après que les céréales aient été nettoyées, elles sont envoyées dans une trémie ou dans un réservoir à grains. Le réservoir est muni de capteurs qui avertissent l'opérateur lorsque celui-ci est plein. Une vis sans fin déplace les céréales moissonnées sur une glissière et les décharge dans une remorque attenante.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

25.14.2.3 Moissonneuses à fourrage. Les moissonneuses à fourrage (aussi connues sous le nom de moissonneuses d'ensilage, machines à fourrage, ou machines d'ensilage) sont des équipements analogues qui moissonnent les champs de céréales pour faire du fourrage. Le fourrage est constitué d'herbes, de céréales, ou d'autres plantes qui ont été coupées en petits morceaux, compactées, et ensuite laissées fermenter partiellement pour fournir de la nourriture à destination du bétail. Le foin est obtenu par un procédé similaire mais la matière moissonnée est sèche. Les moissonneuses à fourrage utilisent des lames de tête spéciales qui coupent les plantes et les acheminent ensuite vers une série de tambours rotatifs, qui mettent en œuvre des couteaux en acier pour hacher les végétaux en petits morceaux (fourrage ensilé). Le fourrage est ensuite envoyé dans un dispositif d'accélération analogue à un ventilateur rotatif, qui élève violemment la matière et la décharge par une glissière dans une remorque attenante. La plupart des moissonneuses à fourrage couramment utilisées dans les fermes aujourd'hui sont équipées de moteurs turbo-diesel. Les moteurs sont généralement montés dans l'alignement à l'arrière de la moissonneuses. Les moissonneuses à fourrage sont généralement équipées de transmissions hydrauliques assistées électroniquement. Sur une moissonneuse à fourrage les roues avant sont les roues motrices alors que les roues arrière assurent la direction. Les moissonneuses peuvent être équipées de quatre roues motrices.

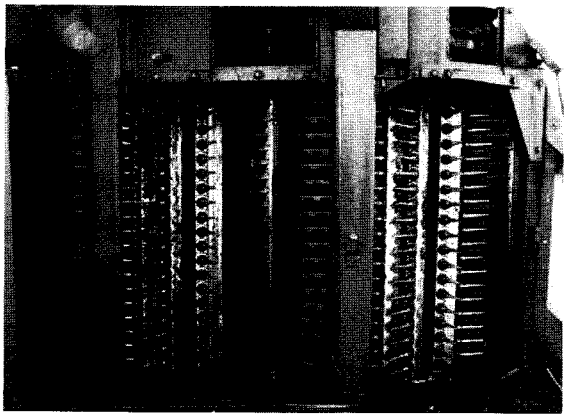


FIGURE 25.14.2.4.1(a) Vue en élévation des composants internes d'une unité de séparation .

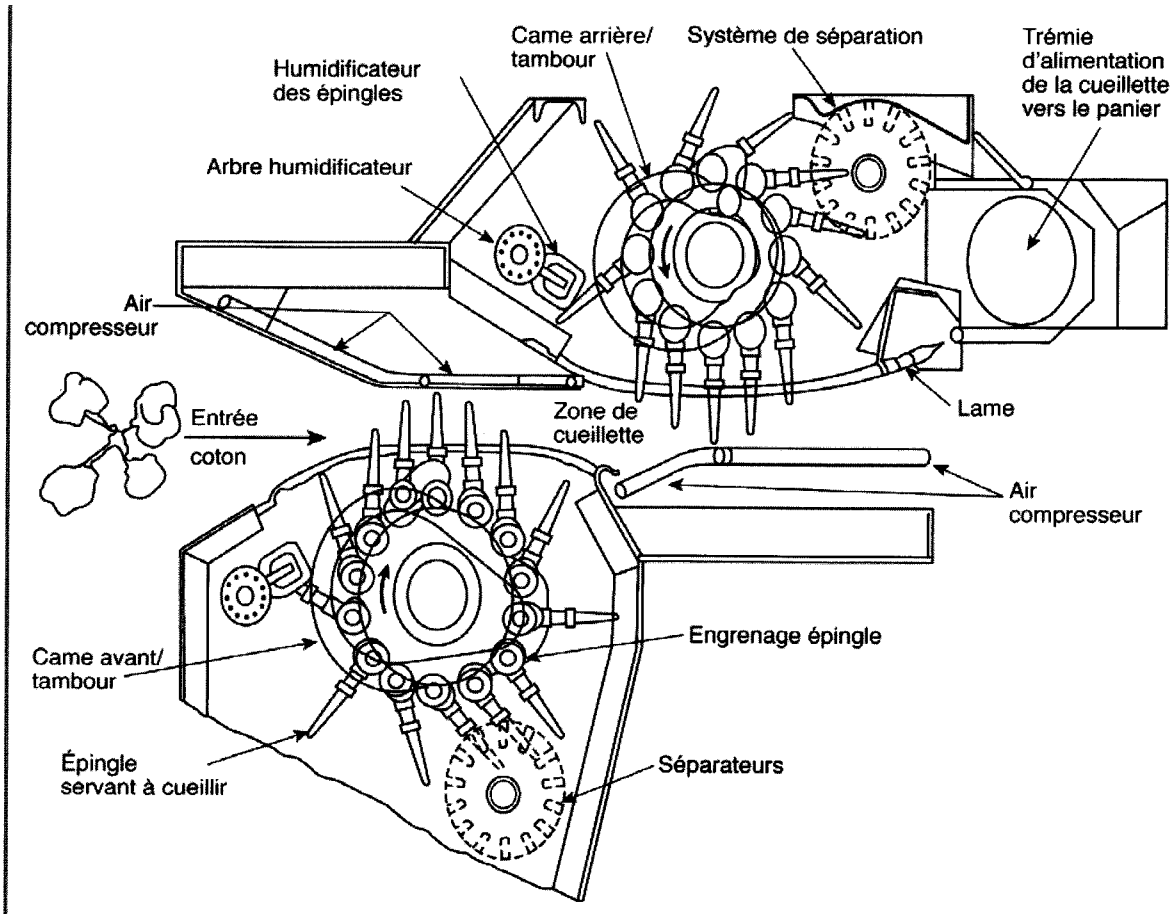


FIGURE 25.14.2.4.1(b) Schéma d'une unité de séparation.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

25.14.2.4 Machines à récolter le coton. Ces machines récoltent le coton en utilisant des accessoires constitués de fûts pour la cueillette. Des rangées d'épingles barbelées tournent à grande vitesse pour prélever le coton sur la plante. Le coton est enlevé des épingles par rotation en sens inverse puis est soufflé vers le haut dans un grand panier en acier monté à l'arrière de la machine. La machine à récolter le coton est conçue, pour vider le coton cueilli dans un panier en acier distinct, à l'aide d'un bras compacteur hydraulique, dès que le panier de cueillette est plein. Les machines à récolter le coton de conception évolutive, prennent le coton cueilli, forment une balle ronde ou carrée, l'emballe, et éjecte la balle exactement comme une machine faisant des balles de foin (voir ci-après). La plupart des machines à récolter le coton couramment utilisées sont équipées de moteurs turbo-diesel. Les moteurs sont généralement transversaux, montés sous et à l'arrière du poste du conducteur, près du centre de la machine. Les machines à récolter le coton sont généralement équipées de transmissions hydrauliques. Sur une machine à récolter le coton, les roues avant sont les roues motrices alors que les roues arrière assurent la direction et fournissent une assistance à la propulsion. Les machines à récolter le coton sont généralement équipées de freins à disques, à tambour ou de freins hydrauliques.

25.14.2.4.1 Unités de séparation. Les unités de séparation sont reliées à la lame de tête à l'avant de la machine à récolter le coton. Les processus de moissonnage et de séparation se déroulent dans les unités de séparation. Les unités individuelles sont reliées à la lame de tête de façon à permettre un réglage facile. Les unités de séparation sont raccordées au réseau hydraulique, électrique et à l'eau. Le fonctionnement mécanique des unités est généralement réalisé par le PTO. Les connexions électriques sont destinées au réglage fin des unités de séparation et au fonctionnement des capteurs. Chaque unité de séparation contient une série de tambours verticaux équipés de nombreuses épingles effilées et humides qui extraient le coton des graines. Alors que les épingles passent à proximité des reliefs recouverts de caoutchouc, le coton nettoyé est éjecté des tiges. Le coton libéré est ensuite recueilli au pied des unités de séparation où de l'air est soufflé pour expulser le coton à l'extérieur, sur une glissière en plastique reliée à chaque unité de séparation, à l'intérieur d'un panier, qui est situé juste à l'arrière du poste de conduite, au-dessus de la partie arrière de la machine. [Voir la figure 25.14.2.4.1(a) et la figure 25.14.2.4.1(b).]

25.14.2.4.2 Système d'humidification. Le système d'humidification est spécifique aux machines à récolter le coton ; il est constitué d'un réservoir d'eau, d'une pompe, et d'un système de distribution. Selon la conception, le réservoir peut être situé soit à l'intérieur de la structure, sous le panier, à l'arrière de la machine ou juste derrière le poste de conduite et devant le panier. Le système d'humidification humidifie les épingles au cours des opérations afin d'accroître l'efficacité de la cueillette du coton alors qu'il passe dans l'unité de séparation.

25.14.2.4.3 Système hydraulique. Le système hydraulique fait fonctionner les unités de séparation, les roues motrices, les freins, la direction, et le système d'élévation du panier. Les composants du système hydraulique comprennent un réservoir de grande capacité, une pompe, un collecteur pourvu de vannes, des tuyaux, et des systèmes de liaison.

25.14.2.4.4 Système de lubrification. Les machines à récolter le coton possèdent également un système de lubrification distinct pour les unités de séparation. Ce système de lubrification comprend un réservoir non-métallique pour le lubrifiant, une pompe de lubrification, un boîtier de contrôle, des tuyaux et des systèmes de liaison. Le lubrifiant à base d'huile constitue une charge combustible supplémentaire au sein des unités de cueillette dans l'éventualité d'un incendie.

25.14.2.5 Pulvérisateurs. Les pulvérisateurs peuvent être des machines autotractées équipées de réservoirs contenant la solution, de bras, et d'un système de distribution de la solution spécifiquement conçu pour les solutions de produits chimiques destinées à traiter les cultures. La plupart des pulvérisateurs ont des caractéristiques similaires à celles des tracteurs de fermes. La différence principale entre les deux est que les pulvérisateurs sont surélevés afin de disposer d'une hauteur suffisante par rapport au sol et au-dessus des cultures en cours de mûrissement. La plupart des pulvérisateurs ne possèdent pas de prise PTO. Les pulvérisateurs peuvent également se trouver sous la forme d'équipements complémentaires aux tracteurs standards.

25.14.2.6 Machines pour essaimage, aspersion, épandage, et application d'engrais. Chacun de ces équipements est conçu pour une application spécifique en agriculture et possède des caractéristiques proches de celles des pulvérisateurs. Chacun de ces équipements peut également se trouver sous la forme d'équipement complémentaire aux tracteurs standards.

25.14.2.7 Ramasseuse-presse. Une ramasseuse-presse sert à compresser des végétaux coupés et couchés au sol (tels que le foin, la paille, les tiges de céréales ou d'arachide) en balles rondes ou carrées, qui sont ficelées à l'aide de ficelle, de fil, ou d'un emballage synthétique.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

25.14.2.7.1 Presses à balles rondes (*Round-balers*). Les presses à balles rondes constituent des balles rondes ou enroulées de foin ou de fourrage. Les végétaux sont enroulés dans la presse à balles rondes par l'intermédiaire d'une série de courroies en caoutchouc et de rouleaux fixes. Lorsque la balle atteint une taille prédéterminée, elle est ficelée et déchargée par l'arrière.

25.14.2.7.1.1 Chambre de formation des balles. La chambre de formation des balles est située au centre de la machine. Elle contient une série de courroies rotatives en caoutchouc, montées côte à côte, circulant autour d'une série de cylindres libres, qui génèrent le rouleau ou la balle. Des végétaux supplémentaires sont ajoutés côté extérieur du rouleau. Dès que le rouleau est achevé, l'opérateur le prépare pour le décharger.

25.14.2.7.1.2 Barrière. Une barrière hydraulique est située à l'arrière de la ramasseuse-presse. La barrière s'ouvre pour décharger la balle, puis se referme, et la formation d'une nouvelle balle commence. Certains modèles sont équipés d'un éjecteur de balle ou d'une rampe fonctionnant hydrauliquement.

25.14.2.7.2 Ramasseuse-presse à balles carrées. Une lame coupe le foin à l'endroit où il pénètre dans la chambre après avoir été cueilli. Un piston mû mécaniquement pousse le foin vers l'arrière, le compressant entre de fines plaques ou éléments qui permettent de former la balle. Un dispositif de mesurage compare la longueur de la balle à une longueur prédéfinie et déclenche le mécanisme de ficelage de la balle. Lorsque la balle suivante est formée, la balle terminée est acheminée à l'extérieur de la zone arrière de la chambre de formation des balles. Certaines ramasseuses-presses à balles carrées sont équipées pour éjecter les balles hydrauliquement par une glissière vers une remorque reliée à la machine.

25.14.2.7.3 Ramasseuse. La ramasseuse possède une série de dents pour récupérer les végétaux qui ont été entassés grossièrement et se trouvent en-dessous de la zone avant de la ramasseuse-presse. La ramasseuse, qui fonctionne avec une chaîne et des pignons associés à un engrenage principal, rassemble les végétaux et alimente la chambre de formation des balles.

25.14.2.7.4 Système d'engrenage. Ces systèmes possèdent une série de chaînes, de pignons, et de poulies de tension libres, qui servent à faire fonctionner la ramasseuse ainsi que la courroie et le système de rouleaux. On peut trouver ces composants derrière les panneaux de portes qui se lèvent ou basculent, ou derrière les trappes de visite verrouillées, permettant l'accès aux points de fixation des rouleaux. Le système d'engrenage est mû par une boîte de vitesses située sur la ramasseuse-presse par l'intermédiaire d'un arbre relié au PTO du tracteur.

25.14.2.7.5 Système hydraulique. La pression hydraulique est fournie à la ramasseuse-presse par le tracteur via un système de liaisons hydrauliques. Les équipements à bord comprennent des lignes hydrauliques, des vannes, et des raccords.

25.14.2.7.6 Système électrique. Sur une ramasseuse-presse les circuits électriques font fonctionner l'éclairage et les capteurs, et sont alimentés et protégés par le système électrique du tracteur.

25.14.3 Aspects spécifiques relatifs à la sécurité.

25.14.3.1 Réservoirs de fluides. Sur les engins agricoles, tous les réservoirs de fluides ont tendance à être plus volumineux. La capacité des réservoirs de gazole peut atteindre plusieurs centaines de gallons afin de permettre un fonctionnement sans interruption pendant plusieurs heures. De grandes quantités de liquides combustibles peuvent être répandues avant ou au cours d'un incendie, ce qui peut augmenter la vitesse et l'intensité du feu. Ceci peut potentiellement brouiller les traces laissées dans les premières phases de l'incendie. Le réservoir de gazole peut ne pas être en métal et se trouver en partie haute du véhicule. La matière constitutive du réservoir peut aussi participer à la charge calorifique du véhicule.

25.14.3.2 Équipements internes. En raison du mode de fabrication de ce type d'équipement, des outils ou une assistance spécifiques peuvent être nécessaires pour accéder aux zones internes. L'investigateur peut chercher assistance auprès de personnes possédant une grande expérience de la marque et du modèle de l'équipement en question afin de finaliser les investigations tout en préservant les éléments de preuve. Se référer au chapitre sur les aspects juridiques pour des informations complémentaires concernant la détérioration des preuves, l'information aux parties, et les procédures recommandées concernant les essais destructifs avant tout démantèlement des équipements.

25.14.3.3 Risques électriques en hauteur. La hauteur normale des engins agricoles peut dépasser la hauteur des véhicules standards, tels que les semi-remorques. Les hauteurs auxquelles s'effectue le travail peuvent également être plus grandes lors d'opérations de déversement ou de tout autre tâche raisonnablement prévisible. Les terrains agricoles traversés ou bordés de lignes électriques haute tension peuvent créer un danger supplémentaire, du fait que ces lignes sous tension pourraient entrer en contact avec un engin agricole en train de réaliser ses tâches courantes. Dans l'éventualité où un engin agricole serait entré en contact avec une ligne électrique sous haute tension, l'investigateur devrait prendre toutes les mesures nécessaires à s'assurer que le conducteur électrique (lignes) a été correctement coupé, testé et mis à la terre par du personnel qualifié appartenant au fournisseur d'électricité, avant de s'approcher de l'engin pour les investigations. Il faudrait établir un périmètre de sécurité d'au moins 10 pieds à partir de l'équipement concerné, comme demandé par l'OSHA, mesure à faire appliquer par l'investigateur jusqu'à ce que les

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

lignes électriques aient été correctement coupées, vérifiées et mises à la terre par du personnel qualifié travaillant pour le fournisseur d'électricité.

25.14.3.4 Panier en position haute. Les incendies de machines à récolter le coton peuvent se produire au sein du coton récolté et déposé dans le panier. Une réaction courante de l'opérateur consiste à essayer d'évacuer le coton du panier et à déplacer la machine suffisamment loin du coton qui brûle. Si l'opérateur ne parvient pas à terminer cette action, le panier peut se trouver en position haute par rapport à la position qu'il occupe normalement sur le support. La machine peut être instable du fait de cette configuration ou le panier lui-même peut avoir besoin d'être sécurisé avant que les investigations puissent être démarrées. Dans certains cas, le panier peut être tombé sur le côté de la machine, gênant l'examen du système hydraulique. Une assistance ou un équipement spécifiques peuvent être nécessaires pour accéder en toute sécurité aux zones situées sous le panier.

25.14.3.5 Défaillance de la barrière. Sur les presses à balles rondes, la défaillance du système hydraulique de la barrière peut conduire à un écrasement sévère ou au risque de formation d'une sorte de piège. Il faudrait prendre des mesures pour sécuriser la barrière si celle-ci est ouverte.

25.14.3.6 Système hydraulique d'éjection des balles. On peut trouver des systèmes d'éjection des balles en option sur certaines marques de ramasseuses-presses à balles carrées. Ces systèmes d'éjection sont mus hydrauliquement et commandés pour leur fonctionnement par des capteurs et des interrupteurs électriques. Le système hydraulique est indépendant et préchargé. La pompe hydraulique est alimentée par le PTO du tracteur. Des ressorts peuvent avoir été montés pour participer au processus d'éjection. Le système d'éjection des balles fonctionnant hydrauliquement, il ne présente pas de risque, après un incendie sauf si la machine est mise en fonctionnement.

25.14.4 Causes d'incendie spécifiques.

25.14.4.1 Seconde récolte. La seconde récolte se pratique dans les champs qui ont déjà fait l'objet d'une première récolte, et consiste à récolter le coton encore attaché à la graine. Lors de cette récolte, la plante est morte depuis quelques temps et est généralement très sèche. Dans ces conditions sèches, l'eau n'est pas nécessaire pour faciliter le nettoyage des épingles comme cela l'est lors de la première récolte. La pompe à eau est en dehors de la ligne pour la protéger du risque de cavitation, de surchauffe, et d'altération des joints. Au cours de cette opération, des quantités importantes de résidus de végétaux peuvent s'accumuler dans l'unité de séparation causant des frictions avec les composants mécaniques en rotation ou bien ces résidus de végétaux compressés peuvent faire sortir les composants mécaniques en rotation en dehors de l'alignement, conduisant à un contact métal contre métal entre les épingles ou avec les composants métalliques du capotage de l'unité de séparation. Les particules incandescentes générées lors de ces frottements sont susceptibles d'enflammer des poussières de coton accumulées ou des résidus de céréales et peuvent être véhiculées par la ventilation jusque dans le panier, enflammant alors le coton récolté.

25.14.4.2 Matières combustibles étrangères. La récolte et l'accumulation de matières étrangères combustibles sont susceptibles de se produire en divers endroits d'un engin agricole. Ces matières comprennent les débris ou résidus de végétaux combustibles susceptibles de s'accumuler dans ou autour des composants du système d'échappement et du turbocompresseur. Elles peuvent également s'accumuler dans le filtre à air, et l'obstruer, entraînant des températures de fonctionnement supérieures aux températures nominales attendues. Des débris ou résidus végétaux sont également susceptibles de s'accumuler dans et autour des courroies, des chaînes, des pignons, des arbres en rotation, ou de toute autre pièce en mouvement, conduisant à une inflammation suite à l'échauffement engendré par la friction. La présence de matières combustibles étrangères est susceptible de devenir un point extrêmement critique du point de vue du risque incendie avec l'augmentation des températures de fonctionnement des composants du moteur, requise par la modification des exigences relatives aux émissions atmosphériques. (voir la figure 25.14.4.2.)

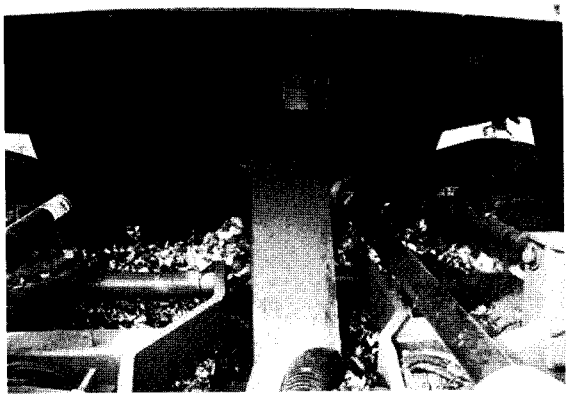


FIGURE 25.14.4.2 Matière combustible étrangère accumulée dans une machine à récolter le coton.

25.14.4.3 Maintenance. Les engins agricoles ont besoin d'une maintenance régulière comme cela est souligné dans les manuels d'utilisation de ces équipements. Si le calendrier de maintenance prédéfini n'est pas respecté, il peut en résulter une augmentation du risque d'incendie. Le type de culture à moissonner, les conditions d'environnement au moment de la moisson, et le

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

temps dont dispose le fermier pour terminer ce travail, tous ces facteurs affectent la capacité du fermier à suivre et à adhérer à un calendrier de contrôle et de maintenance adapté et acceptable. Interroger le propriétaire et/ou le conducteur de l'équipement, et examiner les enregistrements relatifs à la maintenance (s'ils existent) sont utiles pour déterminer si l'historique de l'équipement concerné relativement à sa maintenance peut avoir joué un rôle par rapport à l'origine et à la cause du feu.

25.14.5 Combustibles. La plupart des combustibles qu'on trouve sur les engins agricoles sont similaires à ceux présents dans les automobiles et les poids-lourds. Pour plus d'informations sur les différents combustibles : voir la section sur les combustibles dans les véhicules, dans le présent chapitre. Les engins agricoles transportent de plus grandes quantités de divers liquides inflammables pour : a) permettre au conducteur de l'engin de couvrir plus de surface sur une plus grande période de temps entre deux arrêts pour faire le plein ; b) apporter une lubrification suffisante aux composants en mouvements et en rotation ; ou c) disposer de quantités de fluide hydraulique suffisantes pour maintenir la pression nécessaire aux différents tâches réalisées en simultané.

25.14.5.1 Gazole. Le gazole est le principal liquide inflammable utilisé pour les moteurs des engins agricoles.

25.14.5.2 Gazole d'origine végétale. Le gazole d'origine végétale est un carburant alternatif, produit à partir de ressources renouvelables et destiné à être utilisé dans les moteurs standards fonctionnant au gazole. Le gazole d'origine végétale ne contient pas de produit pétrolier, mais peut être mélangé avec un produit pétrolier dans n'importe quelle proportion générant un gazole biologique mixte. Les engins agricoles peuvent être conçus pour fonctionner avec du carburant biologique. Il existe des mélanges adaptés qui contiennent entre 2 et 20 pour cent de gazole d'origine végétale et 80 à 98 pour cent de gazole issu du pétrole. Le B20 (20 pour cent de gazole biologique et 80 pour cent de gazole issu du pétrole) possède des caractéristiques de performances similaires à celles du gazole No. 2. Le B100 (100 pour cent gazole d'origine végétale) est un peu moins énergétique que le gazole issu du pétrole (118,170 BTU/gal. par rapport à 129,050 BTU/gal.) et a un point d'éclair plus élevé que le gazole issu du pétrole (100°C–170°C par rapport à 60°C–80°C). (Note de pied de page : Biodiesel Handling and Use Guidelines, Third Edition. September 2006. US Dept. of Energy) Le gazole d'origine végétale est plus léger que l'eau, insoluble, légèrement plus lourd que l'air, et moyennement volatile. Si un gazole biologique mixte est susceptible d'être présent, les mêmes mesures de sécurité devraient être prises que s'il s'agissait de gazole pétrolier. L'investigateur devrait garder à l'esprit la possibilité d'un auto-échauffement lorsque le gazole biologique a été en contact avec des chiffons ou tout autre matière similaire.

25.14.5.3 Plastiques. Sur la plupart des engins agricoles, on peut trouver des plastiques au niveau des garnitures, des enveloppes et des cabines, en particulier pour les engins ayant une cabine fermée. L'essentiel de ces plastiques rigides sont utilisés pour l'enveloppe du compartiment moteur et les protections des roues, ainsi que sur le poste de pilotage au niveau des panneaux de garniture, du tableau de bord, des commandes et des boutons, etc. Les réservoirs de gazole ainsi que les réservoirs d'eau et de solutions peuvent également être en plastique s'ajoutant ainsi à l'ensemble de la charge calorifique de l'engin.

25.14.5.4 Matériaux composites. Les panneaux de carrosserie ainsi que d'autres composants de la cabine peuvent être en fibres de verre ou autre matériau composite similaire. Les peintures et les résines utilisés pour la fabrication de ces équipements vont s'ajouter à la charge calorifique totale de l'engin. Le point clé est que ces éléments peuvent être complètement détruits, altérant la signification des traces de feu résiduelles au plan de leur analyse chronologique. L'investigateur devrait être attentif afin d'identifier la présence de matériaux composites et examiner l'impact de leur combustion lors de l'analyse postsinistre des éléments susceptibles de renseigner sur le lieu ou la propagation du feu.

25.14.5.5 Élastomères. Sur un engin agricole les composants à base d'élastomères, que l'on peut trouver, comprennent les pneumatiques, les bandes, les courroies, les matériaux constitutifs des tuyaux, et les coussinets de retrait (machine à récolter le coton). Parmi ces composants, les pneumatiques et les bandes sont les plus significatifs en termes de charge calorifique. Les pneumatiques agricoles peuvent être très gros et sont conçus pour un usage intensif. Il n'est pas rare, après un incendie d'engin agricole, de retrouver des résidus de pneumatiques en train de brûler ou de braiser, plusieurs jours après l'incendie. La fumée produite par les pneumatiques en train de brûler ou de braiser peut gêner les investigations et nécessiter une intervention supplémentaire pour éteindre avant de démarrer les opérations.

25.14.6 Sources d'ignition. Concernant les engins agricoles, on va retrouver beaucoup des facteurs et des scénarios de départ de feu qui existent sur les autres véhicules à moteurs.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

25.14.6.1 Sources électriques. Les engins agricoles peuvent être équipés de systèmes à une ou plusieurs batteries. L'éclairage ou autres accessoires additionnels peuvent requérir une charge ou une capacité de production électrique disponible plus importante. Voir les sections traitant des sources d'origine électrique et des équipements électriques sur les véhicules à moteur dans le présent chapitre.

25.14.6.2 Surfaces chaudes. Les collecteurs d'échappement, les turbocompresseurs, et autres composants associés sont généralement considérés comme les principales sources d'ignition par surfaces chaudes pour les combustibles ou liquides inflammables des engins agricoles. L'essentiel de ce qui est écrit dans la section traitant des surfaces chaudes dans le présent chapitre, s'appliquera également aux engins agricoles. Il existe certaines différences portant par exemple sur la configuration des composants du système d'échappement qui est susceptible de conduire à l'accumulation de résidus de végétaux. Si les protections ou écarts entre les surfaces chaudes et les matériaux combustibles préconisés par le fabricants ne sont pas conservés, il peut en résulter un départ de feu. Des modifications sur le système d'échappement visant à réduire les émissions, va créer d'autres surfaces chaudes, demandant le respect d'autres écarts par rapport aux matières combustibles.

25.14.6.3 Étincelles d'origine mécanique. Sur les machines à récolter le coton, des étincelles d'origine mécanique peuvent être générées par le ramassage de corps étrangers métalliques et l'introduction de ces corps dans l'unité de séparation. Un désalignement dû à un résidu de végétaux coincé ou à une défaillance matérielle, permettant aux épingles de rentrer en contact direct avec les plateaux de compression ou avec d'autres composants métalliques, peut aussi générer des étincelles d'origine mécanique. Les épingles, qui sont constituées d'acier trempé revêtu d'un alliage au chrome, peuvent casser et passer dans l'unité de séparation. Ces étincelles d'origine mécanique sont de courte durée et représentent une source d'ignition dont la viabilité est réduite. L'énergie calorifique des particules étincelantes est généralement insuffisante pour enflammer des matériaux combustibles ordinaires sauf en de rares occasions. Il peut être possible de démarrer une combustion lente au sein d'accumulations notables de poussières. Des étincelles d'origine mécanique sont susceptibles d'enflammer des poussières de coton ou des résidus végétaux de faible granulométrie à la base ou à l'arrière de l'unité de séparation. Les poussières de coton sont susceptibles de braiser ou de brûler avec des flammes du fait de l'air injecté par ventilation forcée au sein du compartiment. Le coton, qui a été cueilli et qui passe dans la zone, peut alors s'enflammer et être transporté dans le panier où il continue à braiser ou à brûler.

25.14.6.4 Frottements. Des frottements se produisent lors du freinage ou du fonctionnement normal d'un embrayage glissant. Un échauffement par frottements peut se produire suite au mauvais fonctionnement d'un composant, à une maintenance insuffisante, à une réparation inadaptée ou mal réalisée, ou à la défaillance d'un élément. La chaleur émise peut être relativement importante, selon le type de matériaux concernés, la vitesse du mouvement entre les matériaux, et la capacité pour la chaleur émise à se dissiper. Il est possible que la chaleur, produite par des frottements, puisse enflammer les combustibles à proximité, comme par exemple : les pneumatiques, les bandes en élastomère, les tuyaux, la graisse de lubrification, ou bien les débris végétaux ou les résidus moissonnés.

25.14.6.5 Freins. Les engins agricoles peuvent être équipés de freins à disques ou à tambours. Certains engins peuvent être équipés de freins de stationnement. La chaleur de friction générée lors du fonctionnement normal du système de freinage est facilement dissipée du fait de la configuration du système et du type de matériaux utilisés. Lorsque les freins sont mal employés, une chaleur de friction excessive est produite. Une mauvaise utilisation des freins peut avoir lieu lorsque le conducteur de l'engin omet d'enlever le frein de stationnement avant de mettre en mouvement la machine, utilise les freins de façon répétée en conduisant, ou s'il y a eu un remplacement ou un réglage défaillant d'un constituant du système de freinage.

25.14.6.6 Embrayage glissant. Un embrayage glissant est un dispositif de sécurité utilisant un plateau ou un disque de friction couplé à un arbre moteur en rotation. Des efforts excessifs exercés sur le système moteur, causés par exemple par le raccordement d'une machine trop chargée entraînera le glissement de l'embrayage évitant ainsi des dommages aux éléments moteurs. Le réglage du couple de torsion pour lequel l'embrayage va glisser doit être réalisé conformément aux spécifications autrement l'embrayage risque de glisser trop fréquemment ou pas du tout. La chaleur émise par un embrayage qui « glisse » peut constituer une source d'ignition suffisante en présence de résidus végétaux secs.

25.14.6.7 Arbres en rotation. Les arbres en rotation peuvent constituer une source de chaleur par friction, en particulier lorsque l'équipement n'est pas nettoyé régulièrement afin d'ôter des débris ou résidus végétaux. Lorsque des corps étrangers s'accumulent dans les zones autour d'un arbre, le fonctionnement normal en rotation de cet arbre peut générer une chaleur de friction suffisante pour enflammer les débris accumulés.

25.14.6.8 Paliers en rotation. Les paliers en rotation ont besoin d'être graissés régulièrement par

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

l'intermédiaire d'un dispositif de lubrification. D'autres paliers sont étanches et sont alors lubrifiés en permanence. Les paliers en rotation sont susceptibles de présenter une défaillance suite à un manque de lubrification ou à une lubrification excessive, entraînant un défaut au niveau du film lubrifiant. Les paliers étanches peuvent présenter des défaillances en raison d'une lubrification insuffisante au moment de la fabrication ou d'un dommage matériel au palier provoqué par une contrainte externe telle qu'un contact avec un corps étranger. Les paliers peuvent également présenter des défaillances pour d'autres raisons telles que : un mauvais alignement de l'arbre ou du rouleau, un montage incorrect, ou le bris des boulons de montage. Des paliers lâches ou bloqués sont tous deux des indicateurs d'une défaillance des paliers. En cas de défaillance d'un palier ou de friction excessive, il faudrait s'intéresser à l'historique de la maintenance réalisée et de l'utilisation du matériel. [Voir les figures 25.14.6.8(a) et 25.14.6.8(b).]

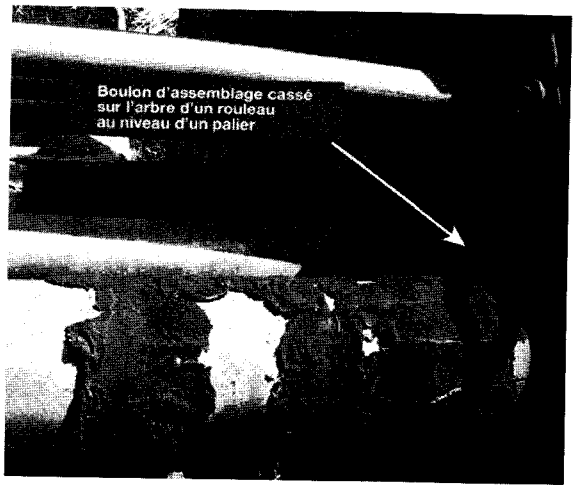


FIGURE 25.14.6.8(a) Montage défaillant d'un palier sur un arbre en rotation installé sur une presse à balles rondes pour le foin.



FIGURE 25.14.6.8(b) Tête de boulon de montage d'un arbre pour le rouleau présenté sur la figure 25.14.6.8 (a).

25.14.6.9 Équipements électroniques et équipements installés après-vente. Tout comme les automobiles et les poids lourds, les engins agricoles sont maintenant équipés d'une grande quantité d'équipements électroniques avancés au niveau du poste de pilotage. En outre, les fermiers et les opérateurs peuvent également installateur n'importe quel nombre d'équipements installés après-vente au niveau du poste de pilotage soit en liaison avec les tâches qu'ils ont à effectuer soit à des fins récréatives. Les engins agricoles tels que les moissonneuses-batteuses et les machines à récolter le coton sont aujourd'hui équipées d'un certain nombre de technologies qui apportent une assistance à le fonction de moissonnage. Des calculateurs intégrant un GPS sont utilisés pour améliorer la précision de l'autoguidage, pour tracer une cartographie des rendements et du taux d'humidité, pour l'aspersion, pour le respect des prescriptions en matière de plantation et pour augmenter la productivité afin d'atteindre des rendements optimaux. Les centrales d'acquisitions de données et/ou les systèmes de contrôle sont rapidement en train de devenir des équipements courants. Certains types d'engins sont équipés d'une manette de commande électronique associée à un système de guidage assisté par ordinateur pour un pilotage précis. Ces composants électroniques sont alimentés par des circuits électriques de faible intensité, protégés par des fusibles ou des disjoncteurs. La plupart des engins possédant une cabine auront aussi en option un système audio ou un système de communication émetteur-récepteur.

25. 15 Véhicules hybrides.

Il est conseillé à l'investigateur de se procurer les informations spécifiques, au véhicule hybride concerné, avant d'entreprendre les investigations.

25.15.1 Sécurité relative aux investigations sur véhicules hybrides. A titre de précaution, l'investigateur devrait s'approcher du véhicule hybride, comme si le circuit haute tension était actif. Avant d'examiner un véhicule hybride, il faudrait que l'investigateur ait une bonne connaissance des systèmes haute tension. La plupart des véhicules hybrides possèdent un moyen de coupure manuel, pour isoler le circuit haute tension de la batterie d'accumulateurs. Les investigateurs devraient s'assurer que le système de coupure est en position « isolée » avant d'entamer le moindre examen matériel. En précaution supplémentaire, un voltmètre devrait être utilisé pour vérifier si la haute tension est présente sur tout câble ou composant suspect.

AVERTISSEMENT ; le potentiel de la batterie haute tension peut atteindre 600 volts, ouvrir le bloc batterie peut donc se révéler extrêmement dangereux et ne devrait pas être réalisé par du personnel n'ayant pas reçu de formation spécifique.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

25.15.2 Technologie des véhicules hybrides. Les véhicules hybrides contiennent, comme moyens de propulsion, à la fois un moteur à combustion interne et un moteur électrique. Le système électrique d'un véhicule hybride consiste en un système haute tension pour la traction et en un système standard 12 volts pour les autres consommations électriques. Le système haute tension (jusqu'à 600 volts) comprend une batterie haute tension, un moteur de traction haute tension, une génératrice pour charger la batterie à partir du moteur à combustion interne, un système de gestion électronique, et un transformateur pour convertir la tension entre les systèmes haute et basse tension. Les véhicules hybrides sont également équipés d'une batterie d'accumulateurs classique 12 volts. Les véhicules hybrides peuvent avoir un alternateur et un démarreur faisant partie intégrante du système de transmission. Au fur et à mesure que la technologie hybride évolue, d'autres équipements tels que la conduite assistée ou la climatisation, pourront être alimentés par un câblage bus en haute tension. Les systèmes haute tension n'utilisent pas le châssis du véhicule pour la mise à la terre, il y aura donc deux conducteurs pour chaque récepteur haute tension. La couleur orange est normalisée pour tous les isolants de câbles haute tension. Les systèmes haute tension seront très probablement protégés par des systèmes de coupure automatique, susceptibles de déclencher lors de certains évènements tels que ; clé en position arrêt, détection d'un défaut de mise à la terre, détection d'un connecteur haute tension ouvert, détection d'un choc, etc. La plupart des systèmes haute tension possèderont également un dispositif de protection, contre un court-circuit franc, intégré au bloc batterie.

25.15.3 Investigations sur incendies de véhicules hybrides. L'investigation devrait être menée, comme normalement pratiquée pour les véhicules, sauf que le système haute tension devrait être pris en compte, comme source d'ignition potentielle. Les investigateurs devraient se procurer les informations spécifiques au véhicule concerné en ce qui concerne le type et l'emplacement de tous les composants haute tension, les dispositions du constructeur visant à réduire le risque de circulation de courant non prévue à partir du système haute tension, et si ce système a été endommagé. L'investigateur devrait déterminer si le système haute tension est intact et si le circuit est ouvert ou fermé. Il faudrait définir si le dispositif de protection du circuit est passant, ouvert, déclenché ou endommagé.

25.16 Remarques concernant le remorquage.

Le remorquage avant ou après un choc ou le transport du véhicule sont susceptibles d'occasionner des dommages mécaniques, dont on pourra se rendre compte au moment des investigations incendie. Quelquefois les dommages concernent le système carburant du véhicule et peuvent comprendre ; le percement ou l'écrasement du réservoir, la perte de colliers de serrage des durites, ou l'altération des traces laissées par l'interface liquide/gaz. Afin d'éviter la perte potentielle d'indices, on peut emballer le véhicule avant de l'enlever du site.

25.16.1 L'investigateur devrait identifier et enregistrer la nature des dommages survenus après le sinistre. Les dommages aux parties métalliques mettant à nu, du métal non-oxydé, indiquent que ce dommage est probablement survenu après que le feu ait été éteint. Les dégâts aux zones autour du dommage, objet des investigations, peuvent aussi fournir des informations sur la nature du dommage et le moment auquel il s'est produit.

25.16.2 Le remorquage avant ou après un choc, ou le transport du véhicule peuvent causer un départ de feu. Les véhicules non-endommagés, tels qu'une semi-remorque, sont susceptibles d'initier un feu, du fait du chargement, d'un dysfonctionnement d'un système de production d'énergie, ou de l'état de composants électriques. La chaleur potentiellement émise par frottement, comme par exemple sur un élément de serrage d'un frein contenant encore de l'air ou dont le système hydraulique est encore sous pression, ou sur un frein de stationnement bloqué en raison du choc, peut être sous-évaluée en tant que source d'ignition potentielle. Il faut être conscient que le remorquage, le déplacement, ou le fait de lever un véhicule peuvent causer des dommages sur les parties externes de ce véhicule. Cela peut conduire au déplacement de composants du système carburant ainsi qu'à la relocalisation de certaines pièces intéressantes, pour les investigations incendie. Si cette situation est rencontrée, il faut l'enregistrer à l'aide de photos et de constats.

25.17 Véhicules fonctionnant à l'hydrogène.

Il est recommandé que l'investigateur se procure les informations spécifiques relatives au véhicule à hydrogène concerné avant de démarrer les investigations.

25.17.1 Aspects sécurité lors des investigations sur véhicule à hydrogène. Il faudrait que l'investigateur connaisse les dangers potentiels associés aux véhicules fonctionnant à l'hydrogène, tels que la fourchette d'inflammabilité particulièrement large (4 pour cent–75 pour cent), la facilité avec laquelle il est susceptible de s'enflammer, et l'électricité haute tension de la batterie et procède avec précaution. Les systèmes fonctionnant à l'hydrogène se trouvent souvent

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

à des pressions élevées. Immédiatement après un incendie ou un choc, le réservoir d'hydrogène ou le système d'alimentation en carburant en aval peut laisser s'échapper de l'hydrogène. L'hydrogène qui fuit à partir d'un réservoir haute pression est susceptible de s'auto-enflammer. Si le réservoir ou le système d'alimentation en carburant est endommagé consécutivement à un choc ou à un incendie, une situation dangereuse peut apparaître, et une fuite d'hydrogène peut se produire un peu plus tard. On ne devrait pas démarrer les investigations avant d'avoir dispersé complètement tout l'hydrogène ou bien avoir sécurisé le système carburant. Certains modèles de véhicules spécifiques peuvent disposer de moyens électroniques ou mécaniques pour disperser l'hydrogène en toute sécurité avant de débuter l'investigation incendie du véhicule. L'hydrogène a une énergie minimale d'inflammation très faible égale à 0.018 mJ et peut être enflammé par une source d'énergie telle qu'une décharge d'électricité statique (Voir le Tableau 25.3.2). L'hydrogène brûle avec une flamme bleu pâle, presque invisible qui peut être difficile à détecter. Il diffuse rapidement et est plus léger que l'air, mais l'hydrogène possède une large fourchette d'inflammabilité, ce qui peut poser un problème de sécurité aux endroits où il peut s'être accumulé. L'inflammation de l'hydrogène peut conduire à une explosion sous certaines conditions et les fuites en espace confiné peuvent être dangereuses. Les véhicules à hydrogène peuvent aussi être des véhicules hybrides possédant des batteries, et dans ce cas toutes les consignes de sécurité relatives à l'électricité haute tension énoncées dans la section consacrée aux véhicules hybrides s'appliquent.

25.17.2 Description des véhicules fonctionnant à l'hydrogène. Les véhicules à hydrogène peuvent être mus par un moteur à combustion interne ou par une pile à combustible alimentant un moteur électrique.

25.17.2.1 Les véhicules alimentés par une pile à combustible utilisent l'énergie électrique pour mouvoir le véhicule et pour certains équipements tels que le compresseur d'air conditionné et la pompe de la direction assistée. La pile à combustible et les principaux composants électriques sont refroidis par un système analogue à ceux mis en œuvre pour refroidir les moteurs à combustion interne. Les températures de surface des équipements situés sous le capot sont typiquement plus faibles que celles que l'on observe pour les véhicules équipés d'un moteur à combustion interne.

25.17.2.2 Il conviendrait de consulter le manuel du constructeur concernant la configuration détaillée des équipements d'alimentation en carburant. Les véhicules à hydrogène, les stationnements couverts, et les stations-services peuvent être équipés de capteurs conçus pour émettre une alarme lorsqu'une fuite d'hydrogène est détectée. Certains constructeurs proposent l'utilisation de systèmes de reformatage pour produire l'hydrogène. Le reformage est un processus chimique libérant de l'hydrogène à partir d'un carburant classique tel que l'essence automobile. Les véhicules de ce type auront très certainement également un système carburant à essence. Les véhicules à hydrogène devraient posséder un marquage normalisé comme recommandé par le SAE J2578, sous la forme d'un étiquetage en losange avec des lettres blanches sur fond bleu, indiquant : « CHG » ou « LH2, » signifiant qu'il s'agit respectivement d'hydrogène pressurisé ou liquéfié (voir la figure 25.17.2.2).

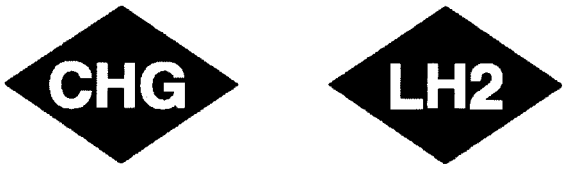


FIGURE 25.17.2.2 Étiquetage relatif à l'hydrogène.

25.17.2.3 Sur les véhicules à hydrogène, l'hydrogène est stocké à l'état de gaz comprimé sous haute pression (34.5 MPa – 69.0 MPa [5 000 psi – 10 000 psi]), dans un réservoir à pression moyenne (jusqu'à 10.3 MPa [1500 psi]) dans une configuration intermédiaire, ou sous la forme d'un liquide cryogénique sous basse pression. Ces équipements de stockage ainsi que le système d'alimentation en aval seront protégés par une ou plusieurs soupapes ou par des disques de rupture. Ces dispositifs peuvent être déclenchés soit par une pression élevée soit par une température élevée résultant de l'incendie du véhicule. Il y aura également un ou plusieurs régulateurs de pression pour abaisser la pression de l'hydrogène délivrée à partir du réservoir de stockage, vers la pile à combustible ou vers le moteur à combustion interne. En outre, on trouvera un système pour le remplissage, une ou plusieurs vannes automatique fermées en position normale et déclenchées électriquement, et des conduites d'évacuation de la pression associées aux soupapes ainsi que des conduites d'évacuation des gaz pour les piles à combustible.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 26 Investigations dans le cadre de feux de forêts

26.1* Introduction.

Les investigations de feux de forêts nécessitent des techniques, des pratiques, un équipement et une terminologie spécifiques. Même si les principes de base des sciences et de la dynamique du feu restent identiques, le développement et la propagation du feu, au cours d'un feu de forêt, sont influencés par différents facteurs tels que les combustibles constitués par la végétation, la météorologie, la topographie, et l'absence de confinement.

26.1.1 L'objectif de ce chapitre est d'identifier et de présenter les aspects spécifiques relatifs aux investigations de feux de forêt. Ce chapitre a pour but de fournir une introduction aux principes de base et le lecteur est invité à consulter les références bibliographiques énumérées dans les annexes A et B. Comme pour d'autres types d'investigations incendie, traités dans ce guide, il peut être nécessaire de faire appel à des techniciens spécialisés.

26.2 Combustibles alimentant les feux de forêts.

L'observation fine de la variété des combustibles dans les feux de forêts est essentielle pour analyser précisément le comportement du feu.

26.2.1 Analyse de la configuration des combustibles. Dans la nature, on observe de grandes différences au niveau des propriétés d'inflammabilité des matériaux. Des buissons épais, des feuilles mortes nouvellement tombées, des touffes d'herbe, des couches de brindilles et de branches sèches, des bûches, des arbustes bas, des branches de bois vert, de la mousse, et bien d'autres matières peuvent être présents. Chacune de ces matières a des caractéristiques de combustion spécifiques. L'inflammabilité d'une matrice combustible dépend des caractéristiques de combustion de la matière pris individuellement et des effets combinés des différentes matières présentes.

26.2.1.1 Avant de pouvoir analyser la configuration des combustibles, il est nécessaire de classer les caractéristiques physiques des matériaux combustibles, qui se trouvent dans les forêts. Un tel classement permet d'identifier les paramètres des combustibles, qui ont une influence sur l'inflammabilité. Après avoir classé le combustible de façon satisfaisante, les facteurs de topographie et de météorologie doivent être pris en compte, avant que la vitesse de propagation et le comportement global des feux de ce combustible puissent être déterminés.

26.2.1.2* Les combustibles des forêts sont très variés et complexes, aussi il est nécessaire de développer une approche systématique pour l'analyse de la configuration du combustible. Tout d'abord, la matrice combustible est divisé en trois grandes catégories suivant un axe vertical, les combustibles au sol, en surface et aériens. Les investigateurs sur feux de forêts doivent s'intéresser à la façon dont les combustibles sont stratifiés, à leurs caractéristiques physiques, et aux quantités de combustibles présentes dans la zone d'origine en vue de définir le contexte dans lequel le feu va évoluer. Au sein de ces grandes catégories, le combustible peut se décomposer en quatre groupes de combustibles principaux. Ces différents groupes sont ; l'herbe, les arbustes, la litière formée sous les arbres, et les débris résultant de l'exploitation du bois. Chaque groupe est ensuite scindé en combustibles types qui correspondent à une combinaison identifiable d'éléments combustibles pour des espèces, des géométries de combustibles, des tailles, et des configurations distinctives. Ces caractéristiques définissent une vitesse de propagation, ou une difficulté de maîtrise du feu dans des conditions météorologiques spécifiques. Au final, les combustibles sont également classés selon leurs dimensions, celles-ci étant en relation avec les caractéristiques de rétention d'humidité du combustible. Les végétaux morts sont regroupés en combustibles ayant une latence de 1, 10, ou 1000 heures, et les végétaux vivants sont regroupés en herbacés (plantes annuelles ou vivaces) ou en ligneux.

26.2.2 Combustibles au niveau du sol. Ces combustibles comprennent toutes les matières inflammables situées entre la couche de sol minéral, et la surface du sol. Ces combustibles comprennent les brindilles, la litière constituée de feuilles et d'aiguilles, et la végétation en cours de décomposition telle que la litière en décomposition, la tourbe, les branches et les racines enterrées. Les branches et racines enterrées sont susceptibles de brûler sur toute leur longueur et de démarrer un feu de surface en un lieu distinct. Lorsqu'ils sont suffisamment secs, les combustibles du sol peuvent constituer un lit combustible particulièrement inflammable pour de nombreuses sources d'ignition du fait de leur rapport surface sur volume élevé. Ils sont également susceptibles de donner des feux braisants sur de longues périodes de temps avant de se transformer en feux ouverts. Les combustibles du sol ne conduisent pas, par eux-mêmes, à des feux ayant une progression rapide ; cependant ils peuvent contribuer à une persistance du feu relativement longue, en fonction de l'épaisseur de la couche de matières.

26.2.2.1 Litière. La litière a rarement une forte influence sur la vitesse de propagation de l'incendie car elle est, en principe, humide et bien compacte, si bien qu'une faible partie de la matière se trouve exposée à l'air, et que sa vitesse de combustion est faible. Au cours des feux de forêts, l'essentiel de la litière peut être

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

consumée jusqu'à la couche de sol minéral. Il arrive occasionnellement que la litière contribue à la vitesse de propagation en générant un passage permettant au feu de cheminer entre des zones de matières plus inflammables.

26.2.2.2 Racines. Les racines ne constituent pas un facteur de propagation du feu important, car l'apport en air extrêmement réduit empêche une combustion rapide. Cependant, les feux peuvent brûler doucement dans les racines. Certains feux ont échappé au contrôle parce qu'une racine a servi de chemin au feu pour traverser la ligne de contrôle. Les grandes racines de la végétation morte et partiellement décomposée propageront l'incendie plus facilement que les racines de la végétation vivante.

26.2.3 Combustibles de surface. Les combustibles de surface sont les végétaux combustibles localisés entre la surface du sol et jusqu'à environ 2 m (6 ft) au-dessus du niveau du sol. Les combustibles de surface comprennent l'herbe, les feuilles, les brindilles, les aiguilles, les cultures dans les champs, les branches coupées ou tombées au sol. Les combustibles de surface appartenant à la catégorie des combustibles dont la rémanence de l'humidité est d'une heure, sont les végétaux le plus couramment enflammés en premier. Les combustibles de surface contribuent au développement rapide du feu et à la vitesse de propagation de ce feu. Ils constituent également une première échelle combustible vers les combustibles aériens.

26.2.3.1 Petit bois mort. Le petit bois mort comprend les brindilles, les petites branches, les morceaux d'écorce, et les matières en putréfaction. En principe, la catégorie petit bois mort se limite aux éléments ayant un diamètre n'excédant pas 25.4 mm (1 in.). Ces combustibles appartiennent à la catégorie des végétaux dont le temps de latence est situé entre 1 et 10 heures. Ces combustibles de surfaces constitués de petit bois mort figurent parmi les végétaux ayant le plus d'influence sur la vitesse de propagation du feu et sur le comportement général du feu dans les zones boisées. Le petit bois mort s'enflamme facilement et offre une voie royale au feu pour se propager d'une zone à une autre. Il permet l'inflammation de combustibles plus volumineux et plus denses.

26.2.3.1.1 Dans les zones où il existe de grandes quantités de petit bois mort, un feu peut se développer rapidement. On trouve généralement les plus grandes quantités de petit bois mort dans les zones d'exploitation contenant du bois coupé. Lorsque les conditions sont sèches, les forts courants de convection créés par la chaleur intense transportent les brandons et les projetant en amont, générant les foyers secondaires au-delà du front de flammes principal.

26.2.3.1.2 Les débris de bois sec en décomposition, bien qu'ils ne jouent pas un rôle important sur la vitesse de propagation du feu, constituent des combustibles hautement inflammables. Des brandons émis par le foyer principal engendrent souvent des foyers disséminés ou ponctuels au niveau du bois en décomposition gisant au sol ou dans les endroits en creux sur les vieilles bûches ou souches.

26.2.3.2 Feuilles mortes et débris de conifères. Au fur et à mesure que les feuilles et les débris de conifères se décomposent au sol, ils contribuent graduellement à la litière. Cependant, avant que cette décomposition ne se produise, les feuilles et les débris de conifères constituent des matières particulièrement inflammables, qui devraient être considérés comme des combustibles de surface et non comme des combustibles de sol. Dans de nombreuses forêts, les combustibles de surface situés au plus bas niveau, peuvent être composés principalement des aiguilles des conifères tombées au sol. Les aiguilles de pin Ponderosa, par exemple, sont extrêmement inflammables, en raison de leur grande dimension et de leur forme, créant une configuration entrelacée, qui laisse l'air circuler librement. Les aiguilles, plus petites, comme celles de sapin Douglas, brûlent généralement de façon moins intense, car elles forment une couche plus compacte.

26.2.3.2.1 Les aiguilles, encore attachées aux branches mortes, sont particulièrement inflammables, car elles se trouvent exposées à l'air libre, sans être directement en contact avec les matières plus humides au sol. Les aiguilles restant sur les grosses branches tombées au sol, forment du combustible finement divisé, susceptible de propager le feu à des matières plus compactes. C'est pour cela, que le bois coupé, contenant des aiguilles sèches, peut constituer un combustible redoutable.

26.2.3.3 Herbe. L'herbe, le chiendent, et d'autres petites plantes annuelles ou vivaces sont des combustibles de surface importants, et qui ont une influence sur la vitesse de propagation du feu. Le degré de séchage est un facteur clé pour ces combustibles. Des plantes bien vertes se comportent comme une barrière au feu. Au cours d'une saison normale, dans la période où se produisent les incendies, l'herbe devient graduellement plus sèche et plus inflammable à mesure que les plantes se fanent ou que les brindilles ou les feuilles meurent par manque d'eau. A cette période, la couverture herbeuse devient facilement inflammable. L'herbe sèche, si elle est présente sur une grande surface uniforme, devient le combustible de surface le plus inflammable, propageant également l'incendie plus vite. On trouve de l'herbe et des petites plantes sur le sol de presque toutes les forêts. Il faut que les investigateurs incendie, évaluent la surface et la continuité de la couverture herbeuse. Dans les forêts denses, où peu de lumière arrive jusqu'au sol, on trouve très peu d'herbe. Dans les forêts plus clairsemées, telles que les plantations de pins mâtures, il peut y avoir beaucoup de combustible herbacé. S'il existe une couverture d'herbe sèche plus ou moins continue au sol, la vitesse de propagation du feu sera largement gouvernée par cette

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

NFPA 921 / 5

couverture, plus que par des combustibles de plus grande taille, normalement présents dans une forêt. Les incendies sur des sols d'herbe sèche ont souvent des vitesses de propagation rapides.

26.2.3.4 Bûches, souches et grosses branches tombées au sol. Les combustibles plus denses, tels que les branches tombées au sol, les souches, et les grosses branches constituent la catégorie des combustibles ayant un temps de latence entre 100 et 1000 heures et ont, par conséquent, besoin de longues périodes de chaleur, et de temps sec avant de devenir hautement inflammables. Cependant, lorsque ces matières deviennent sèches, des feux particulièrement intenses sont susceptibles de se développer. Les combustibles denses les plus dangereux, sont ceux qui contiennent de fines branches de bois sec, ou de nombreux reliefs et crevasses. Les matières ayant une surface lisse sont moins inflammables, car ils se dessèchent moins vite, ont une plus faible surface exposée à l'air, et contiennent moins de petites branches et brindilles.

26.2.3.4.1 Des feux d'une intensité extrême et durable peuvent se développer sur les empilements de bûches et de grosses branches ou sur des branchages tombés sous l'effet du vent et entrecroisés, car les différents composés combustibles rayonnent de la chaleur les uns sur les autres. Prises de façon isolée et individuellement, les grosses branches et les bûches ne brûleront pas de façon très intense, à moins que le feu ne soit entretenu par une accumulation importante de petit bois mort.

26.2.3.5 Petits buissons et jeunes arbres. Les petits buissons, les jeunes plants, et les petits arbres sont classés comme des combustibles de surface. Cette végétation de bas niveau peut soit accélérer, soit ralentir la vitesse de propagation du feu. Au cours de la première partie de la saison, où des feux sont susceptibles de démarrer, l'ombre normalement procurée par la végétation basse empêche les autres combustibles de surface de sécher trop rapidement. Cependant, à mesure que la saison avance, la température de l'air continuellement élevée et le faible taux d'humidité sèchent à la fois le combustible étalé en couche sur le sol et la végétation basse. Lorsque ceci se produit, l'essentiel de la végétation basse, en particulier les petits conifères, deviennent des combustibles en contiguïté qui entretiennent la propagation du feu.

26.2.3.5.1 Dans une forêt, la végétation basse constitue souvent une liaison entre les combustibles de surface et les combustibles aériens. La cime des petits arbres peut prendre feu, et à son tour propager le feu aux combustibles aériens dans les parties supérieures de la forêt. Les zones contenant de jeunes arbres ou des buissons morts peuvent constituer les premiers relais, pour qu'un feu de surface conduise à un embrasement impliquant les cimes des grands arbres.

26.2.4 Combustibles aériens. Les combustibles aériens comprennent toutes les matières inflammables situées approximativement entre 2 m (6 ft) à partir du sol jusqu'à la cime des arbres. Ces combustibles sont notamment les branches des arbres, les feuilles, les aiguilles, les troncs, la mousse, et les buissons de grande taille. Ces combustibles ne sont les premiers végétaux en feu que de façon marginale. Pour s'enflammer, ils ont besoin de recevoir une quantité de chaleur importante transmise par les combustibles de surface. La combinaison d'une pente raide et d'un vent important peut faciliter la transition vers un feu de cimes. Les combustibles aériens sont susceptibles de contribuer à une propagation rapide de l'incendie par la génération de brandons dans les parties supérieures.

26.2.4.1 Les branches et les cimes des arbres. Les aiguilles des conifères, encore vertes, constituent un combustible particulièrement inflammable. La façon, dont elles sont arrangées sur les branches des arbres, permet la libre circulation de l'air. De plus, les branches situées en partie haute, sont plus librement exposées au vent et au soleil que la plupart des combustibles de surface. Ces facteurs, en plus des huiles volatiles et des résines contenues dans les aiguilles des conifères, font des branches et des cimes de ces arbres, des combustibles aériens importants.

26.2.4.1.1 Les branches et les cimes des arbres sont des combustibles, qui peuvent s'enflammer rapidement, lorsque l'humidité relative diminue. Les feux de cimes se produisent rarement, lorsque l'humidité relative est élevée. Cependant, les aiguilles de conifères sèchent vite, lorsqu'elles sont exposées à de l'air chaud et sec. Le séchage des aiguilles dépend du processus de transpiration de l'arbre. Lorsque le sol est humide, les arbres relâchent une grande quantité d'humidité de l'air par l'intermédiaire des feuilles. Au fur et à mesure que le sol sèche, le processus de transpiration se ralentit, et les feuilles et les branches sèchent et deviennent plus inflammables.

26.2.4.1.2 Les branches mortes, encore sur les arbres, constituent un combustible aérien essentiel. Des concentrations de bois mort, comme celles trouvées dans des bosquets d'arbres atteints par les insectes ou par les maladies, peuvent permettre au feu de se transmettre d'arbre en arbre. Des quantités importantes de branches mortes, sur les parties basses des troncs d'arbres, constituent un passage supplémentaire permettant au feu de se propager à partir des combustibles de surface vers les combustibles aériens. Les branches mortes, les plus inflammables, sont celles, qui portent encore des aiguilles.

26.2.4.2 Mousse sur les arbres. De tous les combustibles aériens, la mousse, qui pend des arbres, est le plus léger et le plus apte à s'enflammer rapidement, Le rôle de la mousse est important, parce qu'elle constitue un moyen de propager le feu, des combustibles de surface vers les combustibles aériens ou d'une matière en zone aérienne vers une autre matière en zone aérienne. Comme d'autres

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

combustibles légers, la mousse réagit rapidement aux changements d'humidité relative. Au cours des périodes sèches, des feux de cimes sont susceptibles de se développer facilement dans les bosquets, dont les arbres sont fortement couverts de mousse.

26.2.4.3 Arbustes hauts. Les couronnes de feuillages des buissons de hauteur supérieure à 2 m (6 ft) sont classées parmi les combustibles aériens car elles sont suffisamment éloignées des combustibles de sol et de surface. Dans beaucoup de régions forestières, des broussailles denses sont susceptibles de se développer sur des parcelles ayant précédemment brûlé, et elles constituent, souvent, la principale couverture végétale de ces zones. Les feux de feuillages sont rares dans ces buissons, sauf si des combustibles répartis de façon dense en surface, permettent de fournir l'énergie nécessaire. Cependant, dans certains massifs de broussaille, une forte proportion de brindilles mortes peut fournir une quantité de combustible aérien finement divisé, susceptible de permettre le développement de feux de couronnes très intenses et très rapides. Les facteurs clés pour évaluer le comportement du feu dans les buissons hauts sont : le volume, la configuration, l'état général des combustibles de surface, et la présence de combustibles aériens morts, finement divisés.

26.2.5 Espèces. Les espèces de végétation concernées par le feu peuvent jouer un rôle sur la vitesse de propagation et l'intensité du feu. Chaque type de végétation a ses propres caractéristiques de dimensions, de taux d'humidité, de forme et de compacité.

26.2.6 État de division du combustible. L'état de division est un facteur essentiel, qui contrôle à la fois l'inflammabilité et la vitesse de combustion d'un combustible. Plus l'élément de combustible est divisé (ayant un ratio élevé surface externe sur masse), plus il s'enflammera facilement et plus il brûlera vite. Les combustibles finement divisés comprennent par exemple ; les jeunes plants et les petits arbres, les brindilles, l'herbe sèche, les petits arbustes, les champs de cultures sèches, et les aiguilles et fruits des conifères. Les combustibles, dont les éléments sont de plus grandes dimensions, classés comme plus compacts sont beaucoup plus difficiles à enflammer et brûlent avec des vitesses plus lentes que les combustibles divisés. Le plus souvent, les combustibles plus compacts ont besoin que des combustibles divisés brûlent à proximité, pour s'enflammer à leur tour. Les combustibles classés comme compacts sont par exemple ; les gros arbres et les gros arbustes, les grosses branches, bûches et souches.

26.2.7 Taux d'humidité du combustible. La quantité d'humidité présente dans un combustible joue un rôle important sur l'inflammabilité et sur la vitesse de propagation du feu. A mesure que la végétation (combustible) sèche, elle devient plus facilement inflammable et brûle avec une plus forte intensité. La végétation encore verte, ou la végétation possédant un degré d'humidité élevé est plus difficile à enflammer et brûle plus doucement en raison de l'eau présente dans la végétation, qui requiert plus de chaleur pour s'évaporer. Une fois l'humidité évaporée, la température va pouvoir s'élever jusqu'à atteindre la température d'inflammation du combustible. Le taux d'humidité d'un combustible varie suivant le type et l'état de la végétation, l'exposition solaire, la météorologie et la localisation géographique. Le taux d'humidité dans les végétaux morts fait l'objet de quatre grandes catégories de temps de latence. Ceci représente la vitesse à laquelle un combustible absorbe ou perd de l'humidité en raison des changements dans son environnement, ou le temps nécessaire pour qu'un élément de combustible absorbe ou perde environ 63 pour cent de la différence entre son taux d'humidité initial et son taux d'humidité en équilibre avec son environnement. Les végétaux morts sont regroupés en quatre classes en fonction de leurs dimensions ; combustibles ayant un temps de latence inférieur ou égal à 1heure, diamètre inférieur à ¼ in. (0.64 cm) ; combustibles ayant un temps de latence entre 1 et 10 heures, diamètre compris entre ¼ et 1 in. (0.64 à 2.5 cm) ; combustibles ayant un temps de latence entre 10 et 100 heures, diamètre compris 1 et 3 inches ; et combustibles ayant un temps de latence compris entre 100 et 1000 heures, diamètre compris entre 3 et 8 in. (7.6 à 20.3 cm).

26.2.8 Teneur en huile. L'huile présente dans les végétaux augmente typiquement l'inflammabilité, la puissance du feu, et la propagation.

26.3 Météorologie. La météorologie joue un rôle important dans le comportement des feux de forêts. Les conditions météorologiques correspondent à l'état de l'atmosphère notamment ; la stabilité atmosphérique, la température, l'humidité relative, la vitesse du vent, la couverture nuageuse, et les précipitations.

26.3.1 Conditions météorologiques précédant l'incendie. Au cours des investigations, il est important de prendre en considération les conditions météorologiques ayant précédé l'incendie. Il s'agit de connaître les conditions atmosphériques au cours des quelques jours ou des quelques semaines ayant précédé l'incendie. Il faudrait analyser les conditions météorologiques, pour déterminer quelle influence, elles ont pu avoir sur le démarrage du feu et sur les caractéristiques de la combustion.

26.3.2 Température. La température de l'air ambiant a une influence directe sur la température du combustible. Le soleil est l'un des facteurs, qui jouent sur la température. A mesure que l'énergie rayonnée par le soleil réchauffe le sol et la végétation, le combustible devient plus sensible au risque d'inflammation. Des différences de température de plus de 10°C (18°F) peuvent se produire entre les zones à l'ombre et les zones exposées directement au soleil. L'altitude a également une influence sur la température. Les

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

pressions plus faibles en altitude conduisent à la dilatation de l'air, qui se refroidit alors.

26.3.3 Humidité relative. L'humidité correspond à la teneur de vapeur d'eau, dans l'air. On exprime en général l'humidité, en humidité relative, qui est le ratio entre la quantité d'humidité dans l'air et la quantité d'humidité qu'un volume d'air donné peut contenir à cette température, exprimé en pourcentage. L'humidité de l'air a une influence directe sur le taux d'humidité du combustible et vice versa. Un air sec va sécher la végétation, la rendant plus vulnérable au risque de départ de feu. Les combustibles finement divisés sont plus sensibles aux variations d'humidité relative que les combustibles compacts. Lorsque l'air a un taux d'humidité relative élevé, la végétation va capter une partie de cette humidité, diminuant ainsi le risque de départ de feu, ou bien l'humidité peut ralentir la vitesse de propagation du feu. L'air chaud peut contenir plus d'humidité que l'air froid. On le voit lors de la rosée matinale. A mesure que l'air se refroidit lors de la nuit, il perd sa capacité à contenir l'eau à l'état de gaz. L'eau condense au point de rosée de l'air et forme alors la rosée.

26.3.4 Influence du vent. Le vent a une grande influence sur la vitesse à laquelle un feu se propage. Le vent pousse les flammes vers l'avant, ce qui permet de préchauffer les combustibles. Le vent aide également à sécher la végétation, augmentant alors l'inflammabilité. Le vent induit en outre le transport de brandons portés par l'air, qui ont été soulevés par la colonne d'air chauffée par convection. Le vent, qui souffle près du foyer principal, peut projeter des braises et des particules incandescentes vers l'avant, et initier des foyers secondaires dans des zones non encore atteintes par le feu. On répertorie différentes catégories de vent, qui ont une influence sur le comportement du feu ; les vents météorologiques, diurnes ou générés par l'incendie.

26.3.4.1 Vents météorologiques. Les vents météorologiques sont causés par les différences de pression au niveau des masses d'air des couches atmosphériques supérieures, qui régissent les conditions météorologiques régionales. La rotation de la terre, les océans, et les caractéristiques topographiques créent les mouvements d'air majeurs, qui donnent naissance au vent et aux zones de pression.

26.3.4.2 Vents diurnes. Les vents diurnes résultent de l'échauffement par le soleil et du refroidissement au cours de la nuit. Comme l'air se réchauffe durant la journée, l'air qui s'élève crée des vents ascendants sur les pentes et dans les vallées. Lorsque l'air se refroidit après le coucher du soleil, l'air plus lourd descend et engendre des vents descendants les pentes et les vallées.

26.3.4.3 Vents de montagnes. Les vents de montagnes sont des vents secs descendants, qui se forment suite à l'écoulement d'air, qui se produit entre deux zones de pression différentes. Lorsque l'air s'écoule vers le bas, il est accéléré par la gravité et se réchauffe par compression adiabatique. Les vents de montagnes peuvent atteindre des températures jusqu'à 30°C (54°F) et faire chuter l'humidité relative de façon significative en quelques heures seulement. Ces vents sont aussi fréquemment canalisés entre les montagnes et dans les fossés ce qui augmente encore leur vitesse. Il n'est pas inhabituel de voir des vitesses de vent supérieures à 70 mph associées à ce genre de phénomène. Dans la partie ouest des États-Unis, les plus connus de ces vents sont le Santa Ana dans le sud de la Californie et les vents Chinook venant des Rocky Mountains.

26.3.4.4 Vents générés par l'incendie. Ces vents sont créés par le feu lui-même. Ils résultent du panache qui s'élargit en s'élevant. Ces vents générés par l'incendie ont également une influence sur la propagation de l'incendie.

26.4 Topographie. La topographie correspond au relief à la surface de la terre, qu'il soit d'origine naturel ou du fait de constructions réalisées par l'homme. La topographie a une influence sur l'intensité et la propagation du feu. Le vent, est également largement affecté par la topographie du terrain.

26.4.1 Pente. On détermine la pente d'une zone en mesurant la hauteur sur la longueur, ou le changement de hauteur sur une distance donnée. On exprime souvent la pente d'une zone donnée en faisant référence au tiers supérieur, au tiers médian, et au tiers inférieur. La pente permet au combustible situé en haut de la pente d'être préchauffé plus rapidement, que s'il se trouvait en partie basse de la pente du fait que la distance entre la flamme et le combustible est plus faible. Le feu brûle alors de façon plus intense et plus rapide. Les courants d'air, qui se dirigent vers le haut de la pente de façon préférentielle, sont susceptibles d'accélérer le feu en partie haute. Les pentes peuvent aussi causer la combustion de débris qui peuvent rouler vers le bas de la pente, et démarrer des foyers ponctuels en-dessous du foyer principal, en traversant les lignes de maîtrise du feu.

26.4.2 Orientation. L'orientation de la pente est la direction par rapport aux points cardinaux, vers laquelle la pente fait face. Il s'agit d'un point important car le chauffage par le soleil, du combustible et de la surface du sol, augmentent le risque d'inflammation, et la vitesse de propagation. Les pentes, qui font face au soleil sont typiquement plus sèches, et peuvent être couvertes d'un type de végétaux plus inflammables conduisant à une inflammabilité plus grande et à une propagation plus rapide. L'angle d'incidence des rayons solaires et la quantité de rayonnement reçu par une zone spécifique chaque jour ou sur toute une saison a un effet direct sur les combustibles des forêts.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

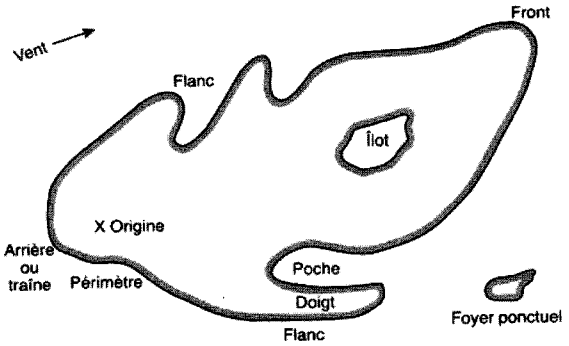


FIGURE 26.5 Configuration du feu montrant le front de flammes et la trainée (arrière).

26.5 Configuration de l'incendie.

On définit en général les zones d'un feu de forêt en fonction du type de propagation de l'incendie se produisant au niveau du périmètre de cette zone comme illustré sur la figure 26.5.

26.5.1 Front de flamme. La zone du feu, qui se déplace le plus rapidement est appelée front de flamme. La direction du vent, qui souffle localement, alors que le feu principal brûle, détermine le chemin du front de flammes, sujet par ailleurs à l'influence de la pente et à d'autres caractéristiques topographiques. Les grands feux, qui avancent en plusieurs endroits et brûlent plus d'un type de combustibles, peuvent développer des fronts additionnels. Le front correspond généralement à la zone où la propagation est la plus rapide et le feu le plus puissant. Le feu qui se propage au niveau du front est qualifié de feu en progression.

26.5.2 Flancs de l'incendie. Les flancs de l'incendie sont situés de chaque côté du front de flammes. Il s'agit des zones du périmètre en feu qui sont grossièrement parallèles à la direction principale de propagation de l'incendie. La progression de l'incendie au niveau des flancs se caractérise par un comportement du feu moins intense qu'au niveau du front. Le feu qui se propage au niveau des flancs est qualifié de feu latéral.

26.5.3 Trainée. La trainée est située à l'opposé du front de flamme. Le feu, au niveau de la trainée, est moins intense et plus facile à maîtriser. En général, l'incendie au niveau de la trainée avance à contre-courant ou brûle doucement contre le vent ou en descendant. Le feu qui se propage au niveau de la trainée est qualifié de feu à contre-courant.

26.5.4 Facteurs influant sur la propagation du feu. Il existe de nombreux facteurs à prendre en compte lorsque l'on analyse la configuration d'un feu de forêt afin d'apporter des éléments susceptibles de participer à la localisation de la zone de départ. Les paramètres essentiels sont la vitesse et la direction du vent et la pente. Ces paramètres ont une influence directe sur la vitesse et la direction de propagation de l'incendie et génèrent les effets les plus importants produisant alors les indicateurs les plus facilement interprétables.

26.5.4.1 Confinement latéral. Lorsque les feux de forêts sont confinés par la configuration des lieux, tels que des couloirs, des ravins, ou des vallées étroites, l'échauffement par la convection portée par les gaz confinés, le rayonnement émis en retour par les flammes et la combustion de la végétation, augmentent la puissance des combustibles, qui sont en train de brûler. La rapidité de la propagation de l'incendie est également accrue par l'accélération et la canalisation du vent à travers ces configurations topographiques. Ces paramètres sont de nature à induire une combustion et une propagation plus rapides que dans le cas où la végétation n'est pas confinée.

26.5.4.2 Influence du combustible. Après le vent et la pente, le type et les caractéristiques du combustible constituent le troisième facteur d'influence sur la vitesse de propagation et l'intensité du feu.

26.5.4.3 Lutte contre le feu. La lutte contre le feu correspond à toutes les actions qui sont susceptibles de conduire à l'extinction du feu. La lutte contre le feu couvre les différentes actions, de l'étape initiale de la découverte du feu, jusqu'à l'étape finale d'extinction complète. La protection des zones potentielles d'éclosion du feu par les équipes incendie est extrêmement importante pour établir l'origine et la cause du feu. Il peut être utile à l'investigateur d'étudier et d'analyser la stratégie de lutte contre le feu, et son effet sur la propagation, pour essayer d'identifier le lieu d'origine du feu.

26.5.4.3.1 Zones d'interruption du feu. Les zones d'interruption du feu, les lignes de feu, les lignes de contrôle correspondent à des barrières naturelles ou mises en place par l'homme permettant de ralentir, de stopper ou de dévier la trajectoire de la propagation du feu en séparant le combustible et le feu. Les barrières naturelles contre le feu sont par exemple : les plans d'eau, les falaises, et les zones exemptes de végétation ou les zones où l'humidité du combustible est plus élevée que celle des zones environnantes. Les barrières fabriquées par l'homme comprennent par exemple les routes, les lignes de feu, les zones déjà partiellement brûlées, et les barrières constituées par de l'eau, des agents retardants ou de la mousse.

26.5.4.3.2 Aspersion par voie aérienne. Il s'agit de projeter, par voie aérienne, de l'eau, ou un mélange à base de retardant, directement sur le feu, sur des zones menacées, ou le long d'une position stratégique en amont du front de flammes pour arrêter ou ralentir la propagation du feu. Les aspersions par voie aérienne peuvent altérer les traces d'incendie, dans ou près des zones arrosées.

26.5.4.3.3 Brûlage volontaire. Il s'agit d'une méthode consistant à brûler le combustible entre une zone d'interruption de feu et le front de flammes en

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

approche, dans le but d'élargir la barrière anti-feu. Ces feux sont normalement démarrés au niveau de la ligne de contrôle du feu (en principe du côté de l'incendie sous le vent), et sont destinés à brûler à contre-courant vers le front de flammes de l'incendie. On utilise différentes sources d'ignition, notamment des torches, des fusées, ou des allumettes.

26.5.5 Autres mécanismes naturels de propagation du feu. La direction et la vitesse de propagation du feu peuvent être modifiées par des phénomènes naturels ou induits par le feu lui-même.

26.5.5.1 Braises et brandons. Des braises et des brandons peuvent être soulevés par la colonne convective et projetés ou soufflés par le vent sur du combustible non-brûlé, loin du foyer initial. Ces brandons sont souvent à l'origine de nouveaux foyers en dehors du périmètre du foyer principal. On qualifie ces nouveaux départs de feux, de foyers ponctuels. Il faudrait être attentif pour faire la distinction entre des foyers ponctuels et de potentiels foyers indépendants du foyer principal.

26.5.5.2 Tonnerre de feu. Un tonnerre de feu est un incendie intense et violent dont la violence résulte de forts mouvements de convection produits par un large panache associé à une instabilité atmosphérique. L'aspiration créée par la colonne convective du feu, peut être assez puissante, pour déraciner des végétaux et projeter de petits rochers. L'une des caractéristiques d'un tonnerre de feu, sont les tourbillons de flammes, qui accompagnent les puissantes aspirations de type tornade.

26.5.5.3 Animaux. Les animaux et les oiseaux peuvent propager le feu par leur fourrure ou leurs plumes en feu. Les animaux peuvent se trouver en feu accidentellement ou de façon délibérée pour initier un feu de forêt. Les animaux brûlés qui sont des victimes de l'incendie, peuvent démarrer des feux, dans des zones non atteintes, au cours de leur fuite. Les plumes d'oiseaux ou la fourrure d'animaux peuvent s'enflammer au contact des lignes électriques, et peuvent démarrer un feu de forêt, lorsque les corps électrocutés tombent au sol.

26.6 Traces. Les traces, correspondant à la direction de la propagation du feu, sont imprimées sur les combustibles partiellement brûlés et sur les objets non-combustibles. Ces effets visibles de l'incendie peuvent comprendre des dommages différentiels, des traces de carbonisation, des décolorations, des dépôts de suies, la configuration, la localisation et l'état du combustible résiduel qui n'a pas brûlé. L'analyse des traces directionnelles, présentées par de multiples indicateurs, dans une zone donnée, va permettre d'identifier le sens de la propagation du feu dans cette zone. En appliquant une approche méthodique pour retracer la propagation du feu, l'investigateur peut suivre le cheminement du feu jusqu'au point d'origine.



FIGURE 26.6.1 Traces en forme de V.

26.6.1 Traces en V dans les feux de forêts. Les traces en V dans les feux de forêts, comme présenté sur la figure 26.6.1, correspondent à des traces de combustion horizontales, situées au niveau du sol, générées par la propagation de l'incendie. Vues de dessus, elles ont généralement le forme de la lettre « V. » Il ne faut pas confondre avec les traces verticales en V, générées typiquement par le panache de fumées et qu'on retrouve après les feux de bâtiments. Ces traces en V sont influencées par la direction du vent, et/ou par la pente sur laquelle se trouve le combustible. A mesure que le feu se propage dans la direction du vent ou vers le haut d'une pente, les jambes du V se créent et s'élargissent. La largeur des traces augmentent, alors que le feu progresse à partir de la zone d'origine. Le lieu d'origine de la source, qui a généré les traces, se trouve souvent à la base ou près de la base ou au point le plus étroit de ces traces. Par conséquent, l'analyse de ces traces horizontales en V, peut servir à identifier une zone susceptible de correspondre au lieu d'éclosion du feu.

26.6.2 Niveau de dommages. Le niveau de dommages sur un combustible constitue une indication de l'intensité, de la durée, et de la direction du feu. Les feuilles, les petites branches, et les grosses branches présenteront des dommages plus importants du côté par lequel le feu est arrivé. Comme présenté sur la figure 26.6.2, il s'agit de l'un des indicateurs les plus utiles, pour déterminer la direction de l'avancée du front de flammes. Par ailleurs, les objets restés au sol et les combustibles, qui ont fait écran, laissent des traces, susceptibles d'aider à localiser le lieu d'origine. Les végétaux, qui se trouvent du côté d'un objet, exposé à un front de flammes, qui arrive, seront complètement brûlés, alors que les tiges et les troncs des végétaux situés juste derrière l'objet ne seront que partiellement brûlés. De la même façon, les objets au sol et les combustibles faisant écran, laissent des traces similaires sur la végétation résiduelle. Ces traces

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

sont très proches de celles évoquées dans la section sur les combustibles exposés et les combustibles protégés.

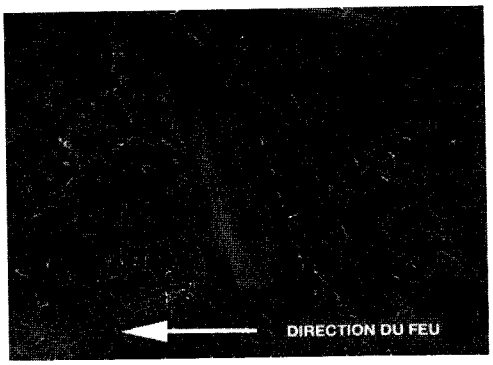


FIGURE 26.6.2 Niveau de dommages.

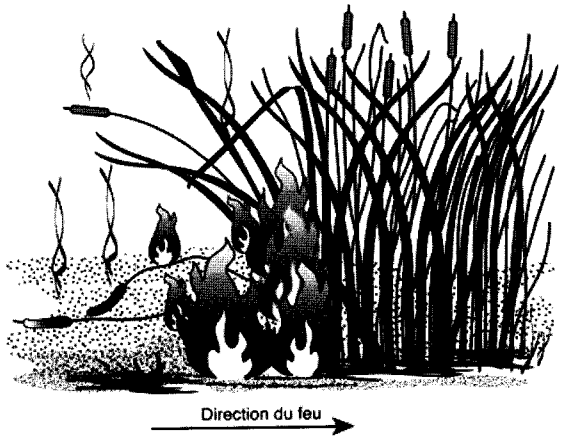


FIGURE 26.6.3 Exemple de tiges d'herbes indiquant la direction du déplacement d'un feu à contre-courant (gauche à droite).

26.6.3 Tiges des herbes. Les restes carbonisés des tiges d'herbes retrouvés dans le sillage de l'incendie présenteront différentes configurations selon la direction du chemin suivi par le feu. Dans les zones où le feu avance, les flammes vont attaquer les herbes à partir du sommet et les brûler jusqu'au niveau du sol, en les consumant totalement mis à part la partie à la base de l'herbe. Les zones de progression du feu sont typiquement caractérisées par l'absence de tiges résiduelles. L'herbe, qui pousse en touffes, peut ne pas être entièrement consumée, présentant des traces de protection sur le côté opposé d'où provient le feu. Lorsque cela se produit dans les zones de progression, la base résiduelle des tiges au sein des touffes d'herbes peut présenter un angle de carbonisation plus abrupt que la pente et des traces en forme de coupe sur les pointes, la base de la coupe étant située côté provenance du feu. Dans les zones de propagation du feu à contre-courant, et parfois dans les zones latérales, les flammes vont attaquer la tige à la base, faisant basculer le reste de cette tige dans la zone brûlée comme présenté sur la figure 26.6.3. Les extrémités résiduelles des tiges d'herbes vont généralement pointer dans la direction d'où est venu le feu.

26.6.4 Angle **de carbonisation**. On peut diviser les traces constituées par les angles de carbonisation en deux groupes suivant le type de combustible sur lequel ils se produisent. Les angles de carbonisation sont susceptibles d'être observés sur les combustibles de type poteau (troncs d'arbres, poteaux électriques, poteaux de clôtures, etc.) ou dans les feuillages des arbustes ou sur les combustibles de type bosquet d'arbres.

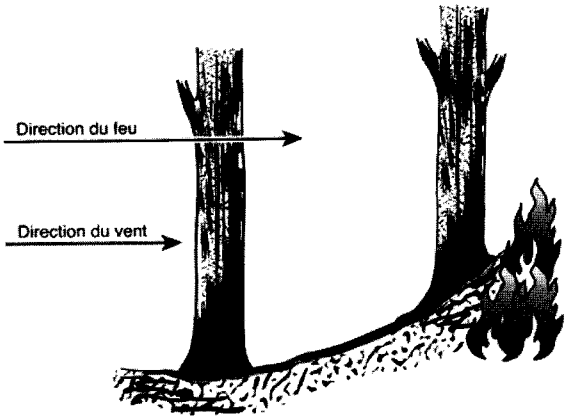


FIGURE 26.6.4.1(a) Incendie se développant vers le haut de la pente, avec un vent soufflant dans le même sens, générant des traces de carbonisation dont l'angle est supérieur à celui de la pente.

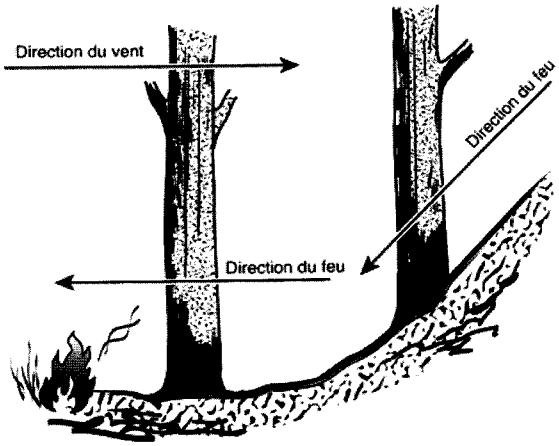


FIGURE 26.6.4.1(b) Incendie se développant vers le bas de la pente, avec un vent contraire, générant des traces de carbonisation, qui sont parallèles au sol de la pente.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

26.6.4.1 Angle de carbonisation, Combustibles de type poteaux. Les combustibles de type poteaux debout brûlent en formant un angle qui correspond à l'angle de la flamme et à l'altitude de la zone d'incendie en développement. La fiabilité des observations est généralement meilleure sur les éléments individuels situés dans un environnement à ciel ouvert. Sur les combustibles verticaux de type poteaux, la turbulence génère des flammes enveloppantes du côté opposé à celui d'où vient l'incendie, laissant un angle de carbonisation caractéristique. Pour les feux à contre-courant avec un vent contraire ou se déplaçant vers le bas d'une pente, l'angle de carbonisation sera parallèle à l'angle de la pente, voir la figure 26.6.4.1(a). Une accumulation de débris est susceptible de faire carboniser la partie de l'arbre au-dessus des débris, mais cela aura peu d'effet sur les traces de carbonisation autour du reste de l'arbre. Un feu en progression dans le sens du vent ou vers le haut d'une pente présentera des traces de carbonisation dont l'angle par rapport au plan horizontal est plus grand que celui de la pente, voir la figure 26.6.4.1(b).

26.6.4.2 Angle de carbonisation, couronnes de feuillages. Sur les couronnes de feuillages, le front de flammes va consumer ou carboniser les combustibles en formant un angle qui est en cohérence avec la direction du cheminement suivi par le feu. Un feu à contre-courant laissera un angle de carbonisation parallèle à la pente. Un feu en progression laissera un angle de carbonisation plus grand que celui de la pente car le front de flammes attaque la partie basse du côté exposé, et se trouve en position surélevée par rapport à l'arrière voir la figure 26.6.4.2(a). L'altitude à laquelle se trouve l'angle de carbonisation est souvent liée à la puissance du feu. Ces traces sont plus visibles sur les côtés des éléments observés. La figure 26.6.4.2(b) montre l'effet caractéristique sur le feuillage des arbres ou des arbustes avec un feu qui démarre au point « A » et se déplace, en gagnant doucement en énergie et en vitesse. Au point d'origine (point A), l'incendie est encore relativement modéré, alors que les combustibles de surface ont brûlé, mais que la cime des arbres est restée quasiment intacte. Un peu plus loin par rapport au point d'origine, le feu a gagné en puissance, et les feuillages sont davantage brûlés. Tous les feuillages sont susceptibles de brûler à mesure que le feu s'intensifie.

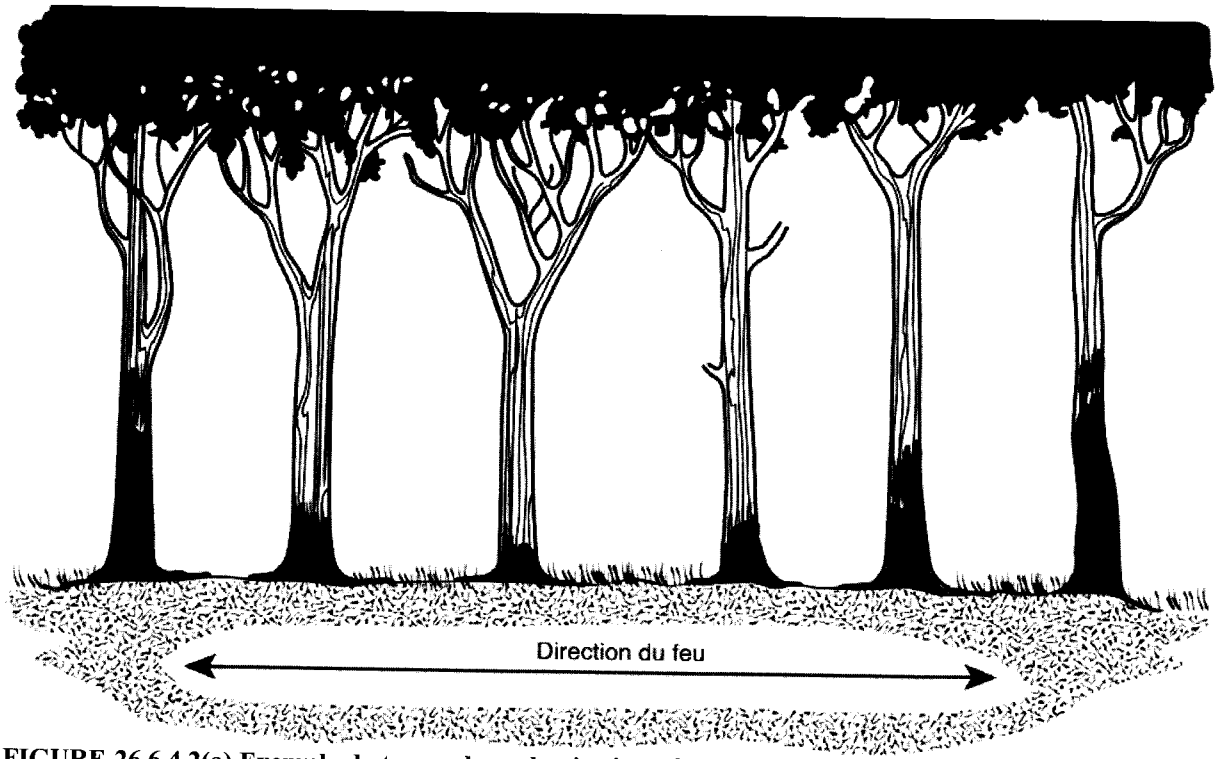


FIGURE 26.6.4.2(a) Exemple de traces de carbonisation générées par le déplacement du feu à travers les arbres et les arbustes.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

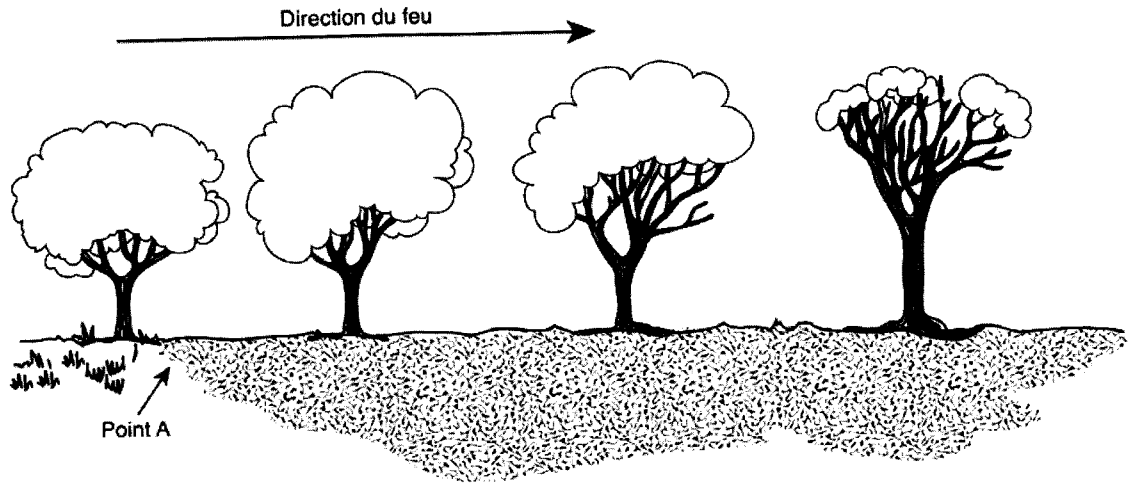


FIGURE 26.6.4.2(b) Combustion progressive des cimes à partir du point d'origine (Point A).

26.6.5 Dépôts de cendres blanches. La combustion peut également générer de la cendre blanche qui est un produit secondaire. Il sera créé plus de cendres blanches sur les faces des objets exposés à davantage de chaleur et de flammes. Les cendres sont souvent dispersées dans la direction du vent et se déposent sur les faces des objets situées contre le vent. On peut également exploiter les cendres pour reconstituer les volumes probables de combustible. Les combustibles situés face au feu en progression apparaîtront plus clairs du côté par où le feu arrive et plus sombres du côté opposé à la direction de provenance du feu. Les traces de cendres sont susceptibles de commencer à se dégrader rapidement et à perdre de leur fiabilité seulement après quelques heures ou lorsqu'elles sont exposées à l'humidité ou à des vents forts. Pour un incendie en progression, les dépôts de cendres blanches sur les troncs des arbres se forment du côté qui se situe face au feu qui arrive. En comparant et en mettant en contraste les deux faces opposées, l'investigateur peut identifier le côté qui se situait face au feu en arrivée, celui-ci devant présenter plus de cendres blanches. La cendre blanche peut aussi permettre d'identifier la direction selon laquelle le feu s'est propagé dans l'herbe. La cendre blanche est susceptible de demeurer sur les faces exposées des tiges et des touffes d'herbes. Lorsque l'on regarde dans la direction où le feu se propage en progressant vers l'avant, les zones brûlées apparaîtront plus claires. Lorsque l'on regarde vers l'arrière dans la direction d'où le feu est venu, les zones brûlées apparaîtront plus sombres.

26.6.6 Traces en forme de coupe. Ces traces, concaves ou en forme de coupe, sont produites sur l'extrémité des tiges d'herbes, sur les petites touffes d'herbes et sur la partie terminale des buissons et des branches d'arbres. Les petites et grosses branches situées du côté d'arrivée du feu seront brûlées par les flammes en approche qui génèreront un profil émoussé ou incurvé. Du côté opposé, les petites et grosses branches se trouveront exposées aux flammes par le dessous, de la naissance jusqu'à l'extrémité de la branche, créant une pointe fuselée. Par conséquent, dans les zones de progression du feu, les petites et les grosses branches auront leurs extrémités très effilées ou fuselées, côté opposé à la direction de provenance du feu. Les branches des arbustes ou des arbres du côté d'arrivée du feu seront généralement émoussées ou arrondies. Les souches, les extrémités des branches verticales, et les restes des tiges d'herbes peuvent aussi présenter une pointe effilée, celle-ci se trouvant côté non-exposé, comme montré sur la figure 26.6.6. La base de la coupe fait face au feu en arrivée. Ces traces ne sont en général pas observables dans les zones de feu à contre-courant, sauf dans les endroits où la pente est raide ou par grand vent. On peut parfois retrouver les extrémités de branches partiellement carbonisées, gisant au sol où elles sont tombées après avoir été brûlées, à proximité des buissons et des petits arbres, côté provenance du feu. Lorsque l'on examine ce type de traces, il ne faudrait pas prendre en compte les souches et les branches de forte section, le feu y séjournant plus longtemps.

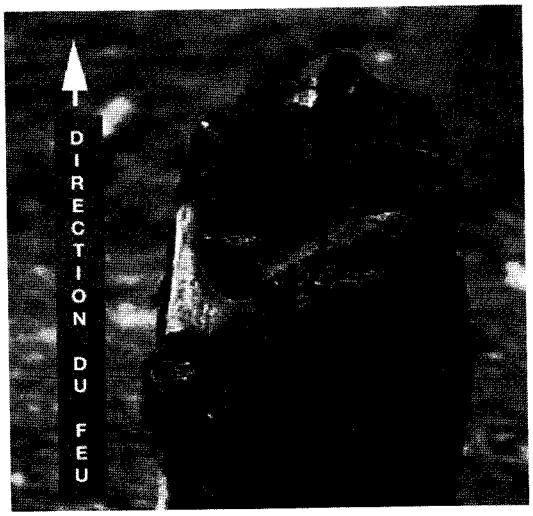


FIGURE 26.6.6 Traces en forme de coupe.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

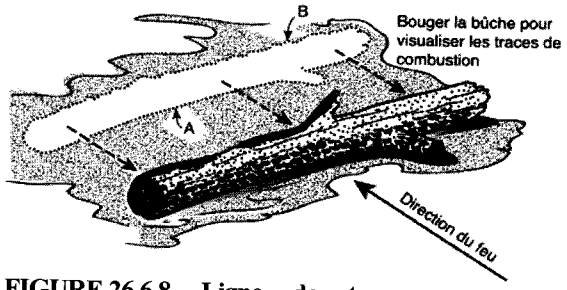


FIGURE 26.6.8 Ligne de traces « propres » (combustion des suies) du côté de l'arrivée du front de flammes (Point A) et ligne de traces de combustion irrégulière (Point B) du côté opposé, montrant que le feu s'est déplacé du point A au point B.

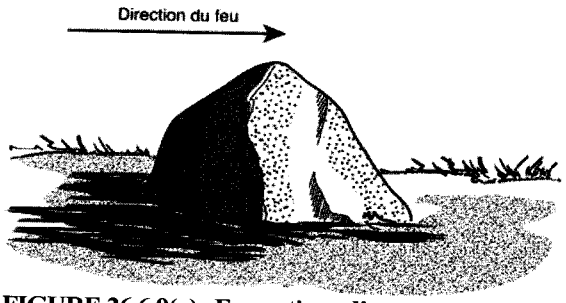


FIGURE 26.6.9(a) Formation d'une tache (Zone plus foncée) sur un élément incombustible suite à des dépôts de combustible vaporisé et de particules microscopiques transportés par l'incendie.

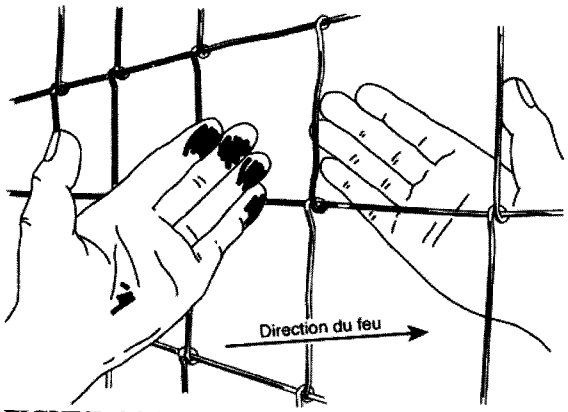


FIGURE 26.6.9(b) Dépôt de suies du côté de la clôture faisant face à l'arrivée du front de flammes. Les suies sont mises en évidence en frottant la main le long du fil de la clôture.

26.6.7 Traces d'extinction. Lorsque le feu atteint différents types de combustibles, il peut rencontrer des zones où l'humidité est plus importante ou d'autres endroits dont les conditions entraînent une diminution de la vitesse de propagation et de l'intensité, la progression peut alors ralentir ou le feu peut s'éteindre de lui-même. Ces zones se présenteront sous la forme de doigts et d'îlots de combustibles non-brûlés ou partiellement brûlés. Ces traces se produisent le plus souvent dans les zones de feu latéral et à contre-courant, cependant il ne faudrait pas croire que ces zones correspondent au lieu d'origine du feu. Ces zones peuvent être utiles à l'échelle macroscopique pour établir la progression générale du feu.

26.6.8 Combustibles exposés et combustibles protégés. Un objet non-combustible ou le combustible lui-même protège le côté non-exposé du combustible, des dommages dus à la chaleur. Les combustibles ne brûleront pas ou présenteront moins de dommages du côté protégé au regard du feu en progression. Il faut observer les traces de carbonisation, les taches, la cendre blanche et les lignes de démarcation des traces propres sur les faces exposées des combustibles et sur les objets non-combustibles. Il faut comparer et analyser la différence avec les faces opposées des objets. Il faut soulever et prendre les objets pour déterminer quels sont les combustibles exposés et ceux qui ont été protégés. Les objets gisant sur la terre ou sur les combustibles de surface protègeront ces combustibles du côté non-exposé. Du côté exposé au feu les combustibles de surface présenteront une ligne de démarcation définissant une trace propre voir le point « A » sur la figure 26.6.8. Du côté protégé les combustibles de surface apparaîtront inégaux, et irréguliers, voir le point « B » sur la figure 26.6.8.

26.6.9 Taches, et dépôts de suies. Ces ;taches sont causées par les gaz chauds, les résines et les huiles, qui se condensent à la surface des objets. Cela se produit le plus souvent sur des objets non-combustibles tels que des boîtes métalliques, des bouteilles en verre, ou des rochers. Les taches apparaissent sur le côté de l'objet exposé aux flammes comme montré sur la figure 26.6.9(a). Ces taches jaunes à brun foncé semblent souvent collantes au toucher et peuvent être couvertes d'une fine couche de cendres blanches. Les dépôts de suies sont intimement liés à l'apparition de taches. Les suies carbonées sont produites par la combustion incomplète et par la présence d'essences naturelles huileuses dans certains végétaux. Les suies carbonées se déposent de façon plus abondante du côté faisant face au feu en approche. Les suies se déposent sur les fils de clôture du côté faisant face au lieu de départ de feu et peuvent être mises en évidence en frottant les doigts le long du fil. Sur les objets plus grands, on peut également mettre en évidence les dépôts de suies en passant la main sur la surface. Dans de nombreux cas, on trouvera perdent de la masse et rétrécissent lorsqu'ils brûlent, en laissant un état de surface comme de la peau de crocodile. Il faut comparer et étudier la différence de profondeur de carbonisation sur toutes les faces d'un objet. Le côté où la carbonisation est la plus profonde est celui qui fait face au feu en arrivée. La figure 26.6.10 montre que la carbonisation des poteaux de la clôture est plus profonde du côté directement exposé au feu, comme indiqué par la flèche. Cela indique que le feu s'est déplacé de la gauche vers la droite.

26.6.11 Éclatement. L'éclatement se présente sous la forme de cratères ou d'écaillage superficiels et

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

légèrement colorés à la surface des rochers situés dans la zone de feu, comme présenté sur la figure 26.6.11. L'éclatement s'accompagne généralement de l'enlèvement de plaques ou d'écailles à la surface des rochers. L'éclatement est causé par une diminution de la résistance à la traction au niveau de la surface du rocher qui a été exposée au feu. L'éclatement se produit généralement dans les zones de feu en progression, du côté des rochers exposés aux flammes.

26.6.12 Végétaux **figés.** Lorsque les feuilles et les petites tiges sont chauffées, dans les zones de feu en progression, elles tendent à devenir souples et pliables et se courbent facilement dans la direction du vent dominant ou des courants créés par le feu. Elles demeurent souvent pointées dans cette direction (figées) lorsqu'elles refroidissent après le passage du front de flammes. Même si cet indicateur est presque toujours le reflet exact de la direction du vent en ce lieu précis, il peut ne pas toujours coïncider avec la direction du feu. Il est nécessaire de valider les indicateurs constitués par les végétaux figés avec d'autres indicateurs ou traces à proximité pour confirmer la direction du feu. (Voir la figure 26.6.12.)

26.6.13 Enroulement des végétaux. On parle d'enroulement lorsque des feuilles vertes s'enroulent sur elles-mêmes vers une source de chaleur. Elles se plient vers la direction de provenance du feu. Ceci se produit généralement lors de déplacement lents, et de carbonisations plus superficielles généralement associés aux déplacements du feu à contre-courant ou latéral (voir la figure 26.6.13.).d'autres traces, telles que les combustibles protégés ou les taches. Lorsque l'on examine une clôture en fils de fer à la recherche de suies, il vaut mieux regarder en partie basse car ces fils présenteront plus de traces de suies que les fils situés en partie haute comme le montre la figure 26.6.9(b).

26.6.10 Profondeur de carbonisation. La carbonisation des branches, des troncs, et du bois pour les charpentes laisse des traces ayant l'apparence de fissures ou de peau de crocodile. Les matériaux en bois

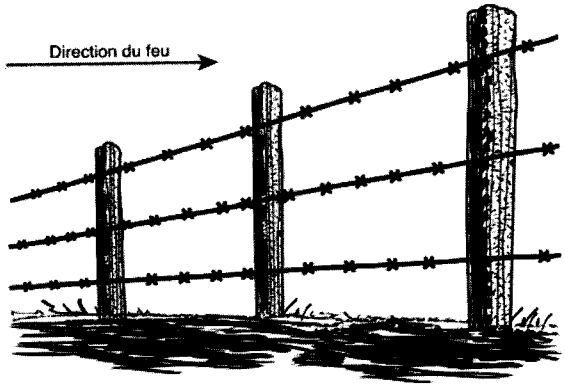


FIGURE 26.6.10 Traces plus profondes de carbonisation, d'un côté des poteaux de la clôture, indiquant que le feu s'est déplacé de la gauche vers la droite.



FIGURE 26.6.11 Éclatement.



FIGURE 26.6.12 Végétaux figés.

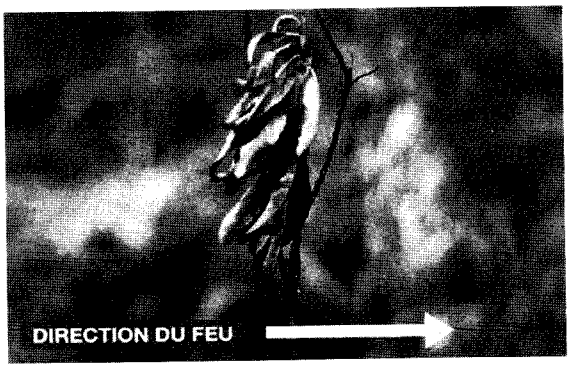


FIGURE 26.6.13 Enroulement.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

26.7 Recherche de l'origine. Identifier la zone d'origine constitue le premier objectif des investigations sur feux de forêts. En prenant en compte les paramètres relatifs au vent, à la topographie, et aux combustibles, le lieu d'origine est situé normalement près de la zone arrière du feu (Voir la figure 26.7.).

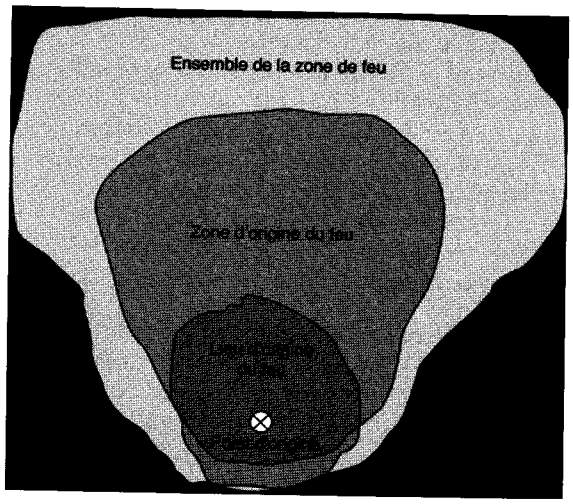


FIGURE 26.7 Configuration de la zone d'origine.

26.7.1 Zone d'investigation initiale. La zone d'investigation initiale peut être déterminée à partir des informations fournies par les premiers pompiers sur place et par les témoins oculaires. Les pompiers et les témoins sont en mesure de donner des indications sur la localisation et la taille du feu dans les premières phases. Ces contributions vont aider l'investigateur à réduire la zone de recherches.

26.7.1.1 Observations réalisées par les médias. Les journalistes présents sur place peuvent avoir vu le feu dans les premières phases de son développement et sont susceptibles de fournir des informations intéressantes pour la recherche du lieu d'origine et de la cause. Les observations, faites par les représentants des médias sont importantes, car elles peuvent permettre de restreindre les investigations, à la zone brûlée au moment du reportage. Elles peuvent aussi permettre de vérifier ou de compléter certaines informations obtenues, de la part de témoins ou des équipes d'intervention.

26.7.1.2 Observations faites par l'équipe d'intervention initiale. L'équipe d'intervention initiale peut jouer un rôle crucial dans l'investigation, par les observations que ses membres ont pu faire, alors qu'ils étaient en route ou qu'ils venaient d'arriver sur site. Ces personnes peuvent être en mesure de fournir des informations pertinentes sur la zone à examiner, les personnes ou les véhicules qui ont quitté les lieux, la météorologie, et sur la position des systèmes de fermeture et des clôtures, ainsi que sur les dommages ou conditions anormales. Si des traces éventuelles sont retrouvées, il faudrait qu'elles soient repérées et protégées. Les questions à poser à la première équipe d'intervention comprennent ; la localisation du feu à son arrivée, la direction dans laquelle se développait l'incendie, le comportement général du feu, la description des personnes ou des véhicules sur place ou ayant été aperçus quittant les lieux, et les conditions météorologiques.

26.7.1.3 Observations faites par le personnel en l'air. Le personnel en l'air est susceptible de fournir le même type d'observations que le personnel au sol mais il peut bénéficier d'une perspective différente et intéressante sur la zone potentielle d'origine du feu, la direction de la propagation du feu, ainsi que les personnes et les véhicules ayant quitté les lieux. Ces informations devraient être rapidement transmises au personnel au sol et aussi précisément que possible. Les photographies aériennes de la zone en feu, sont d'une aide précieuse pour montrer les zones brûlées, la direction de la propagation du feu, et la puissance du feu en un point donné, et à un moment précis.

26.7.1.4 Observations faites par d'autres témoins. Les témoins sont souvent susceptibles de fournir des informations vitales, pour l'investigation, dans les feux de forêts. Les témoins peuvent donner des indications sur des véhicules ou des personnes, qui ont pu se trouver dans la zone concernée. Ces témoins sont souvent familiers de la région, et peuvent donner des informations, quant au lieu d'origine et à la cause possibles. Ils sont également susceptibles de fournir des éléments sur la description du feu, tel que l'allure des fumées, l'intensité, la vitesse de propagation et la météorologie.

26.7.1.5 Images par satellite ou capteurs distants. Les outils du type satellite ou imagerie, qui sont d'abord utilisés pour établir des stratégies d'intervention, peuvent aussi être utiles pour déterminer la zone d'origine de l'incendie, à partir de la direction de propagation du feu et des informations sur sa localisation, lorsqu'il a été détecté. Les images prises avant l'incendie peuvent fournir des informations relatives à la configuration des combustibles et aux activités dans la zone avant l'incendie.

26.7.2 Zone d'origine du feu. Il s'agit de la zone de feu que l'investigateur peut restreindre au mieux à partir des traces macroscopiques, des témoignages, et de l'analyse du comportement du feu. Cette zone peut être relativement limitée sur un petit feu, ou de plusieurs acres sur un grand feu.

26.7.2.1 Lieu d'origine du feu. Il s'agit d'un espace plus petit, compris dans la zone d'origine du

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

feu, où la direction de propagation du feu a été dans les premiers instants conditionnée par le vent, le combustible, ou la pente. Ce lieu est généralement défini sur la base de traces, indiquant la direction du feu, microscopiques et dont la détection peut être subtile. Ce lieu a rarement une surface inférieure à 5 ft × 5 ft, mais peut être substantiellement plus grand, en fonction des traces laissées par la propagation du feu et d'autres facteurs. Il se caractérise en principe par des traces de combustion moins intenses.

26.7.2.2 Point d'origine. Compris au sein du lieu d'origine, il se situe l'endroit précis où la source d'ignition a rencontré le premier matériau a s'être enflammé et où une combustion durable s'est produite. Les traces matérielles de la véritable source d'ignition sont susceptibles de se trouver au point d'origine ou à proximité.

26.7.3 Techniques de recherches de la zone d'origine. Une fois que la zone d'origine a été localisée, il reste encore à déterminer la cause du démarrage de ce feu. L'investigateur devrait réaliser l'examen de cette zone en provoquant le minimum de perturbations, cherchant à découvrir les traces de la propagation du feu à partir de l'origine, plutôt que les détruire ou les prélever au cours de ces investigations. Des enregistrements photographiques devraient être réalisés tout au long du processus d'investigation.

26.7.3.1 Protection de la zone d'origine. Il est nécessaire de préserver l'intégrité de la scène d'incendie. La circulation à pieds ou en véhicule dans la zone doit être limitée au strict minimum ou interdite. Les pompiers ne devraient pénétrer dans la zone que si une intervention relative au feu est nécessaire. Les indices matériels ne devraient pas être pris en mains ou prélevés sans avoir au préalable réalisé les enregistrements correspondants. L'accès à la zone devrait être limité par la mise en place de drapeaux, de cordons, ou de personnels postés sur site pour en limiter l'accès.

26.7.3.2 Identification des traces. Au cours des investigations, des repères métalliques à planter au sol, peuvent être utilisés pour identifier les éléments considérés comme des indices potentiels. Des piquets étiquetés peuvent aussi être utilisés pour repérer la position d'un indice potentiel, ayant été retiré de la scène. Il faut faire continuellement attention pour ne pas détruire des indices, tels que des empreintes laissées par des individus ou des véhicules dans la zone d'origine potentiellement envisagée. Les alentours devraient être examinés pour y rechercher d'autres traces.

26.7.3.3 Principes généraux de l'interprétation des traces de combustion. Lorsqu'il analyse la progression de l'incendie, en se basant sur les traces de combustion, l'investigateur devrait garder à l'esprit les principes généraux qui suivent. L'interprétation devrait être réalisée à partir de la majorité des traces relevées au sein d'une même catégorie de traces, de l'ensemble des traces présentes, et des principes régissant le comportement du feu. Une typologie unique de traces peut n'être pertinente que sur un angle de 180°. Les traces deviennent généralement moins prononcées près de l'origine du feu. Il faudrait enregistrer les traces telles qu'elles se présentent à l'observation. Il faut travailler de la zone la plus intensément brûlée, jusqu'à la zone la moins brûlée, en remontant les traces laissées par la propagation du côté du feu en progression jusqu'à l'origine. La configuration du feu dans les premières phases dépend principalement des vitesses effectives du vent, la vitesse du vent à mi-flamme s'ajustant en fonction de l'effet de la pente sur la propagation du feu. La direction de la propagation sera influencée par la présence d'obstacles.

26.7.3.4 Suivre à pieds le périmètre de la zone d'origine par l'extérieur. Du fait de l'influence de la lumière, des ombres, et du terrain il est recommandé que l'investigateur suive le périmètre de la zone d'origine au moins deux fois : une fois dans le sens des aiguilles d'une montre, et une fois dans le sens contraire. Il faut examiner les zones non-brûlées tout autant que les zones brûlées. Il faut observer et repérer, là où elles se situent, les traces indiquant la direction de la combustion au niveau du périmètre de la zone d'origine à l'aide de drapeaux colorés ou de tout autre marqueur approprié. Si un indice matériel pertinent est relevé, il est de pratique courante de le protéger et de le repérer avec de petits drapeaux blancs.

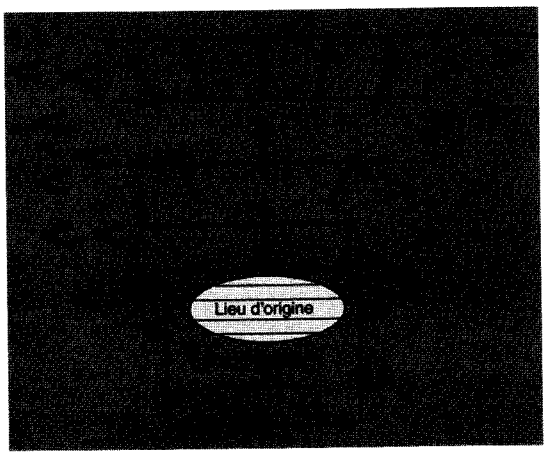


FIGURE 26.7.3.7 Examen de la zone d'origine.

26.7.3.5 Identifier le feu en progression. Il faut identifier le parcours initial du feu, et l'avancée rapide de l'incendie au niveau du front de flammes. Il s'agira fréquemment de la zone qui présentera les traces de combustion les plus propres, et qui peut se caractériser par une configuration classique en forme de « V » ou de « U ». Elle est souvent délimitée des deux côtés par des traces de propagation du feu de type latéral où les combustibles sont plus faiblement consommés.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

26.7.3.6 Pénétrer dans la zone d'origine. Il faut photographier la zone d'origine avant d'y pénétrer. Une fois que le parcours initial du feu a été identifié, il faudrait pénétrer dans la zone d'origine par le côté correspondant au front de flammes ou feu en progression ; ce côté correspond à la partie la plus éloignée par rapport au point d'origine suspecté. La raison qui justifie de pénétrer du côté du feu en progression est que les traces laissées par la combustion y sont plus nettes et que l'investigateur est moins susceptible de perturber le lieu d'origine que s'il entre par la traînée c'est à dire le côté du feu à contre-courant. Il existe une exception à cette règle : si la zone d'origine se situe sur une pente très raide où les matériaux et le sol sont susceptibles d'être délogées par l'investigateur et de rouler en bas de la pente en perturbant le lieu d'origine, alors l'investigateur peut être amené à pénétrer dans la zone d'origine par la traînée ou la zone de feu à contre-courant et travailler en montant la pente.

26.7.3.7 Examiner la zone d'origine. Une méthode proposée pour examiner la zone d'origine consiste à pénétrer à partir du côté où le feu progressait. Traverser la zone jusqu'à atteindre la partie latérale. Quelques pieds plus loin dans la direction de l'origine, retraverser la zone jusqu'à la partie latérale opposée. Répéter les étapes précédentes jusqu'à atteindre le lieu d'origine - voir la figure 26.7.3.7. Repérer toute trace avec un marqueur visible. Les drapeaux des géomètres portant un code couleur constituent les marqueurs les plus visibles et les plus faciles à utiliser. Les couleurs normalisées recommandées pour repérer les traces sont : le rouge pour la zone de feu en progression, le jaune pour la zone latérale, le bleu pour la zone à contre-courant et le blanc pour les indices.

26.7.4 Techniques d'investigation du lieu d'origine. On trouvera ci-après des propositions de techniques pour examiner le lieu d'origine.

26.7.4.1 Examiner le lieu d'origine. Comme pour la zone d'origine, il faut parcourir le périmètre du lieu d'origine au moins deux fois, une fois dans le sens des aiguilles d'une montre, et une autre fois dans le sens contraire des aiguilles d'une montre avant de pénétrer. En réalisant ce parcours, il faut examiner soigneusement le lieu d'origine, noter et repérer tout indice potentiel, et continuer à noter et à repérer les traces laissées par la combustion. Le cas échéant, ne pas hésiter à utiliser une longue vue ou des jumelles pour avoir une première vision de la zone avant d'y pénétrer.

26.7.4.2 Établir une grille avec couloirs. On utilise des ficelles de couleur et quatre piquets pour réaliser une grille comportant des couloirs. Chaque couloir devrait être de 12 in. à 18 in. de largeur et orienté perpendiculairement au premier déplacement du feu. Les couloirs de la grille devraient aller des traces côté latéral du feu vers le côté latéral opposé à partir de la zone de progression du feu. Il faut numéroter et photographier chaque couloir avant d'y effectuer les recherches. Si nécessaire, mesurer l'extrémité de chaque couloir par rapport à un ou des point(s) ou des points de référence.

26.7.4.3 Effectuer les recherches dans chaque couloir. Examiner chaque couloir à l'œil nu puis utiliser une loupe. Dès que la couche de surface a été examinée ; retirer les débris légers et les cendres en balayant ou en soufflant. De nombreux investigateurs trouvent utile de prendre une règle carrée ou une règle plate pour les aider à se concentrer sur leur schéma de recherches. Continuer à localiser et à repérer les traces avec de petits drapeaux au fur et à mesure que chaque couloir est examiné. Après avoir réalisé les observations visuelles, utiliser un aimant puissant pour chercher les métaux ferreux. En outre, on devrait mettre en œuvre un détecteur de métaux pour rechercher les métaux non-ferreux. Dans certains cas il peut être nécessaire de tamiser les débris restants pour rechercher des indices. Continuer cette méthode, un couloir à la fois, jusqu'à atteindre le point d'origine et/ou que la source d'ignition a été localisée. Après avoir enregistré tous les constats et sécurisé les indices, continuer à chercher en dépassant le point d'origine ou l'endroit des indices jusqu'à rencontrer des traces significatives de feu à contre-courant.

26.7.5 Équipement. Différents outils sont utilisés par les investigateurs, au cours de la recherche de l'origine et de la cause d'un incendie de forêt.

26.7.5.1 Loupe. Une loupe ou des lunettes de lecture permettent à l'investigateur de voir des traces, qui peuvent ne pas être visibles, sans grossissement. Elle permet également de mettre en valeur de petits détails, qui autrement, seraient négligés.

26.7.5.2 Aimant. Un aimant de type tirer-lâcher ayant une base en acier inoxydable, et un pouvoir d'attraction d'au moins 1,36 kg (3 lb) est utilisé pour localiser les fragments ou les particules en métal à base de fer. En déplaçant un aimant au-dessus de la zone brûlée, les matériaux concernés seront attirés par l'aimant. Lorsqu'un élément a été localisé, le tirer-lâcher peut être manœuvré et l'élément doit tomber dans un conteneur à indices adapté.

26.7.5.3 Règle plate. Une règle large et plate peut être utilisée pour diviser la zone d'origine. En réduisant la zone de recherches, l'investigateur aura plus de facilité à se concentrer sur de petits objets. C'est très utile lorsque l'on utilise une loupe.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

26.7.5.4 Pointe. Une pointe est particulièrement utile pour écarter la végétation environnante se trouvant sur de petits éléments matériels, par exemple pour enlever des brins d'herbes se trouvant sur une boîte d'allumettes.

26.7.5.5 Peigne. Un peigne à grosses dents peut être utilisé pour séparer un indice de débris. Cela fonctionne également bien pour prélever un indice sans l'abimer. En utilisant le peigne comme une cuiller, l'investigateur peut prélever de petits indices matériels, en laissant passer à travers le peigne, l'herbe brûlée ou d'autres débris. Les fourches à cheveux conviennent très bien pour ce travail.

26.7.5.6 Torches électriques. L'usage de torches électriques permet de localiser des objets dans des endroits peu éclairés. Elles permettent également d'éliminer les ombres.

26.7.5.7 Soufflette. Une petite soufflette (vendue pour le nettoyage des appareils photos) est utile pour éliminer les cendres légères, déposées sur un objet intéressant. De l'air soufflé par les lèvres pincés amène au même résultat, mais n'est pas aussi contrôlé.

26.7.5.8 Détecteurs de métaux. Les détecteurs de métaux sont utilisés pour repérer des objets en métaux ferreux et non-ferreux susceptibles de constituer des indices.

26.7.5.9 Tamis. Des tamis ayant différentes tailles de mailles peuvent aider à séparer un élément de preuve potentiel, des déchets et végétaux autour.

26.7.5.10 GPS (*Global Positioning Satellite*). Un GPS peut être utilisé pour déterminer la position précise, en termes de longitude et de latitude, du lieu d'origine du feu. Cette position peut être croisée avec les informations recueillies sur site, les données météorologiques relatives à la foudre, les photographies aériennes, ou les images par satellite.

26.8 Détermination de la cause de l'incendie.

L'objectif de toute investigation incendie est d'établir la cause de l'incendie, et de la confirmer en identifiant, et si possible, en retrouvant la source d'ignition ou le dispositif de mise à feu (voir le chapitre sur la détermination de la cause d'un incendie). Si le feu a été allumé intentionnellement, la source d'ignition a pu être abandonnée à proximité ou enlevée du site.

26.8.1 Cause naturelle. Les feux de forêts ne démarrent pas toujours du fait de personnes. Beaucoup ont une cause naturelle, telle que la foudre ou parfois les volcans.

26.8.1.1 Foudre. La foudre est une cause bien connue de feux de végétation, en particulier dans les zones forestières, avec des éclairs frappant les arbres isolés, les lignes électriques, et les rochers affleurants. La foudre, qui frappe un arbre, peut fendre le tronc ou peut vitrifier des matériaux, qu'on qualifie alors de fulgurites, résultant de la fusion de sable au niveau des racines de l'arbre dans le sol. La foudre peut aussi ne toucher que le sol, et mettre le feu aux combustibles à proximité. Lorsque l'on envisage la foudre, comme cause possible, on peut utiliser un GPS pour relever les coordonnées de la zone suspectée, qu'on peut ensuite transmettre au service de surveillance météorologique, pour comparaison avec les zones d'activité enregistrées par eux. Les incendies déclenchés par la foudre, sont susceptibles de couver plusieurs semaines après l'impact, sans être détectés, jusqu'à ce que les conditions changent et que le feu se transforme en un feu de forêt actif.

26.8.2 Cause humaine. Les incendies d'origine humaine résultent d'une action entreprise par une ou plusieurs personnes ou d'un oubli ou manquement, et peuvent être accidentels ou volontaires. Les incendies accidentels sont relatifs à ceux, dont la cause établie n'implique pas d'action intentionnelle, pour mettre le feu ou propager le feu dans une zone, où il ne se serait pas normalement développé. L'incendie volontaire est déclenché intentionnellement dans des circonstances, pour lesquelles l'auteur des faits sait pertinemment qu'aucun feu ne devrait être allumé.

26.8.2.1 Feu de camp. Un cercle constitué de cailloux, un trou contenant une grande quantité de cendres, ou un tas de bois, ces éléments constituent de bons indicateurs de la réalisation d'un feu de camp. Même les zones de camping, qui ont totalement brûlé, laissent des traces de leur présence. Des boîtes de conserves consommées et abandonnées, des piquets de tentes, ou des œillets métalliques provenant d'une tente, peuvent être retrouvés, indiquant la possible réalisation d'un feu de camp.

26.8.2.2* Mégot de cigarette. Des matières incandescentes jetées négligemment, telles que des cigarettes, des cigares, du tabac de pipe, ou des allumettes, peuvent démarrer un feu de forêt. Des indices de ces mises à feu peuvent avoir survécu et se trouver au ou près du point d'origine. La cendre et le filtre d'un mégot de cigarette, ou une allumette brûlée peuvent être encore identifiables au point d'origine.

26.8.2.2.1 Les matériaux braisants requièrent la présence de combustibles réceptifs pour qu'il y ait inflammation. Les caractéristiques du combustible telles que le type, l'état de division, le taux d'humidité, la température et la disposition ont une

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

influence sur sa capacité à s'enflammer. Le combustible doit en principe être finement divisé ou en poudre, comme des vieux papiers ou des résidus de bois, qui sont propices au démarrage de combustions braisantes.

26.8.2.2.2 L'inflammation des combustibles présents dans les forêts par des matériaux braisants est très sensible aux conditions environnantes au point d'ignition. Ces paramètres comprennent l'humidité relative, la température, la vitesse du vent, et la direction du vent. Il peut exister des différences significatives entre les conditions de microclimat au point d'origine et les relevés de stations météorologiques à distance. En principe, pour que l'inflammation se produise, il faut que l'humidité relative soit inférieure à 25 pour cent mais la complexité de l'interaction des conditions conduisant à une inflammation, en particulier les variations du microclimat notamment le vent, le rayonnement solaire reçu directement empêchent de considérer ce pourcentage comme une valeur absolue.

26.8.2.2.3 La position des matériaux braisants en contact avec le combustible est un facteur important au regard de l'inflammation. La surface de contact entre la source d'inflammation et le combustible et la durée de ce contact ont une influence sur l'inflammation du combustible. L'orientation de la source d'ignition en contact avec le combustible, comme par exemple si l'extrémité braisante d'une cigarette touche le combustible par le bas ou par le haut, ce qui a un effet sur le préchauffage du combustible connexe, constitue un autre facteur d'influence sur l'inflammation.

26.8.2.3* Feux de déchets. Des feux se produisent dans les décharges, lors des opérations de coupe de bois, et lors des opérations de débroussaillage ainsi que sur les sites résidentiels, au niveau des ordures et autres déchets dans lesquels on a mis le feu. Il arrive que ces feux se propagent vers la végétation à proximité. Les feux réalisés dans des fûts, ou les incinérateurs peuvent être pris en compte, en tant que cause d'incendie possible. Dans des conditions venteuses, la cendre ou les débris chauds peuvent être emportés par le vent et peuvent démarrer un feu, un peu plus loin. Il est connu que les grands tas de débris de bois, en particulier s'ils sont en mélange avec de la terre, sont capable d'entretenir une certaine chaleur pendant plusieurs mois, y compris de passer l'hiver en l'état, avant de se communiquer à la végétation à proximité. Les témoignages sont souvent utiles, pour déterminer, si un feu de débris est ou non la cause de l'incendie. Un feu autorisé est un feu, allumé intentionnellement, par quelqu'un, ou dont la cause est naturelle, et qui a été autorisé à brûler ou à continuer de brûler, selon un schéma prédéfini, dans le cadre d'objectifs de gestion des ressources naturelles.

26.8.2.4 Acte volontaire. De tels incendies sont parfois allumés en plusieurs endroits, et dans des zones fréquentées. Un système pour retarder le départ du feu est susceptible d'avoir été utilisé. Les éléments à rechercher sont notamment ; des allumettes, des fusées éclairantes, des cigarettes, des cordes, des bandes en caoutchouc, des bougies, et des câbles électriques. Pour des explications plus détaillées sur les incendies volontaires, voir le chapitre sur l'incendie volontaire.

26.8.2.5 Mise en œuvre de machines. Les véhicules et les équipements de puissance peuvent être à l'origine de feux de forêts, de bien des façons ; défaillance en cours de fonctionnement, équipement en surchauffe, particules à l'échappement, inflammation de fuite et de renversement de carburant, friction. Tout équipement de puissance ou à moteur, qui fonctionne à l'électricité ou utilise des carburants inflammables pour son fonctionnement ou atteint des températures de l'ordre des températures d'auto-inflammation au cours de son fonctionnement, est susceptible de démarrer un feu, lorsque l'on l'utilise au sein ou au voisinage de la végétation combustible. Cela comprend ; les machines de puissance portables ou mobiles, les équipements agricoles ou de chantiers, les tronçonneuses, les équipements de meulage, et les chalumeaux d'oxycoupage. Des pièces défectueuses ou défaillantes peuvent participer au risque incendie du fait de frottements tels que l'échauffement de freins usés, des arbres bloqués, ou de l'abrasion.

26.8.2.6 Voies ferrées. Les feux de forêt démarrent quelquefois le long des voies ferrées. Il arrive, occasionnellement, que des feux allumés pour débroussailler un lieu de passage, échappent à la vigilance. Les locomotives diesel ou mixtes diesel-électrique peuvent causer des feux sur le côté des voies du fait des particules rejetées, de l'inflammation de l'huile de lubrification accumulée en partie externe des motrices, ou d'une défaillance sur une ligne d'alimentation en diesel ou sur l'échappement, alors que les wagons sont susceptibles d'initier des feux au niveau des pièces métalliques chaudes des systèmes de freinage ou des paliers de roues en surchauffe. Les feux peuvent aussi provenir de déraillements, de travaux sur les rails, ou des feux de signalisation.

26.8.2.7 Jeux avec du feu. Les feux de forêt causés par les jeux avec du feu sont le fait d'enfants âgés de 12 ans ou moins. Ces feux sont souvent motivés par la curiosité normale et par la mise en œuvre du feu à des fins d'expérimentation ou de jeux. Les allumettes ou les briquets sont les sources d'ignition les plus fréquentes. Ces affaires impliquent souvent plusieurs enfants. Ces incendies se produisent le plus souvent autour des lieux

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

d'habitation, des écoles, des terrains de jeux, des campings, des zones boisées et d'autres zones fréquentées par les enfants. Il faut déterminer si ces actes résultent d'une curiosité normale ou d'un comportement pathologique. Le cas échéant orienter l'affaire vers les services administratifs pour mineurs et/ou vers un programme à l'attention des jeunes incendiaires.

26.8.2.8 Feux d'artifice. Les feux d'artifice constituent des sources d'ignition, à cause des étincelles et des débris brûlants. Les cierges magiques constituent de plus petits risques, mais ils sont susceptibles de mettre le feu à de l'herbe sèche ou à d'autres combustibles. La plupart des cierges magiques contiennent une partie centrale en métal (fil) ou en bois, qui pourrait être retrouvée au, ou près du, point d'origine du feu. Les résidus d'un feu d'artifice ou son emballage peuvent être trouvés près de la zone d'origine. Certains feux d'artifice sont susceptibles de générer de petites traces dans le sol, du fait de leur puissance explosive.

26.8.2.9 Réseaux d'alimentation en énergie. Les alimentations en énergie, fournies par les services publics ou privés traversent souvent des zones de forêts et par conséquent, constituent des sources d'ignition potentielle.

26.8.2.9.1 Électricité. Les lignes électriques aériennes sont susceptibles de causer des feux de forêts, lorsqu'un arbre entre en contact avec un conducteur, et enflamme la branche ou le feuillage concerné. Ce contact peut laisser une marque singulière sur la portion de l'arbre qui a fait contact et créer une trace de piqûre ou d'arc sur le conducteur de puissance. Après inflammation, des morceaux de l'arbre en flammes peuvent tomber au sol et mettre le feu aux combustibles de surface. En plus du contact avec un arbre, les conducteurs peuvent être poussés l'un contre l'autre (phase contre phase) au cours d'un coup de vent violent, générant une goutte de métal fondu importante, qui tombe au sol. Les conducteurs et les transformateurs sont susceptibles de présenter des défaillances, de mettre le feu aux poteaux ou à d'autres équipements, et de conduire à la chute des gouttes de matériau rougeoyant ou chaud, sur le sol. Les câbles souterrains peuvent être endommagés, par des engins de chantier, ou au cours d'opérations de terrassement, aboutissant à un départ de feu. Les clôtures électriques constituent également une source d'énergie, susceptible de mettre le feu à des matériaux combustibles.

26.8.2.9.2 Forages de puits pétrole ou de gaz. Les activités de forage de puits pétrole ou de gaz, dans les zones forestières sont susceptibles de démarrer un feu. La plupart des activités, présentant un risque d'incendie, se produisent au cours des opérations de forage. Un grand nombre de ces risques sont abordés dans les paragraphes relatifs au risque présenté par les fumées, par l'utilisation d'équipements, et par l'électricité. Un jaillissement issu d'un puits, suivi d'une inflammation peut causer un feu de forêt. Suivant le produit à extraire, des équipements au gaz, tels que des séparateurs peuvent être mis en place, au niveau du puits après que le processus d'extraction ait été achevé. De la même façon, la proximité de gazoducs ou d'oléoducs est susceptible de fournir des sources de combustibles initiaux, ou peut constituer un facteur contribuant à la propagation d'un feu de forêt.

26.8.2.10 Divers. Les causes relatives aux feux de forêts qui ne peuvent pas être regroupées en classes de causes sont généralement classées en divers. Cette liste n'est pas exhaustive mais est présentée à titre d'exemple concernant d'autres causes de feux de forêts.

26.8.2.10.1 Auto-échauffement. Certains types de combustibles sont susceptibles de s'enflammer spontanément, par un phénomène d'auto-échauffement, dû à des réactions biologiques et chimiques. Les phénomènes d'auto-échauffement ont une probabilité d'occurrence plus élevée lors des périodes chaudes et humides, au sein de tas de matières organiques en décomposition telles que le foin, les céréales, le fourrage, le fumier, la sciure, les tas de copeaux de bois, et les tas de tourbe.

26.8.2.10.2 Réfraction et réflexion du rayonnement solaire. Les rayons solaires peuvent être concentrés ou focalisés en un point extrêmement chaud, soit par un objet transparent de section sphérique ou cylindrique ou soit par une surface concave particulièrement réfléchissante. Ce phénomène de réfraction ou de réflexion modifie l'angle des rayons lumineux, de façon analogue, à ce qui se produit avec une loupe ou un miroir. Le fond concave et brillant d'une boîte métallique, peut focaliser le rayonnement solaire, mais la distance focale étant courte, cette éventualité reste improbable, avec ce type d'objet. Les incendies démarrés avec ces objets sont très rares ; toutefois, les objets de cette nature retrouvés sur le lieu d'origine du feu doivent être examinés soigneusement afin de les exclure ou de les inclure dans les causes possibles.

26.8.2.10.3 Armes à feu. L'utilisation d'armes à feu à la poudre noire, ou d'armes à feu modernes projetant des balles traçantes, ou des munitions incendiaires ou à douilles en acier, peut être à l'origine de feux de forêts. Les incendies causés par la poudre noire résultent souvent de la combustion du bouchon de la cartouche plus qu'ils ne sont directement démarrés par la combustion de la poudre noire. Les composés chimiques contenus dans les projectiles des munitions traçantes et incendiaires sont susceptibles d'enflammer les

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

combustibles des forêts. Les munitions ayant un étui en acier, telles que les munitions perforantes et certaines marques de calibre 7.62 x 39 mm. sont susceptibles de démarrer un incendie lorsque l'étui frappe un rocher ou un autre matériau suffisamment dur pour générer des étincelles.

26.9 Traces. La protection, la préservation, le prélèvement et l'enregistrement des traces sont identiques, qu'il s'agisse d'une investigation sur feu de forêt, sur bâtiment ou sur véhicule. Se référer au chapitre sur les indices matériels pour des informations et des conseils.

26.10 Commentaires spécifiques relatifs à la sécurité. Les concepts de sécurité peuvent différer de ceux applicables pour les feux de bâtiments ; toutefois, les principes de base demeurent identiques. Se référer au chapitre relatif à la sécurité pour plus d'informations.

26.10.1 Risques. La sécurité est un point important, pour tous les incendies. Les investigations sur feux de forêts, amènent leurs propres risques, dont il faut de tenir compte sur le site sinistré. L'investigateur devrait se signaler auprès de l'officier responsable et faire savoir sa position à tout moment aux équipes des services de secours. L'investigateur doit avoir connaissance des zones, où l'incendie peut encore être en train de brûler, ou des zones où il peut avoir été éteint mais pourrait repartir. L'investigateur devrait être attentif aux exigences du LCES (Lookout, Communication, Escape route, Safety area) soit (Surveillance, Communication, Chemin d'évacuation, Zone sécurisée). Un chemin pour évacuer doit toujours être disponible ; il doit être surveillé en permanence, à mesure que le feu évolue. Une ré-inflammation dans une zone, où il reste des combustibles, associée à un changement de direction du vent, peut générer des risques extrêmement importants, tels qu'un feu de cimes, ce qui peut rendre impraticable le chemin d'évacuation envisagé.

26.10.1.1 Les dangers consécutifs à un incendie, concernent notamment la chute de débris tombant des branches ou des arbres, affaiblis par le passage du feu. S'appuyer contre, ou imposer une charge à un arbre, peut le renverser ou le briser. Même un vent léger peut casser et faire tomber des branches au sol. Des dangers supplémentaires peuvent s'ajouter lorsque le terrain est en pente. Des bûches ou des rochers peuvent se trouver partiellement délogés consécutivement à l'incendie, aux opérations d'extinction, ou aux recherches menées par les investigateurs. Lorsque la structuration apportée par les racines est détruite par le feu, le sol peut commencer à perdre de sa stabilité, ce qui peut alors entraîner des glissements de terrain, susceptibles de blesser l'investigateur ou de détruire des traces.

26.10.1.2 La météorologie peut déclencher ou contribuer à la réalisation d'un risque. La pluie peut rendre le terrain glissant. L'orage peut également poser problème. Au cours d'un orage, l'investigateur ne devrait pas rester sous un arbre, mais au contraire se déplacer vers une zone dégagée, en s'abaissant sans toutefois s'allonger.

26.10.1.3 Une combustion en sous-sol, en régime couvant, peut passer en régime de combustion avec flammes, lorsque la combustion débouche en surface, ou si on retourne la couche de sol superficielle, exposant alors le combustible échauffé à l'air. Ce phénomène se produit le plus souvent, lorsque le sol renferme un taux important de tourbe, ou dans les zones où de gros tas de sciures ont été abandonnés, après des opérations de sciage ou d'exploitation du bois.

26.10.2 Équipement de protection individuelle. Les vêtements de protection et les équipements de sécurité nécessaires seront variables selon les circonstances. Si les investigations se déroulent, alors que l'incendie est encore en train de progresser dans le proche environnement, où se trouve l'investigateur, celui-ci de devra se conformer aux exigences fédérales, de l'état, de la province, ou locales, applicables pour la protection individuelle des personnels de lutte contre le feu.

26.10.2.1 Dans de telles situations, il est recommandé aux investigateurs de suivre la norme NFPA 1977, *Standard on Protective Clothing and Equipment for Wildland Fire Fighting*, ainsi que les sections appropriées de la norme NFPA 1500, *Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program*. Les types de protection traitées dans la NFPA 1977 concernent la protection de la tête, la cagoule, la protection du corps, la protection des mains, la protection des pieds, et la protection des yeux. En outre, une protection respiratoire est nécessaire ; elle dépend du type d'atmosphère dangereuse rencontrée. Ce type d'équipement de sécurité est peut-être, le plus important, mais aussi, le plus souvent négligé.

26.10.2.2 Lorsqu'il examine un site où le feu a été éteint, l'investigateur devra continuer à respecter les lois applicables. Même en l'absence de réglementation, l'investigateur aura intérêt à se conformer aux normes en vigueur, pour sa propre protection. Se référer au chapitre sur la sécurité pour plus d'informations.

26.11 Sources d'information.

Les sources d'information relatives aux feux de forêts figurent à l'annexe B et à la section B.11

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Chapitre 27 Organisation des investigations complexes

27.1 Portée.

Ce chapitre traite des questions qui sont spécifiques à l'organisation des investigations complexes, du fait de l'étendue, de la portée, ou de la durée. Les investigations complexes comprennent généralement des investigations multiples et simultanées, concernant un grand nombre de parties intéressées à l'évènement. La complexité d'une investigation peut venir d'un incendie ou d'une explosion, ayant entraîné des décès ou des blessés, d'un incendie en immeuble de grande hauteur, ou dans un grand complexe ou dans plusieurs bâtiments, ou bien d'un incendie ou d'une explosion sur un site industriel ou commercial ; l'affaire n'est pas forcément toujours étendue ou de grande ampleur. La méthodologie, présentée dans ce chapitre, peut s'appliquer également aux investigations, qui ne sont pas considérées comme complexes.

27.1.1 Investigations menées par les services publics.

27.1.1.1 Les services publics, qui ont autorité pour enquêter sur un évènement, sont contrôlés par une autorité juridique, législative et statutaire, par les lois, la réglementation, les règles et les politiques. Par conséquent, la méthodologie décrite dans ce chapitre, ne peut pas s'appliquer entièrement à leurs investigations.

27.1.1.2 Il est entendu que les entités gouvernementales compétentes en matière de sécurité conduisent normalement l'investigation initiale. Les représentants des services officiels, qui mènent les investigations au nom du l'état, devraient essayer de suivre les normes et les guides et de préserver (ou de laisser sur site) les indices matériels, de façon à ce que les parties intéressées aient l'opportunité de mener les investigations comme décrit dans ce chapitre. Les investigateurs des services publics peuvent considérer nécessaire d'altérer un indice au cours de leurs différentes missions. Un indice ne devrait pas être altéré, endommagé, ou détruit, à moins que cela ne soit inévitable et fasse avancer les objectifs, inscrits dans les différentes missions du service concerné. Si un indice doit être altéré de quelque façon que ce soit, les autorités publiques devraient envisager de consulter les autres parties intéressées, de façon à ne pas compromettre le principe du contradictoire. Les investigateurs des services publics devraient enregistrer leurs constats. Lorsqu'il n'existe plus de questions relatives à la sécurité publique ou que les investigateurs des services publics ont défini, qu'il ne s'agissait pas d'une affaire criminelle, ces investigateurs ont le choix de participer au processus de l'investigation complexe ou de terminer la leur.

27.1.2 Objet. Ce chapitre a pour objet de proposer un cadre pour l'organisation des investigations complexes. L'utilisation du mot investigation au singulier dans ce chapitre, couvre les investigations multiples et concomitantes menées par les parties intéressées. Le degré d'application des recommandations de ce chapitre peut varier selon le sinistre spécifiquement étudié.

27.1.3 Objectif. L'objectif de ce chapitre est de proposer un guide, pour l'organisation et la coordination des activités d'investigation, parmi les multiples parties intéressées, qui fournisse l'opportunité pour tous d'enquêter sur le sinistre, de protéger leurs intérêts respectifs, et de permettre des investigations à des coûts acceptables et dans des délais raisonnables. Ce chapitre n'a pas pour but d'instruire les parties intéressées sur la façon de réaliser les investigations. L'organisation de l'équipe d'investigation, ses fonctions, et ses taches sont présentées au chapitre 14. L'examen de la scène devrait être réalisé selon les principes recommandés dans ce guide.

27.1.4 Parties intéressées. Dans le sens employé dans ce document, le terme « parties intéressées » vise toute personne, entité ou organisation et ses représentants ayant des obligations statutaires, ou dont les droits légaux ou les intérêts pourraient être affectés par la recherche de la cause du sinistre. Les parties intéressées peuvent inclure les personnes ou les services, qui mènent des investigations incendie ou explosion pour le compte des services publics (tels que les services de sécurité incendie, la police, les capitaines de pompiers, les tribunaux, ou les procureurs), des propriétaires de biens, des parties existantes ou potentiellement impliquées dans le cadre d'un litige au civil ou au pénal, ainsi que leurs avocats (représentant les assureurs, les victimes, les mis en cause ou les potentiellement mis en cause).

27.1.5 Terminologie.

27.1.5.1 Partie intéressée. Toute personne, entité ou organisation et ses représentants ayant des obligations statutaires, ou dont les droits légaux ou les intérêts pourraient être affectés par la recherche de la cause du sinistre.

27.1.5.2 Investigation sur site. Pour les besoins de ce chapitre, les termes « site » et « scène » seront conjointement désignés par le terme « investigation sur site, » à moins que le contexte particulier ne requière l'usage de l'un ou l'autre mot.

27.1.5.3 Équipe d'investigation. Groupe de personnes menant des investigations après-sinistre, dans l'intérêt d'une partie.

27.1.5.4 Protocole. Procédure ou méthode spécifique, qui décrit comment la tâche ou les tâches doivent être réalisées.

27.1.5.5 Scène. Localisation spécifique de l'évènement sur le site sinistré. Zone(s) (édifice, véhicule, bateau, partie d'équipement, etc.) considérée(s) comme

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

pertinente(s) pour l'analyse du sinistre car elle renferme les dommages matériels et les débris, les traces, les victimes ou les dangers consécutifs au sinistre. Il s'agit de la zone à explorer au cours des investigations sur site.

27.1.5.6 Site. Désigne la localisation physique au sens large, de l'évènement, comprenant la scène et son environnement, jugés intéressants pour les opérations d'investigation, ainsi que les zones affectées aux aspects logistiques.

27.1.5.7 Accord. Consensus écrit ou oral entre les parties intéressées, concernant l'organisation des opérations d'investigation.

27.1.5.8 Plan de travail. Liste des tâches à réaliser au cours des investigations y compris l'ordre de mission et le délai de réalisation. Voir le chapitre 14.

27.2 Informations essentielles et documentations.

Il faudrait se procurer auprès du propriétaire, de l'entrepreneur, de l'architecte, ou du département des bâtiments publics ; des copies des plans de réalisation, des plans du bâtiment, des plans du site, des schémas, des manuels, et tout autre document nécessaire pour l'organisation des investigations sur site, afin d'orienter les investigateurs sur site, de visualiser les bâtiments et les infrastructures les uns par rapport aux autres, ou de faciliter la compréhension des différents systèmes du bâtiment.

27.3 Communication entre les parties intéressées.

27.3.1 Notification aux parties intéressées. Toutes les parties intéressées connues devraient être prévenues rapidement, afin de leur permettre d'examiner la scène le plus tôt possible et de minimiser les risques de plaintes pour non-respect du contradictoire et destruction de preuve. Voir le paragraphe 11.3.5 ; voir aussi la norme ASTM E 860, *Standard Practice for Examining and Testing Items That Are or May Become Involved in Product Liability Litigation*. La notification initiale aux parties intéressées, connues, devrait être réalisée par l'entité, en charge du contrôle du site.

27.3.1.1 Entité en charge du site. L'entité, qui est en charge du site, devrait notifier toutes les parties intéressées connues, dans le cas où elle envisage de mener des investigations sur le site du sinistre. Lorsque l'entité en charge du site n'envisage pas de mener des investigations sur site, ou si cette entité n'a pas initié le processus de notification, toute partie intéressée ayant l'intention de conduire de telles investigations, peut initier le processus de notification.

27.3.1.2 Exhaustivité des parties intéressées. Toutes les parties intéressées devraient notifier à l'entité en charge du site, en temps et en heure, les éventuelles autres parties, qui devraient être incluses dans les opérations d'investigations. La responsabilité et le moment de la notification peuvent varier selon que la partie intéressée qui notifie est publique ou privée, qu'il s'agit d'une enquête criminelle ou pas, et selon les lois et règlements applicables. Voir le paragraphe 11.3.5.1.

27.3.1.3 Liste des parties intéressées. Toutes les parties intéressées, en particulier celles issues du secteur privé, doivent prendre des mesures pour s'assurer que toutes les autres parties intéressées ont été notifiées en temps voulu. Une liste identifiant toutes les parties intéressées devraient être créée et échangée. Toutes les notifications aux parties devraient aussi être communiquées.

27.3.1.4 Notification de changement. Lorsque la responsabilité ou l'accès au site est modifié ou que la scène pourrait être altérée, toutes les parties intéressées connues devraient en être averties. Ces changements sont par exemple ;

(1) Lorsque les services publics ayant le contrôle de la scène, déterminent qu'il n'y a pas eu de crime, et autorisent les investigateurs privés à participer

(2) Lorsque les services publics ont transmis la charge du contrôle de la scène

(3) Lorsque les investigations démarrées par les investigateurs privés, ont mis en évidence d'autres parties intéressées

27.3.1.5 Réalisation de la notification. La notification peut être faite par téléphone, courrier, fax, ou courriel. Une notification orale devrait être confirmée par écrit. L'identification des parties intéressées peut parfois être difficile. Les méthodes pour identifier les parties intéressées incluent l'analyse des étiquettes des produits, les documents du type contrats ou enregistrements de prestations de service, bons de livraison etc. Les coordonnées peuvent être trouvées à partir de nombreuses sources, telles qu'Internet. On peut entrer en communication avec les départements juridique, ou gestion des risques, ou avec tout autre département approprié, des parties intéressées, afin d'identifier la personne à laquelle envoyer la notification.

27.3.1.6 Teneur de la notification. La notification aux parties intéressées devrait comprendre la date du sinistre ; la nature du sinistre ; la localisation du sinistre ; la nature et l'étendue des pertes ; les dommages, décès ou blessés ; le lien connu jusqu'à un certain point de la partie notifiée avec le sinistre ; la date de la prochaine tâche ; les circonstances susceptibles de modifier la scène (telles qu'un ordre imminent de démolition, ou des conditions environnementales) ; une demande de réponse avant une date fixe ; les coordonnées de la personne à qui répondre ; et l'identité des personnes ou de l'entité en charge de la scène. Les suggestions fournies relatives au contenu de la notification n'ont pas un caractère obligatoire, mais peuvent aider à s'organiser de façon efficace et à éviter les reports. La notification devrait comprendre une liste de toutes les parties à qui la notification a été adressée, qui devrait elle-même inclure le nom, l'adresse, et un numéro de téléphone. La liste devrait être mise à jour avec toute partie additionnelle, identifiée ultérieurement au cours du processus normal.

27.3.1.7 Notifications ultérieures. A mesure que des parties intéressées supplémentaires sont identifiées, celles-ci devraient être averties des investigations en

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

cours. Des notifications ultérieures peuvent être faites par toute partie intéressée ; cependant, il incombe à cette partie de fournir aux nouvelles parties, une copie de la liste et une copie de la nouvelle notification aux parties précédemment notifiées. Chaque partie, et notamment l'entité en charge du site d'investigation, devrait recevoir une copie de la notification ultérieure.

27.3.2 Réunions.

27.3.2.1 Réunion préliminaire. L'entité en charge du site d'investigation devrait déclencher une réunion préliminaire des parties intéressées, avant de débuter les investigations, afin de déterminer ; les besoins en protocoles et plans de travail, comment la scène doit être examinée, l'accès au site d'investigations et les restrictions éventuelles, les aspects sécurité et environnement, etc. Au cours de cette réunion préliminaire, les parties intéressées devraient conclure un arrangement ou un accord sur la façon de mener les investigations.

27.3.2.2 Réunions au cours du processus d'investigations. Des réunions devraient être tenues, afin de s'assurer que chacun est enregistré, au courant des considérations relatives à la sécurité, et averti des changements de conditions, de plan de travail, et du calendrier à venir, et pour présenter les nouveaux participants. Il est proposé de tenir de courtes réunions chaque jour et des réunions plus longues chaque semaine.

27.3.3 Site web. Le développement d'un site web sécurisé peut constituer un outil utile pour l'organisation et la gestion des investigations. Si on y recourt, ce point devrait préalablement être discuté avec les différentes parties. Un site web est un moyen efficace pour communiquer de l'information ; il peut être construit de façon à limiter l'accès aux parties intéressées ; on peut même limiter l'accès à certaines zones du site pour certaines parties. Le contenu du site peut comprendre ; des photos, des vidéos, la liste des parties et leurs coordonnées, les informations protégées ou non qui ont été échangées, les protocoles, les approches communes ou accords, le calendrier des tâches, le plan d'action sinistre, le registre des indices, les copies des rapports des services publics, les documents publics, les listes de présences signées lors des différentes journées d'investigation, les consignes de sécurité, et toute autre information que les parties pourraient souhaiter partager. Voir aussi le paragraphe 27.4.6.2.

27.3.4 Modes de communication complémentaires. Un panneau d'affichage électronique sur le site ou des messages par courriel peuvent être utilisés pour communiquer avec les équipes d'investigation, envoyer des rapports d'activité journaliers, et faciliter l'échange d'informations. Une autre méthode pour communiquer est le recours à un plan d'action sinistre. Voir le paragraphe 27.5.1.

27.4 Approche commune et accord.

27.4.1 Objectifs. Du fait de la complexité des investigations, et afin de s'assurer que toutes les parties intéressées connues aient l'opportunité d'enquêter sur le sinistre et de protéger leurs intérêts respectifs, des arrangements et des accords devraient être établis aussi tôt que possible. De telles dispositions permettent de faciliter la coordination des investigations, en s'appuyant sur une approche méthodique, efficace, tout en minimisant les sources de conflit. Les sujets sur lesquels, les parties pourraient souhaiter avoir une approche commune ou un accord sont notamment :

(1) Sécurité/Risques pour l'environnement
(2) Contrôle et accès au site
(3) Partage des coûts
(4) Planification
(5) Communication
(6) Logistique
(7) Protocoles
(8) Enregistrement, prélèvement, garde, et stockage des indices
(9) Enregistrements des constats sur site/des investigations
(10) Site web
(11) Entretiens avec les témoins
(12) Partage d'informations protégées ou non
(13) Examen des indices matériels et essais

27.4.2 Planification. Il conviendrait de faire au mieux, pour faire coïncider les agendas, du plus grand nombre de parties intéressées et de leurs représentants, afin de leur permettre de participer aux investigations. Il n'est pas toujours possible de satisfaire sur ce point l'ensemble des parties intéressées.

27.4.3 Partage des coûts. Différents aspects des investigations se prêtent d'elles-mêmes au partage des coûts. Ces sujets concernent ; le stockage des indices matériels, la mise en œuvre de machinerie lourde, les opérations de déblaiement, les questions relatives au confort des personnes, la sécurité, les premiers secours, et les tests spécifiques ou l'examen des preuves ou indices. Les parties devraient identifier les aspects de l'investigation pour lesquels les coûts seront partagés. Un accord écrit devrait être rédigé et signé par toutes les parties intéressées, spécifiant les coûts prévisionnels à partager. Les parties, qui ne souhaitent pas prendre part aux coûts, peuvent ne pas bénéficier du résultat des prestations concernées.

27.4.4 Accords de confidentialité. Afin de protéger la confidentialité, les secrets de fabrique, et les informations déposées, l'une ou l'autre partie peut demander un accord de confidentialité ou de non-divulgation. Ces accords facilitent le partage d'informations, parmi les parties intéressées en limitant le nombre de ceux qui peuvent avoir accès à l'information.

27.4.5 Protocoles. Les protocoles sont susceptibles de concerner de nombreux aspects des investigations, notamment ; la façon de mener l'examen de la scène, et

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

la façon de prélever, d'analyser, de tester et de conserver les indices et preuves. Les parties intéressées devraient développer un protocole sur lequel, elles se sont mises d'accord. Toute objection au protocole devrait être exposée par écrit lorsque c'est possible, en précisant les points sur lesquels porte le désaccord, le raisonnement qui sous-tend l'objection, et la procédure alternative recommandée.

27.4.6 Partage de l'information. Le partage de l'information fait tomber les barrières en permettant aux parties de s'échanger des données factuelles. Par exemple, l'une des parties peut s'être procurée le rapport des services de sécurité incendie. Partager cette information peut permettre d'accélérer l'investigation. Le partage des informations, qui ne compromette pas les investigations entreprises par l'une des parties, mais facilite l'aboutissement rapide de l'investigation à des coûts acceptables, est recommandé. Partager l'information peut aussi aider à l'identification et au prélèvement des indices et preuves sur la scène d'incendie.

27.4.6.1 Opportunité. Le partage de l'information entre acteurs des services publics et du secteur privé, au moment voulu, est essentiel pour tous, afin de se donner les meilleures chances pour préserver les indices et preuves et pour déterminer précisément l'origine, la cause et les responsabilités.

27.4.6.2 Enregistrement des échanges avec les services publics. Toutes les informations communiquées aux investigateurs des services publics ainsi que les échanges avec ces derniers, y compris les courriels, peuvent donner lieu à enregistrement légal selon les lois applicables.

27.4.7 Entretiens. Les entretiens peuvent être menés pendant que d'autres tâches sont réalisées en parallèle. Les parties devraient essayer d'obtenir des entretiens avec les témoins, tels que le personnel des services de secours, les passants, les voisins, les propriétaires, les employés, les locataires, et toute personne susceptible d'avoir des informations. Cependant, il peut y avoir des contraintes d'ordre juridique pour interroger certains témoins. Mener des entretiens communs avec certains témoins peut être inclus dans l'approche commune ou l'accord. Pour les entretiens avec les témoins de façon générale, voir le paragraphe 13.4.

27.4.8 Amendements à l'accord. A mesure que l'investigation progresse, il peut être nécessaire d'amender le contenu de l'approche commune ou de l'accord. Si les arrangements ou accords initiaux étaient écrits, tout amendement devrait aussi être fait par écrit. Toutes les parties intéressées doivent recevoir une notification du changement proposé, et avoir l'opportunité de signifier leur accord, leur désaccord ou de proposer leurs avis sur l'amendement. Les amendements à l'accord peuvent être faits au cours des investigations sur site, par consensus des parties présentes au détriment des parties, qui ont choisi de ne pas être présentes, à condition que l'amendement reste dans le périmètre initial de l'accord. Les parties ne peuvent pas s'opposer aux amendements conclus sur site si elles ont choisi de ne pas assister aux investigations.

27.4.9 Désaccords. Des désaccords peuvent se produire concernant n'importe quel sujet relatif aux investigations. De réels efforts devraient être faits pour résoudre les désaccords entre les parties, aussi rapidement que possible, pour permettre aux investigations de se poursuivre avec un minimum de retard et de dépenses. Si le conflit n'est pas résolu à l'amiable, il peut être nécessaire de recourir à une décision de justice pour traiter la question, incluant une injonction temporaire ou une ordonnance restrictive en attendant l'arrêt du tribunal.

27.5 Organisation des investigations.

Une bonne gestion et organisation des investigations sur site limitent les risques d'accidents, facilitent les tâches de constats et de recherches sur site, permettent de traiter le risque éventuel de dénaturation des indices matériels, et contribuent positivement à de nombreux autres aspects des investigations. La mise en place d'un système de gestion efficace du sinistre avant de démarrer le processus d'investigation sera profitable pour toutes les parties intéressées.

27.5.1 Modèles organisationnels. L'organisation des investigations implique, que les parties réalisent des tâches à la fois en commun et chacune de leur côté, et ceci de façon simultanée. Il existe de nombreux modèles organisationnels utilisables pour gérer les investigations de façon à faire travailler les différentes parties intéressées de manière coordonnée.

27.5.2 Contrôle du site et de la scène. L'entité ou l'agence ayant la responsabilité du site d'investigation, peut l'être de fait par les statuts, ou nommée par une juridiction, un contrat, le propriétaire, ou une injonction du tribunal ; cette responsabilité peut changer au cours de l'investigation. Par exemple, la responsabilité initiale du site d'investigation incombera généralement à un service public, tel que les pompiers. La responsabilité pourra ensuite être transférée à un autre service tel que la police ou l'administration, au propriétaire, à l'assureur ou au tribunal.

27.5.2.1 Mise en sécurité du site et de la scène. L'une des premières tâches à effectuer, est la mise en sécurité du site d'investigation. L'accès devrait être limitée aux personnes chargée de la mise en sécurité ; d'empêcher l'enlèvement, la destruction, ou la perte d'éléments ayant valeur d'indice ou de preuve ; et d'éviter les modifications excessives ou les dommages supplémentaires à la scène. Il peut être nécessaire de louer les services d'agents de sécurité privés, ou de mettre en place des barrières pour atteindre le niveau de sécurité souhaité. La sécurité devrait être maintenue en permanence, jusqu'à achèvement des investigations sur site. Les premiers responsables de la scène devraient établir le contrôle et la sécurité sur le site d'investigation et le maintenir. Une fois que les parties intéressées ont été notifiées et qu'elles arrivent sur site, l'une de leurs

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

premières tâches est de s'assurer que la mise en sécurité du site a été mise en place.

27.5.2.2 Délégation du contrôle. L'entité contrôlant les investigations sur site détermine, qui assure le contrôle de la gestion des investigations et peut déléguer ce contrôle à ses représentants ou à d'autres.

27.5.2.3 Transfert du contrôle. Le transfert du contrôle entre parties devrait être planifié d'avance. Par exemple, un service public d'investigation devrait prévenir le propriétaire ou l'assureur du moment où ils souhaitent transférer la responsabilité du site de façon à ce que la partie nouvellement en charge, puisse organiser la sécurité et la sûreté du site ou faire face à d'autres besoins immédiats. Lors du transfert de la responsabilité du site, l'entité abandonnant le contrôle devrait fournir les informations ou les documents relatifs aux altérations subies par le site, aux altérations subies par la scène d'incendie, aux prélèvements effectués, à la contamination éventuelle du site ou de la scène, et à toute autre information, qui pourrait interférer avec les investigations menées par les autres parties.

27.5.2.4 Accès au site et à la scène d'incendie.

27.5.2.4.1 Contrôle du site. La décision concernant l'accès au site d'investigation est de la responsabilité de l'entité ayant la charge de ce site. Dans certains cas, la partie responsable du site peut accepter l'assistance du propriétaire ou du locataire, afin de protéger des informations confidentielles ou des secrets de fabrique, que les dommages au bâtiment pourraient révéler, après l'incendie. Un représentant de chaque partie intéressée devrait avoir accès au site, dès que possible. Ceci est important pour le calendrier organisationnel. La coordination des accès au cours de l'examen de la scène, de la remise en situation, et du prélèvement des indices, peut nécessiter d'être planifiée, afin que toutes les parties puissent être équitablement représentées. Si la taille du groupe pose problème, l'accès peut être limité à une seule personne par partie présente sur site.

27.5.2.4.2 Établissement de procédures pour l'accès. Il faudrait établir des procédures d'obtention de l'accès au site et à la scène. Les procédures devraient expliciter ; qui sera admis sur le site et sur la scène, dans quelles conditions, et pour faire quoi. La partie responsable du site peut définir différentes zones ayant des niveaux de sécurité et d'accès différents, à l'intérieur du site et de la scène. Ces procédures devraient être communiquées aux personnes assurant la sécurité sur le site ainsi qu'aux parties intéressées. Un marquage clair, des barrières ou du personnel devraient être en place pour éviter des incursions accidentelles dans les zones d'accès limité. **27.5.2.4.3 Surveillance de l'entrée du site.** L'entrée du site d'investigation devrait être étroitement surveillée. Des procédures devraient être mises en place, afin d'enregistrer l'identité de chaque personne entrant et quittant le site d'investigation et l'heure correspondante. Toute personne pénétrant sur le site d'investigation devrait décliner ses ; nom, numéro de téléphone, numéro de télécopieur, adresse courriel, société, et partie représentée. En général, toute personne, qui refuse de donner ces informations peut être raisonnablement refoulée et les investigations peuvent se poursuivre sans cette personne. Une liste de toutes les personnes ayant pénétré sur le site devrait être mise à la disposition de toutes les parties intéressées dans la cause. Non seulement, cela permet de garder une trace de ceux, qui étaient présents sur le site d'investigation, mais cela permet aussi une communication aisée avec les personnes, au cas où un changement, dans le plan de travail ou le calendrier, se produirait. Il peut être nécessaire d'imposer le port d'un équipement de protection individuelle.

27.5.2.4.4 Contrôle d'accès. Un contrôle d'accès supplémentaire peut être nécessaire pour la scène d'incendie pour des raisons de sécurité ou pour d'autres motifs. Il faudrait mettre en place des méthodes d'identification, de surveillance, et de conservation de l'enregistrement des personnes présentes sur la scène d'incendie et de l'endroit où elles étaient. Des cartes d'accès, des systèmes de comptage, ou des cahiers d'enregistrement détaillant les entrées peuvent constituer des mesures suffisantes ; cependant, de nouvelles technologies telles que des pièces d'identité avec un code barres peuvent être plus efficaces pour enregistrer les entrées, ou bien on peut utiliser le GPS pour suivre le déplacement d'une personne sur la scène d'incendie.

27.5.2.4.5 Escortes. Pour des raisons de sécurité et de sûreté, et pour conserver l'intégrité de la scène, on peut recourir à des gardes, pour permettre aux parties un accès contrôlé. Les parties escortées doivent suivre les directives raisonnables du garde, mais elles peuvent exprimer des objections et demander à ré-entrer afin de solutionner leurs objections. Les objections non résolues devraient être enregistrées et traitées comme les désaccords, voir le paragraphe 27.4.9.

27.5.2.4.6 Responsabilités des services publics. Les services publics devraient prendre en considération les besoins des autres parties intéressées à la cause. Elles devraient fournir aux autres parties intéressées des communiqués, des synthèses sur leurs investigations, ainsi qu'un accès limité et contrôlé à la scène et aux indices prélevés, si cela ne compromet pas l'investigation en cours et ne viole pas les règlements ou lois applicables à ces services. Dans la plupart des cas, autres que les affaires criminelles, les services officiels devraient mettre à disposition, les remises en situation pour observation et prise de vues ou donner accès à leurs propres photographies aux autres parties intéressées à la cause, au cours de l'investigation. Une alternative serait que les investigateurs officiels puissent mener une investigation conjointe avec les parties privées.

27.5.2.4.7 Accès aux occupants et contrôle. Permettre un accès limité au site, aux propriétaires, aux locataires, ou aux occupants est de la responsabilité de l'entité qui

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

contrôle le site d'investigation. Si possible, les investigations devraient être menées, de façon à permettre, un accès limité, aux occupants, sur le site d'investigation. Permettre l'accès aux locataires ou aux occupants est important, mais le site d'investigation devrait demeurer sécurisé. Ce compromis peut permettre de réduire la période d'interruption des activités professionnelles et l'impact de l'incendie. L'accès des occupants, au site d'investigation, ne devrait être autorisé qu'après avoir mis la zone en sécurité.

27.5.2.4.8 Procédures de nettoyage en entrant et en sortant. Le risque de contamination peut être réduit, par l'établissement de procédures et de moyens de nettoyage sur le site. Par exemple, l'entité en charge du site d'investigation peut demander à toutes les parties, qui pénètrent sur le site, de respecter un protocole pour nettoyer les chaussures et les outils. Des zones et des équipements de nettoyage peuvent aussi être à disposition, avant de sortir, pour réduire les risques, associés aux débris provenant de la scène d'incendie.

27.5.2.5 Exigences ou limites spécifiques à un site donné. L'entité responsable du site d'investigation, devrait informer les parties, de toute limite ou exigence, qui leur sera imposée, telle que : ce qui est interdit sur le site, si des accords de confidentialité ou des décharges doivent être signées, et quels équipements de protection individuelle peuvent être nécessaires.

27.5.2.6 Intégrité de la scène d'incendie. Indépendamment de qui est en charge de la scène d'incendie, afin de conserver l'intégrité de cette scène, des contaminants potentiels tels que des matériaux qui fument, des sources d'ignition, des récipients contenant de la nourriture ou des boissons, et des papiers d'emballage ne devraient pas être apportés sur la scène d'incendie. Les fournitures nécessaires, pour l'examen de la scène, ne devraient pas être jetées sur place, après usage.

27.5.2.7 Communication de l'information vers le public. Lorsque de nombreux services publics sont impliqués dans l'investigation, il faudrait mettre en place un système de coordination de l'information communiquée au public.

27.6 Indices matériels.

27.6.1 Gestion des indices. Les indices matériels devraient être prélevés et sécurisés, comme décrit au chapitre 16. Il faudrait se mettre d'accord sur un protocole, concernant les indices matériels, avant d'examiner la scène d'incendie. Ce protocole devrait couvrir ; les modes d'identification, d'enregistrement, d'étiquetage, de préservation, de transport et de conservation des indices.

27.6.1.1 Garde des indices. Faisant partie des arrangements et des accords, il faudrait désigner un ou plusieurs responsables pour garder les indices et gérer les différents aspects du processus de prélèvement, notamment le registre général des indices, l'emballage et l'étiquetage, la préservation, et la conservation des indices.

27.6.1.2 Responsabilités des parties intéressées à la cause. Toute partie est responsable de l'identification des indices, qu'elle souhaite voir prélever et de la fourniture des informations suffisantes, au responsable de la garde des indices, afin de garantir le prélèvement de l'indice identifié et la préservation de la scène en vue d'investigations ultérieures.

27.6.2 Enlèvement des indices. Toutes les parties intéressées connues, devraient avoir la possibilité de réaliser les constats relatifs aux indices, sur place, avant que ces éléments ne soient perturbés ou enlevés de la scène. Les indices matériels devraient être prélevés conformément aux protocoles contenus dans les accords.

27.6.3 Conservation des indices. La conservation des indices nécessite de disposer d'un lieu sûr avec une feuille d'émargement pour les personnes ayant accès à cette zone. Tous les indices matériels prélevés, devraient rester à la disposition de toutes les parties impliquées dans l'investigation. Les parties devraient se mettre d'accord sur une procédure pour accéder aux indices entreposés, telle que ; informer toutes les parties et accéder aux indices en présence du responsable de la garde des indices, lorsque l'accès a été accordé.

27.6.4 Analyse des indices.

27.6.4.1 Analyses non-destructives. Les analyses peuvent être réalisées, de telle façon que les parties intéressées puissent regarder, prendre des notes, faire des photographies, des mesures, et toute autre observation visuelle de l'indice matériel, à partir du moment où l'analyse n'est pas destructive. La présence de toutes les parties n'est pas strictement nécessaire pour de telles analyses non-destructives.

27.6.4.2 Analyses destructives. Pour certaines analyses, on peut généralement anticiper que l'indice sera altéré ou détruit. Avant de réaliser de telles analyses, toutes les parties devraient être averties et elles devraient se mettre d'accord sur un protocole d'analyse.

27.6.4.3 Essais. Avant de réaliser des essais sur un indice matériel, toutes les parties intéressées devraient être averties, des protocoles devraient être mis au point, et les parties devraient se mettre d'accord sur le choix du site d'essais. Chacune des parties peut choisir de désigner un expert pour assister et participer aux essais.

27.7 Aspects logistiques.

Assurer un support logistique peut faciliter les investigations, protéger la santé et le bien-être des investigateurs, protéger le site d'investigation et les indices, et réduire les sources de conflits. Le coût de la logistique devrait être traité dans les arrangements et les accords entre les parties.

27.7.1 Transport. Le transport jusqu'à et sur le site d'investigation, d'un grand nombre de personnes, peut être difficile en fonction de la localisation, de l'étendue ou d'autres facteurs. L'organisation du transport des investigateurs et de leur équipement jusqu'au site d'investigation, ou du stationnement sur place devrait

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

être traitée aussi tôt que possible au cours des investigations, par les représentants de toutes les parties dans la cause. Pour répondre aux différents besoins des parties, il est possible de mettre en place une navette entre le site et une zone de stationnement un peu plus loin, de matérialiser un espace pour se garer, d'établir des autorisations de stationnement, ou de prévoir des points de déchargement des passagers et du matériel.

27.7.2 Équipement. La mise en œuvre d'équipements, tels que des engins de chantier, des équipements de levage, des appareils de radiographie, et des moyens de transport peut être nécessaire. Le type d'équipement et leur mise en œuvre spécifique devraient être traités dans les arrangements et les accords entre les parties.

27.7.3 Sécurité du site d'investigation. La mise en sécurité du site d'investigation peut inclure ; l'installation de barrières autour du site et de la scène d'incendie, le recours à des agents de sécurité du secteur privé ou des services publics, et l'instauration de badges d'identification. L'emplacement du site ou la nature des activités qui y étaient exercées, peuvent nécessiter une investigation d'environnement, des distances de sécurité, ou une formation spécialisée à la sécurité pour toute personne susceptible de pénétrer sur le site.

27.7.4 Nettoyage. Des zones de nettoyage devraient être mises en place, en des lieux appropriés, comme à l'entrée et à la sortie de la scène d'incendie et au niveau des zones de restauration en nourriture ou en boisson.

27.7.5 Aspects liés à l'environnement. Les aspects liés à l'environnement, tels que les déversements, la qualité de l'air, les déchets, et les questions réglementaires devraient être traités. L'entité responsable du site d'investigation peut avoir besoin de mettre en place un suivi et un contrôle des conditions environnementales ainsi que le nettoyage du site. Des informations complémentaires peuvent être obtenues auprès des services publics en charge des questions environnementales, telles que l'EPA (Environmental Protection Agency), les garde-côtes (United States Coast Guard), et l'administration au niveau de l'état ou locale en charge des questions environnementales.

27.7.6 Communication. Lorsque la zone sinistrée est étendue, cela peut entraîner des difficultés de communication pour les personnes travaillant sur le site d'investigation. Un poste de commande installé, dans un local préfabriqué ou dans tout autre bâtiment à disposition, peut être nécessaire. Des moyens de communications fixes ou mobiles peuvent être utilisés, tels que des radio-émetteurs, des installations téléphoniques fixes ou temporaires, des haut-parleurs, ou des téléphones cellulaires. En fonction de l'étendue et de l'enjeu du sinistre, différents moyens de communication peuvent être nécessaires entre l'entité responsable du site d'investigation, les parties, les équipes d'investigation pénétrant sur site, et les autres. En outre, un signal prédéfini, tel que le son produit par une corne, peut être utilisé pour signifier aux personnes de quitter immédiatement la scène et de se rendre à un point de rassemblement.

27.7.7 Sanitaires et zones de repos. Des dispositions devraient être prises pour l'accès à des sanitaires et à de l'eau potable. Une zone propre devrait être prévue pour se restaurer, se reposer et se réunir. Suivant les conditions météorologiques, il peut être nécessaire de disposer d'une zone à l'ombre ou d'un local chauffé.

27.7.8 Stockage et enlèvement des déchets. Des conteneurs pour déchets ordinaires et pour déchets volumineux devraient être mis en place afin qu'aucun déchet ne soit introduit sur le site d'investigation. Les conteneurs à déchets devraient être enlevés autant de fois que nécessaire.

27.7.9 Enlèvement de la neige et de la glace. Le site peut être enneigé au démarrage des investigations ou de la neige peut tomber sur le site au cours des investigations. Les opérations d'extinction peuvent avoir conduit à la formation de glace sur tout le site, ce qui représente un risque pour la sécurité des personnes et une gêne pour les investigations. Si les investigations ne peuvent pas attendre jusqu'à ce que la neige ou la glace fonde naturellement, les bâtiments peuvent être mis sous tente ou bâchés et des systèmes de chauffage peuvent être mis en place pour faire fondre la neige ou la glace. Si on utilise des moyens de chauffage, il faudrait faire extrêmement attention à ne pas introduire de combustible ou de produits de combustion, qui pourraient contaminer la scène. Il faut également faire attention à éviter d'introduire des produits servant à faire fondre la glace, sur la scène d'incendie.

27.7.10 Éclairage. Un éclairage temporaire peut être nécessaire. Il peut être mieux d'installer un éclairage temporaire, plutôt que d'utiliser des lampes portables et des torches électriques sur de longues périodes. Le besoin d'installer un éclairage temporaire dépend des conditions d'éclairage sur place, du temps estimé pour le déroulement des opérations d'investigations, et de la disponibilité d'autres sources d'éclairage et de l'alimentation électrique. Lorsque c'est réalisable, des photographies devraient être prises, avant l'installation de l'éclairage temporaire, pour disposer d'enregistrements de la scène, en l'absence de toute perturbation.

27.7.11 Stockage des indices matériels. Il faudrait prendre des dispositions pour le stockage des indices matériels sur le site, ailleurs ou les deux. Les moyens de stockage devraient être adaptés aux types d'éléments à entreposer. On peut prévoir un stockage temporaire sur site avec un déplacement ultérieur des indices vers un site d'entreposage plus pérenne.

27.8 Sécurité sur le site et sur la scène d'incendie.

La sécurité est de la responsabilité de toutes les parties, mais dans certains cas il peut être nécessaire de nommer un responsable sécurité, qui aura la charge de surveiller les conditions sur le site d'investigation, afin d'assurer la sécurité de toutes les parties concernées. Les arrangements et accords devraient traiter des questions relatives à la sécurité des personnes, qui ont à pénétrer sur le site ; les parties, et le cas échéant ; les locataires,

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

les entrepreneurs, ou tout autre personne apportant un support logistique. Une évaluation des conditions relatives à la sécurité, devrait être menée, avant d'entamer toute activité d'investigation ou de déblaiement des débris. Les questions de sécurité peuvent être suffisamment critiques, pour envisager le recours à un cabinet spécialisé dans l'évaluation de risques, à la mise en place de plans de sécurité, et à la désignation d'un responsable sécurité. *(Voir le Chapitre 12).* Le personnel sur site doit suivre les directives formulées par le responsable sécurité, mais ils peuvent exprimer des objections éventuelles et demander à pénétrer sur site à nouveau. Il peut être nécessaire de mettre en place un exposé préalable, des consignes de sécurité spécifiques au site et à la scène concernée, à l'attention de toute personne pénétrant sur le site d'investigation. Un support d'enregistrement des personnes ayant assisté à l'exposé des consignes de sécurité, devrait être renseigné et mis à jour. Les objections non-résolues, devraient être enregistrées et traitées comme les désaccords, voir le paragraphe 27.4.9.

27.8.1 Suivi des conditions de sécurité. Il peut être nécessaire de continuer à contrôler la qualité de l'air, les conditions environnementales, la stabilité des bâtiments, et éventuellement d'autres paramètres au cours des investigations. On devrait, par exemple, étudier la possibilité d'utiliser le système de ventilation du bâtiment pour améliorer la qualité de l'air. S'il n'est pas possible d'atteindre des conditions sanitaires acceptables au niveau de l'air ou de l'environnement, il peut être demandé aux parties de porter un équipement de protection individuelle.

Chapitre 28 Investigations sur feux de bateaux

28.1* Introduction. Ce chapitre traite des investigations sur feux de bateaux de loisirs, généralement définis par une longueur inférieure à 19 m (65 ft). Sont également compris dans la présentation ; les bateaux à moteurs, les bateaux à voile, les yachts, et autres embarcations. Les informations relatives aux investigations sur feux de bateaux couvrent les matériaux de construction, les systèmes, et les modes de défaillance. Des informations supplémentaires sur les systèmes à bord des bateaux et les normes applicables sont disponibles dans la NFPA 302, *Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft.* Pour les investigations sur feux de bateaux, en dehors des limites des États-Unis, des informations complémentaires peuvent être obtenues dans les normes et codes locaux et régionaux. Le recours à ce chapitre lors des investigations sur incendies de bateaux dépassant la longueur définie ci-avant présente néanmoins un intérêt. *(Voir la figure 28.1(a) et la figure 28.1(b) pour la terminologie couramment employée.).*

28.2 Terminologie relative aux bateaux à moteur et aux bateaux à voile.

Les termes suivant s'appliquent aux bateaux présentés à la figure 28.1(a) et à la figure 28.1(b) :

(1) *Espace de vie.* Espace conçu pour les activités des personnes en dehors de la navigation.

(2) *A la dérive.* Sans attache, ni au mouillage, ni en remorquage.

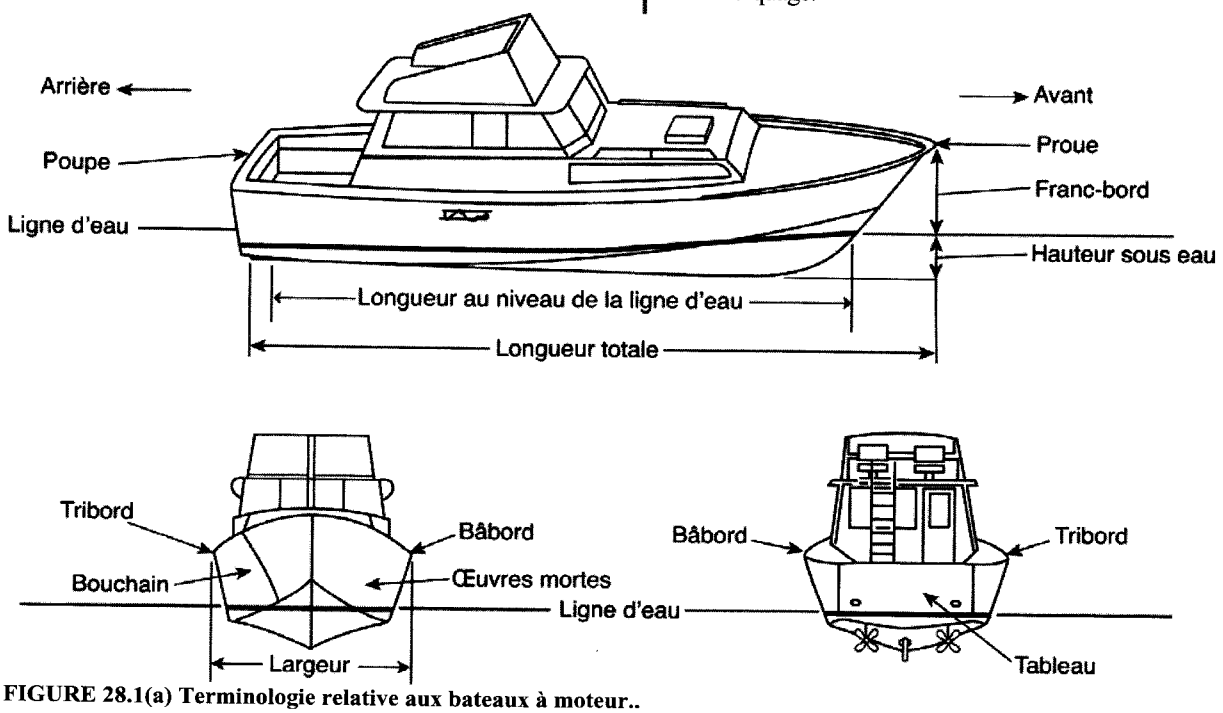


FIGURE 28.1(a) Terminologie relative aux bateaux à moteur..

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

(3) *A flot.* (1) En condition ou en position de flottaison ; (2) Sur un bateau ou une embarcation loin de la côte ; en mer. Transporté sur l'eau ou assimilé.

4) *Poupe.* Vers l'arrière du bateau.

(5) *Échoué.* Toucher ou amarrer un bateau au fond de l'eau.

(6) *En-dessous.* Sous le pont.

(7) *Bateau.* Toute embarcation fabriquée et utilisée principalement à des fins non-commerciales ; en crédit-bail, loué, affrété à un tiers dans le cadre d'une utilisation non-commerciale ; ou géré comme un bateau de passagers sans obligation d'inspection, soumis aux exigences du document 46 CFR Chapitre 1, sous-chapitre C.

(8) *Cloison.* Une séparation verticale entre des compartiments.

(9) *Cabine.* Un compartiment destiné aux passagers ou à l'équipage.

(10) *Chavirer.* Se retourner.

(11) *Pont.* Un plancher permanent au-dessus ; d'un compartiment d'une partie ou de la totalité de la coque.

(12) *Bassin.* Une zone d'eau protégée dans laquelle les bateaux peuvent mouiller. Le terme est souvent utilisé pour indiquer un port ou un quai.

(13) Ouverture sous-pont. Conduit de ventilation conçue laisser l'air rentrer sous le niveau du pont tout en empêchant l'eau d'y rentrer.

(14) *Pare-battage.* Un coussin, placé entre bateaux, ou entre un bateau et le port, pour éviter les dommages.

(15) *En avant.* Vers la proue du bateau.

16) *Franc-bord.* Hauteur entre la ligne d'eau et le plat-bord.

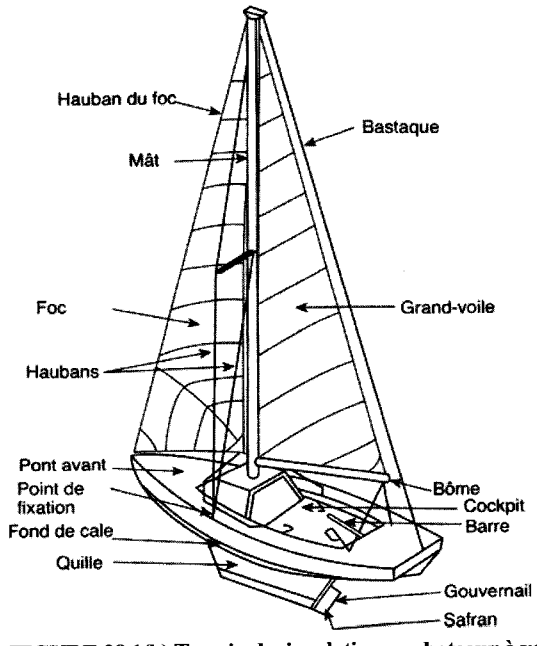


FIGURE 28.1(b) Terminologie relative aux bateaux à voile

(17) *Coquerie.* La zone de la cuisine dans un bateau.

(18) *Agrès.* Un terme général pour désigner le cordage, les palans, les poulies, et autres équipements.

(19) *Plat-bord.* Le bord supérieur ou la surface du bateau qui regarde le ciel.

(20) *Écoutille.* Une ouverture sur le pont du bateau équipée d'un volet étanche à l'eau.

(21) *Cale.* Un compartiment sous le pont dans les grands bateaux, utilisé uniquement pour transporter des marchandises.

(22) *Coque.* La carcasse du bateau, à l'exclusion de la superstructure, du mât ou du gréement.

(23) *A bord.* (1) Vers le centre du bateau, à l'intérieur ; (2) Un moteur installé à l'intérieur d'un bateau.

(24) *A bord/hors-bord.* Un système de propulsion consistant en un moteur installé à l'intérieur de la partie inférieure d'un bateau avec la direction en poupe, similaire à un moteur hors-bord attaché au tableau.

(25) *Hors-bord.* (1) Vers ou au-delà des parois du bateau. (2) Un moteur démontable installé sur l'étrave d'un bateau.

(26) *Par-dessus bord.* Par dessus le bord ou en dehors du bateau.

27) *Bâbord.* Côté gauche d'un bateau en regardant vers l'avant.

(28) *Pare-choc.* Protection en caoutchouc, plastique ou métal montée le long des deux côtés du bateau, en général juste en-dessous du plat-bord.

(29) *Alimentation par le rivage.* Énergie électrique alimentée à partir du rivage par un cordon.

(30) *Semelle.* (1) Plancher de la cabine ou du salon ; (2) Extensions en bois en bas du gouvernail. (3) Le pont en résine, renforcée fibres de verre, du cockpit.

(31) *Tribord.* Le côté droit d'un bateau en regardant vers l'avant.

(32) *Superstructure.* Les cabines et autres structures au-dessus du pont.

(33) *Œuvres mortes.* Les parois d'un bateau entre la ligne d'eau et le pont ; signifie parfois sur ou au-dessus du pont.

(34) *Tableau.* La section transversale de la poupe d'un bateau à poupe carrée.

(35) *Faire route.* Vaisseau se déplaçant, c'est-à-dire , lorsqu'il n'est ni au mouillage, n'a pas jeté l'ancre, ou n'est pas échoué.

(36) *Vaisseau.* Comprend tout type d'embarcation, autre qu'un hydravion, utilisé ou susceptible d'être utilisé comme moyen de transport sur l'eau.

(37) *Ligne de flottaison.* Une ligne peinte sur la coque, qui montre la limite à partir de laquelle un bateau coule lorsqu'il est correctement équilibré.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

28.3 Aspects liés à la sécurité à bord, lors des investigations.

28.3.1 Comme pour les investigations incendie effectuées à terre, la sécurité devrait toujours être la préoccupation à traiter en premier lieu par l'investigateur. Des constats et enregistrements sur la scène d'incendie peuvent aussi être réalisés au cours de l'évaluation des conditions relatives à la sécurité. Pour des informations plus détaillées, voir le chapitre 12.

28.3.2 Les bateaux, qui sont à terre, devraient d'abord être inspectés, afin de déterminer s'ils sont suffisamment stables, avant de monter à bord. Dans la négative, le bateau devrait d'abord être stabilisé, avant que quiconque ne monte à bord. Les raccordements électriques au rivage et les circuits électriques de l'alimentation par batterie devraient être coupés, s'ils représentent un risque au regard de la sécurité. Les batteries et les systèmes fonctionnant en courant continu devraient être inspectés avec précaution. L'investigateur devrait utiliser des équipements de protection individuelle, adaptés aux risques préalablement mis en évidence.

28.3.3 Les bateaux à flot devraient être examinés, en faisant particulièrement attention, car la coque peut être, en partie, remplie d'eau. Toute présence d'eau, en quantité significative, dans la coque peut générer des conditions instables, susceptibles de faire chavirer ou couler le bateau. L'eau devrait être ôtée de la coque, afin de retirer le bateau de l'eau et de le stabiliser à terre, si nécessaire, avant de poursuivre les opérations d'investigations. L'investigateur devrait envisager la possibilité de porter un gilet de sauvetage, lorsqu'il travaille sur ou près de l'eau.

28.3.4 L'inspection sous-marine de bateaux échoués au fond de l'eau présente des risques de structures constituant de véritables pièges, pour un plongeur.

28.3.5 Points particuliers relatifs à la sécurité.

28.3.5.1 Espaces confinés. Par nature, les investigations incendie sur bateaux, impliquent de travailler en espace confiné. L'investigateur devrait avoir connaissance des spécificités liées à la pénétration dans un espace confiné (c.à.d. entrée/sortie et questions liées à l'atmosphère présente), et des précautions adaptées à prendre. Avant de pénétrer, l'investigateur devrait s'assurer que le volume ne contient pas de vapeurs ou de gaz explosifs ou toxiques à des concentrations dangereuses (par ex. du monoxyde de carbone) ou n'est pas appauvri en oxygène. Les risques présentés par l'espace confiné, devraient être évalués avant d'y pénétrer, et des équipements de protection individuelle ayant le niveau de protection requis devraient être portés le cas échéant. Les systèmes d'éclairage et autres équipements devraient être antidéflagrants le cas échéant, et adaptés à une utilisation de ce type.

28.3.5.1.1 Avant de pénétrer dans un volume protégé par un système d'extinction automatique, l'investigateur devrait s'assurer que le système est hors-service. Si le système se déclenchait, alors que l'investigateur est à l'intérieur du compartiment, l'atmosphère pourrait devenir toxique ou appauvrie en oxygène.

28.3.5.2 Particules en suspension dans l'air. Lors d'un feu de bateau, dont la coque est en résine renforcée avec des fibres de verre, la résine brûle en général, en laissant de petites particules irritantes de fibres de verre. Ces particules, combinées à la résine brûlée, sont particulièrement irritantes pour le système respiratoire ; un équipement de protection individuelle adapté, notamment pour la protection des voies respiratoires, devrait être porté, selon le niveau de risque identifié.

28.3.5.3 Identification et analyse des sources d'énergie. Il existe de nombreuses sources d'énergie à bord d'un bateau ; des précautions doivent être prises pour s'assurer qu'elles sont hors-service, afin d'éviter tout risque pour les personnes, ainsi que tout risque de reprise du feu.

28.3.5.3.1 Batteries. Après avoir réalisé les constats et les photographies sur les câbles de batteries, ceux-ci devraient être débranchés au niveau de chaque batterie, sachant qu'il peut y avoir plus d'une batterie et en différents endroits. Avant de débrancher les câbles de batterie, l'investigateur devrait s'assurer que la zone concernée est correctement ventilée et ne contient de vapeurs explosives. Au moment où on déconnecte un câble de batterie, un arc peut se former à la borne concernée et causer un incendie ou une explosion.

28.3.5.3.2 Alternateurs. Des alternateurs, qui transforment le courant continu en courant alternatif 120/240-volt, sont souvent présents sur les bateaux ; il faudrait les mettre hors-service en les déconnectant de la source de courant continu, après avoir réalisé les enregistrements et les photographies nécessaires.

28.3.5.3.3 Alimentation à partir du rivage. Après avoir réalisé les constats souhaitables, les sources d'alimentation à partir du rivage (cordon d'alimentation) devraient être mises hors-tension et déconnectées. Ceci devrait être réalisé, avant de mener toute investigation.

28.3.5.4 Fuites de carburant. Le carburant moteur, le combustible pour le chauffage, ou pour la cuisine, notamment le propane des équipements à bord peuvent fuir consécutivement aux dommages causés par l'incendie ou l'explosion ou au cours des opérations d'investigations. De telles fuites peuvent engendrer des risques supplémentaires d'incendie. Les investigateurs devraient avoir conscience de la possibilité de telles fuites et être préparé à éviter ou à intervenir sur de tels risques.

28.3.5.5 Réservoirs d'eaux usées. Les bateaux, qui contiennent des réservoirs d'eaux usées, sont susceptibles d'avoir accumulé du gaz méthane. Au cours des opérations d'investigation de la scène d'incendie, il faut disposer un système de ventilation adapté et mettre en œuvre des techniques, permettant de prévenir tout risque d'explosion. Les réservoirs d'eaux

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

usées peuvent avoir été endommagés, et si le contenu s'en échappe, on peut être face à un risque de nature biologique. Il faudrait donc faire attention, lorsque l'on travaille dans des zones contenant des eaux usées.

28.3.5.6 Hydrogène. De l'hydrogène peut être présent dans tout compartiment batteries. Des précautions devraient être prises afin d'éviter les décharges d'électricité statique, les courts-circuits, et les arcs électriques pendant le retrait des câbles de batteries et des batteries.

28.3.5.7 Présence d'autres hydrocarbures. Les différents fluides trouvés à bord d'un bateau, ainsi que les résidus laissés par la combustion contiennent des hydrocarbures, qui sont généralement considérés comme des polluants vis-à-vis de l'environnement. En outre ces hydrocarbures peuvent générer un risque d'incendie et rendre les sols glissants, occasionnant un risque de chute.

28.3.5.8 Stabilité. L'une des situations les plus dangereuses qu'un investigateur puisse rencontrer, lorsqu'il examine un bateau à flot, est le manque de stabilité. L'eau, qui pénètre en fond de cale, et dans les parties les plus basses de l'embarcation, du fait des opérations de lutte contre le feu peut entraîner une instabilité. L'investigateur devrait s'assurer que le bateau est stable et sûr pour travailler avant d'y monter, à des fins d'investigation. Il faudrait également retirer l'eau éventuellement présente dans le bateau. Si le bateau gîte d'un côté, ou se retourne, l'investigateur peut se retrouver piégé.

28.3.5.9 Dommages au niveau de la structure du bateau. Le bateau peut avoir subi des dommages dus au feu, rendant la pénétration à bord dangereuse. L'intégrité de la structure peut ne plus être assurée, si bien que le poids de l'investigateur pourrait causer l'effondrement du pont, résultant aussi de l'instabilité. Les incendies, concernant l'intérieur du bateau, peuvent causer des dommages structuraux, affaiblissant le pont ou les pièces qui supportent de la structure, de façon analogue aux dommages subis par les bâtiments à terre.

28.3.5.10 Quais, docks, et jetées. Comme les quais, les docks et les jetées sont proches de l'eau, l'envahissement par les algues, la vase et les surfaces glissantes peuvent représenter un risque pour l'investigateur. Il devrait faire attention, pour accéder au bateau ayant pris feu, lorsqu'il se déplace dans de telles zones. Il faudrait également s'assurer de la stabilité structurelle des quais, des docks et des jetées qui sont reliées ou au contact d'un bateau qui a été la proie d'un incendie. Les bateaux qui gîtent peuvent affaiblir ou causer l'effondrement des structures qui sont à leur contact ou encore reliées à eux.

28.3.5.11 Bateau ayant coulé. Les bateaux, sous l'eau ou submergés, devraient être inspectés et photographiés, si possible, avant d'être remontés. Lorsqu'il est nécessaire de mener des investigations sur un bateau, qui a sombré, ou qui est partiellement immergé, il est recommandé de faire appel à un personnel qualifié, pour réaliser les observations sous l'eau et les recherches sur la scène d'incendie. Le repêchage du bateau devrait être préparé, afin de réduire les perturbations et les altérations du bateau et de ses équipements, avant de démarrer les opérations d'investigation de la partie supérieure du bateau et celles à effectuer à terre. Les investigations sous l'eau peuvent être commandées à partir de la surface. Seuls des plongeurs qualifiés devraient mener des investigations sous l'eau.

28.3.5.12 Signaux de détresse visuels et pyrotechniques. De nombreux bateaux sont équipés de dispositifs, permettant de signaler des situations de détresse. Ces dispositifs peuvent être des systèmes pyrotechniques, qui pourraient être dangereux pour l'investigateur en cas de déclenchement accidentel. L'investigateur devrait s'appliquer à trouver et à sécuriser de tels dispositifs.

28.3.6 Ouvertures. Il existe différents types d'ouvertures sur les bateaux, certaines permettent d'accéder aux espaces sous le pont, d'autres à des zones de stockage. Certaines ouvertures apparaissent immédiatement, d'autres non ; certaines sont protégées par une écoutille. Après un incendie, les écoutilles et les autres types de protection des ouvertures peuvent avoir été endommagés. Ces zones du pont peuvent être partiellement couvertes d'eau et les ouvertures peuvent être dissimulées, constituant un risque pour l'investigateur non averti.

28.4 Identification et fonction des systèmes.

28.4.1 Système carburant ; propulsion et équipements auxiliaires.

28.4.1.1 Carburation sous vide ou à basse pression. Les carburateurs des moteurs à bord, et à bord/hors-bord sur les bateaux, diffèrent de ceux des moteurs des automobiles, par le fait qu'ils n'autorisent pas le carburant de sortir du venturi, dans l'éventualité d'un noyage dans l'eau. Cela est obtenu, par un changement au niveau du jeu de joints, du carburateur pour les applications marines. Les carburateurs pour usage marine doivent être conformes au document 33CFR183.526, « *Carburators.* » Il est également exigé que les carburateurs soient équipés de dispositifs anti-retour de flamme.

28.4.1.2* Systèmes d'injection de diesel marine sous haute pression (comprenant les systèmes de retour carburant). Dans les bateaux, les systèmes d'injection de diesel sur les moteurs à bord et à bord/hors-bord comprennent généralement ; une chambre de gaz, un système de distribution du carburant, un capteur de choc, et un module de contrôle moteur. La conception du système est spécifique à chaque fabricant de moteur de bateaux. Dans certains cas, pour un modèle de moteur particulier, le système d'injection de diesel peut être décliné en plusieurs versions. Il est impératif que l'investigateur note le numéro de série du moteur et contacte le fabricant pour déterminer de quel modèle il s'agit. Le réservoir et le système d'alimentation en carburant, à bord des bateaux, sont des systèmes basse pression et le réservoir possède une mise à l'air.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

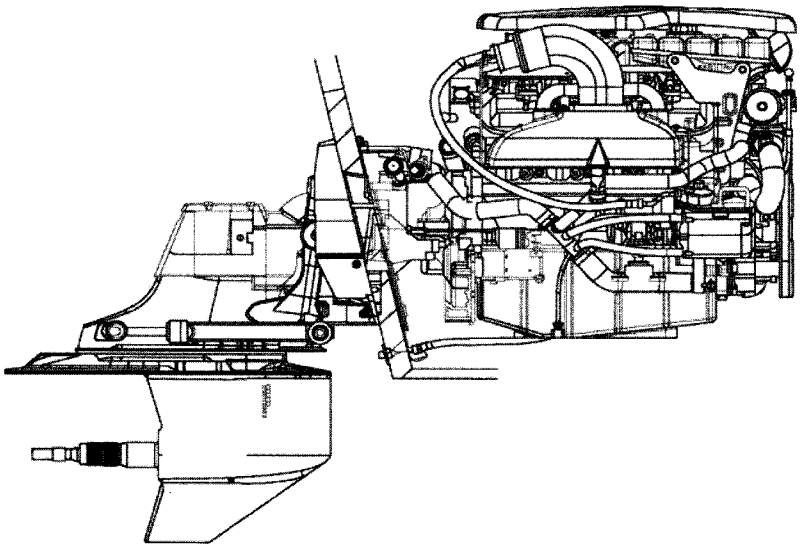


FIGURE 28.4.3 Système de motorisation à bord/hors-bord.

28.4.1.3* Diesel. Les moteurs diesel, installés sur les bateaux sont équipés de systèmes d'injection du carburant, spécifiques. Certains de ces moteurs requièrent un système de démarrage en 24 volt, alors que le bateau fonctionne sur un système 12 volts. Les besoins en air pour la combustion et pour la température ambiante dans le local moteur impliquent des échanges d'air importants dans le compartiment. Les exigences sur le système carburant sont comparables à celles des systèmes à essence.

28.4.2 Installations de combustibles pour la cuisine et le chauffage. Le gaz de pétrole liquéfié (GPL) peut être utilisé pour la cuisine comme pour le chauffage. Les bouteilles de GPL doivent se trouver dans une enceinte, ventilée, avec un sens de ventilation du bas l'enceinte vers l'extérieur du bateau. Si des équipements de cuisine alimentés au GPL sont installés, alors tous les autres équipements doivent être antidéflagrants. Les dispositifs de cuisson fonctionnant avec des cartouches de GPL de moins de 450 g (16 oz) sont régis par le document ABYC A-30, *Cooking Appliances with Integral LPG Cylinders.* Le GPL peut être utilisé comme combustible pour la cuisine ou le chauffage, si les équipements sont conformes aux exigences du document ABYC A-26, *LPG and CNG Fueled Appliances.*

28.4.2.2* Gaz naturel comprimé. Le gaz naturel comprimé est utilisé à bord des bateaux, comme combustible pour la cuisine depuis les années 80 ; cependant, son utilisation a diminué dans les dernières années. La bouteille de gaz naturel peut être installée dans un logement spécifique, si son volume est inférieur à 2.8 m^3 (100 ft^3). Le gaz naturel peut être utilisé comme combustible pour la cuisine ou le chauffage si les équipements correspondants satisfont aux exigences du document ABYC A-26, *LPG and CNG Fueled Appliances.*

28.4.2.3* Alcool. L'alcool peut être utilisé comme combustible sur les cuisinières, dans la coquerie. Le réservoir d'alcool peut être partie intégrante de la cuisinière ou être à part. L'alcool peut être mis sous pression à l'aide d'une pompe manuelle.

28.4.2.4 Combustibles solides. Les combustibles solides, tels que le bois et le charbon, sont utilisés dans des fourneaux et leur emploi est traité dans la norme NFPA 302, *Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft.*

28.4.2.5 Diesel. Le diesel est parfois utilisé pour les équipements de cuisine et de chauffage lorsque ceux-ci satisfont à la norme NFPA 302, *Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft,* and ABYC A-3, *Galley Stoves,* and ABYC A-7, *Boat Heating Systems.*

28.4.3 Turbocompresseurs / compresseurs. Les moteurs diesel ou essence, en configuration ; à bord ou à bord/hors-bord peuvent être équipés d'un turbocompresseur ou d'un compresseur. *(Voir la figure 28.4.3)* Ces équipements ont en général besoin d'huile pour la lubrification et à des fins de refroidissement. Ils sont isolés thermiquement ou refroidis à l'eau, ou par une combinaison des deux car leur température de fonctionnement dépasse la température d'inflammation des matériaux environnants, au sein du local moteur. Les turbocompresseurs, alimentés au plan énergétique, par les gaz d'échappement chauds, envoient de l'air pressurisé vers la chambre de combustion. Les compresseurs, équipés d'un moteur à courroie, injectent de l'air vers la chambre de combustion.

28.4.4 Système d'échappement.

28.4.4.1 Les systèmes d'échappement secs émettent des gaz d'échappement générés par la propulsion du bateau ou par des combustions auxiliaires, par l'intermédiaire d'un tuyau vertical isolé thermiquement. Ce système est peu fréquent dans les bateaux de loisirs.

28.4.4.2 Les systèmes d'échappement humides utilisent de l'eau (douce ou de mer), injectée au niveau de l'échappement du moteur, et qui accompagne les produits d'échappement, jusqu'à rejet vers l'extérieur.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Le silencieux (s'il y en a un) et les tuyaux du système humide sont spécialement conçus pour les températures et les conditions d'environnement attendues, selon le document ABYC P-1, *Installation of Exhaust Systems*, et NFPA 302, *Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft.*

28.4.4.3 Certains systèmes séparent l'eau des gaz d'échappement, au niveau du silencieux et la rejettent généralement à l'arrière du bateau, pendant que les gaz d'échappement sont expulsés vers l'extérieur en partie basse du bateau, selon le document ABYC P-1, *Installation of Exhaust Systems.*

28.4.5 Équipements électriques.

28.4.5.1 Sur les bateaux, le courant alternatif est fourni par une alimentation à partir du rivage, par une génératrice ou par un alternateur. Lorsque le courant alternatif est fourni grâce à une prise d'alimentation au rivage, celle-ci devrait être conforme à la norme NFPA 303, *Fire Protection Standard for Marinas and Boatyards*, et à la norme NFPA 70, *National Electrical Code*, Article 555. Les équipements en courant alternatif, à bord des bateaux, devraient satisfaire aux exigences du document 33CFR183.435, « *Conductors in Circuits of 50 Volts or More.* » On peut trouver des informations supplémentaires sur les équipements en courant alternatif au chapitre 8 de la NFPA 302, *Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft*, dans le document ABYC E-11, *AC and DC Electrical Systems*, et dans le document 33CFR 183.401–183.460, « Electrical Systems. »

28.4.5.2 A bord des bateaux, le courant continu est, en général, fourni par des batteries, et sert à alimenter l'éclairage, les moyens de communication, et l'équipement de navigation. Les équipements en courant continu devraient satisfaire aux exigences du document 33CFR183.430, « *Conductors in Circuits of 50 Volts or Less,* » et du document 33CFR183.440, « *Secondary Circuits of Ignition Systems.* » On peut trouver des informations supplémentaires sur les systèmes fonctionnant en courant continu dans la norme NFPA 302, *Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft*, le document ABYC E-11, *AC and DC Electrical Systems*, et dans le document 33CFR 183.401–183.460, « Electrical systems. »

28.4.6 Équipements de refroidissement du moteur.

28.4.6.1 Les équipements de refroidissement par un liquide, sur les bateaux à moteur de type à bord ou à bord/hors-bord sont répartis en deux groupes ; refroidissement à l'eau de mer ou refroidissement en circuit fermé. Les moteurs refroidis à l'eau de mer prélèvent de l'eau de mer par une pompe à eau, la font circuler dans le moteur et la rejettent ensuite vers l'extérieur. Les systèmes en circuit fermé font circuler de l'eau de mer dans un échangeur de chaleur, puis cette eau est ensuite rejetée. Le liquide de refroidissement dans l'échangeur est en général un mélange 50/50 de propylène glycol et d'eau. Les moteurs de type à bord, ou à bord/hors-bord, et les moteurs auxiliaires ne sont pas refroidis à l'air dans les bateaux.

28.4.7 Ventilation.

28.4.7.1 Les réservoirs de carburant, fixes, sont mis à l'air, à partir du haut, par un tuyau qui débouche par-dessus bord et qui est équipé d'un système arrête-flammes. La mise à l'air des réservoirs de carburant est exigée dans le document 33CFR183.520, « *Fuel tank vent systems.* » Des informations complémentaires peuvent être trouvées aux paragraphes 5.6.10–5.6.12 de la NFPA 302, *Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft*, et dans le document ABYC H-24.13, *Gasoline Fuel Systems.*

28.4.7.2* Le compartiment contenant le réservoir d'essence devrait être ventilé de façon naturelle (pas de ventilation forcée) selon les documents 33CFR183.601, « *Ventilation-applicability,* » et 33CFR183.620, « *Natural ventilation systems.* » Pour les exigences concernant la ventilation des compartiments des réservoirs de diesel voir le document ABYC H-32, *Ventilation of Boats Using Diesel Fuel.*

28.4.7.3* Les compartiments des moteurs et des groupes fonctionnant à l'essence doivent être ventilés mécaniquement selon le document 33CFR 183.610, « *Powered ventilation system.* »

28.4.7.4 Les espaces de vie, sur les bateaux, peuvent être équipés d'écoutilles et de hublots, susceptibles d'apporter une ventilation naturelle. Certains bateaux sont équipés d'ouvertures en partie haute des cabines, qui permettent de ventiler à tout moment. La présence de ces dispositifs peut générer des traces de ventilation de l'incendie, inhabituelles, qui devraient être étudiées au cours des investigations.

28.4.7.5 Les compartiments moteur et carburant, en fond de cale doivent être ventilés, comme spécifié dans ce chapitre. Le fond de cale, au niveau des espaces vie, n'a pas besoin d'être ventilé.

28.4.8 Systèmes de transmission.

28.4.8.1 Sur les moteurs de type à bord, on ne trouve généralement pas de système de transmission mécanique. Les moteur à propulsion de type hors-bord et à bord/hors-bord possèdent un système de transmission mécanique, situé dans le caisson de changement de vitesse.

28.4.8.2 On trouve les transmissions hydrauliques sur les moteurs de type à bord et sur quelques moteurs de type à bord/hors-bord (bateaux à hautes performances). Ces équipements contiennent de l'huile et du liquide de refroidissement. Cette huile de lubrification est généralement de type SAE 90.

28.4.9 Autres équipements.

28.4.9.1 Les compresseurs de climatisation font partie de l'échangeur de chaleur, qui utilise l'eau de mer comme liquide de transfert thermique, en évacuant et transmettant de la chaleur vers les hélices. Ces équipements sont généralement situés au niveau de l'espace de vie, mais ils peuvent aussi se trouver dans le local moteur.

28.4.9.2 La direction est assistée grâce à une pompe, fonctionnant avec une courroie, se trouvant sur le moteur à propulsion.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

28.4.9.3 Les compresseurs pour la production de froid sont souvent installés dans l'équipement et sont généralement alimentés en courant alternatif et/ou continu. Si un réfrigérateur, fonctionnant avec un gaz frigorigène de type GPL, est présent dans l'espace de vie, ce réfrigérateur doit être conforme à l'UL 1500, *Standard for Safety Ignition Protection Test for Marine Products.*

28.4.9.4 La production d'électricité doit être assurée par des systèmes fixes, utilisant le même type de carburant que le moteur à propulsion (à essence ou diesel), et ayant leur propre alimentation en carburant, qui respecte les normes applicables le concernant. Ces équipements sont généralement installés dans le local moteur ; s'ils fonctionnent à l'essence, ils doivent être protégés contre le risque d'inflammation, conformément à la norme 33 CFR 183.410, « Ignition protection. » Les autres sources d'énergie électrique, à prendre en compte, au cours des investigations sont ; les chargeurs de batteries, les alternateurs, les groupes électrogènes portatifs etc.

28.4.9.5 Équipements hydrauliques.

28.4.9.5.1 Les équipements intérieurs sont alimentés par une motopompe qui est généralement protégée contre le risque d'inflammation. Cette pompe se trouve à côté d'un petit réservoir de liquide hydraulique installé à l'arrière du bateau.

28.4.9.5.2* Il existe des systèmes de propulsion hydraulique, mais il est rare d'en trouver sur les bateaux. Ces systèmes de propulsion sont équipés de moteurs électriques et sont installés dans un genre de tunnel à l'avant du bateau. Ils fonctionnent généralement en 12 ou 24 volts et sont protégés par un fusible 200 A, monté près du système de propulsion.

28.4.9.5.3 Les systèmes de direction, assistée hydrauliquement, fonctionnent avec des pompes diesel ou électriques, sont équipés de tuyaux rigides ou souples, et servent à faciliter la conduite du bateau. Ces systèmes en circuit fermé contiennent un fluide hydraulique, ainsi que des connexions électriques, susceptibles de constituer une source d'allumage, pour le fluide, en cas de fuite.

28.5 Parties extérieures.

28.5.1 Coque. Il serait souhaitable que l'investigateur connaisse les matériaux constitutifs des bateaux. Ces matériaux sont en général ; du bois, de l'acier, de l'aluminium, et du plastique renforcé fibres de verre. Le bois et le plastique renforcé devraient être pris en compte, lorsque l'on identifie les charges calorifiques. Sur certains bateaux en plastique armé, l'âme du matériau est en balsa ou en mousse haute densité, qui se comportent, au cours d'un incendie, comme des isolants au regard de la conduction thermique.

28.5.2 Matériaux de construction de la superstructure. Les matériaux, utilisés pour construire les cabines et ou d'autres structures, positionnées au-dessus du pont principal, sont généralement les mêmes que ceux utilisés pour la coque.

28.5.3 Pont. Les ponts sont généralement construits avec les mêmes matériaux que la coque ; toutefois, ils peuvent être recouverts d'un parquet en bois, qui s'ajoute à la charge calorifique déjà présente.

28.5.4 Accessoires extérieurs. Ces accessoires correspondent à des objets ou à des équipements, situés sur la partie extérieure du bateau, tels que les équipements de télécommunication, les antennes, le matériel d'aide à la navigation, les projecteurs, les éclairages pour la navigation, le gréement, les mains courantes, le cordage, les pares-battage, les gilets de sauvetage, les canots de sauvetage, les coussins des sièges, les mâts, les bômes, et les voiles. Certains ou tous ces objets ou équipements sont susceptibles d'être combustibles.

28.6 Parties intérieures.

28.6.1 Matériaux de construction. Pour gagner du poids, les matériaux utilisés à l'intérieur d'un bateau, peuvent être différents, de ceux utilisés dans une habitation. Les matériaux, utilisés pour l'intérieur, sont souvent des résines renforcées fibres de verre ou bien des matériaux de construction traditionnels, tels que du bois massif, du contre-plaqué, ou du stratifié. Des matériaux non-combustibles tels que l'acier, ou l'aluminium peuvent être utilisés pour les parties structurelles, telles que les cloisons.

28.6.2 Finitions. Les finitions intérieures, notamment les panneaux de bois et la moquette, sont généralement similaires à celles qu'on trouve dans les habitations et les véhicules de loisirs. Des charges calorifiques notables peuvent parfois être apportées par de la moquette, ou par d'autres matériaux synthétiques, utilisés comme finitions au niveau des parois verticales ou du plafond. Les huiles organiques (huile de lin), ou les peintures et vernis, etc. employés pour les finitions intérieures peuvent contribuer à l'inflammabilité et à la facilité de propagation du feu. Les surfaces des équipements fixes intérieurs peuvent être synthétiques (plastique stratifié) ou comporter un placage en bois vernis.

28.6.2.1 Mobilier des zones de vie. Le mobilier des zones de vie est situé aux endroits, destinés à être occupés par les personnes. On y trouve souvent des matelas en mousse, recouverts de tissus, ainsi que d'autres types de garnitures et meubles, qui sont similaires à ceux présents dans les habitations, et dans certains véhicules à moteur, notamment les véhicules de loisirs.

28.6.2.2 Accessoires intérieurs. Ces accessoires peuvent comprendre ; des bougies, des lampes à huile, et d'autres dispositifs ayant une flamme nue. Les petits équipements, que l'on trouve normalement dans les habitations, notamment ; les téléviseurs, les radios, les chaînes stéréo, et les ventilateurs sont aussi présents dans les bateaux. Ces accessoires peuvent constituer des sources d'ignition.

28.6.2.3 Compartiments moteur/machine. Sur les bateaux, outre les moteurs pour la propulsion, les compartiments moteur ou machine, peuvent contenir des batteries, des générateurs auxiliaires avec alternateurs (pour la production de courant alternatif 120/240-volt à bord du bateau), des réservoirs (carburant, eau, eaux usées, fluides hydrauliques), des

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

pompes de fond de cale, des torons de câbles pour courants continu et alternatif, et dans certains cas des tableaux électriques en courant alternatif et continu. Les compartiments moteurs peuvent être équipés de systèmes fixes d'extinction automatique (assemblés sur place, ou en prêts à monter). Avant de pénétrer dans un volume protégé par un système fixe d'extinction automatique, l'investigateur devrait s'assurer que le système est désactivé ou inopérant. Si le système se déclenchait, alors que l'investigateur est à l'intérieur du compartiment, celui-ci pourrait se trouver exposé, à une atmosphère toxique ou appauvrie en oxygène, du fait de l'émission de l'agent extincteur.

28.6.2.4 Détecteurs de vapeurs inflammables ou explosives. Ces détecteurs sont habituellement situés dans les compartiments moteurs et sont conçus pour détecter des fuites de vapeurs inflammables (*voir la figure 28.6.2.4*). On peut aussi trouver ces détecteurs dans les parties basses des zones de vie. Identifier l'emplacement et examiner ces détecteurs et leurs composants peut permettre de déterminer si le dispositif était opérationnel au moment du feu.

28.6.2.5 Zones de stockage et de rangement. Les zones de stockage et de rangement sont souvent situées sous le pont ou sous les couchettes dans les espaces vie. Elles sont destinées au rangement de divers matériels et fournitures ; elles sont donc susceptibles de contenir différents types de combustibles, dont il faudrait tenir compte lors des investigations. L'entreposage inadapté de chiffons et des matériaux contenant des restes d'huiles organiques, utilisés pour entretenir les revêtements intérieurs, peut conduire à un auto-échauffement.

28.6.2.6 Réservoirs de carburant. Sur les bateaux, les réservoirs de carburant sont généralement en acier, en aluminium, en polyéthylène réticulé, ou en fibres de verre avec une résine ignifugée. Ces réservoirs doivent être rigides et avoir passé des essais normalisés, conformément au document 33CFR183, Subpart J. Les accessoires et les tuyaux doivent être certifiés et disposer d'un référencement auprès des garde-côtes US. L'investigateur peut rencontrer des garnitures et des tuyaux en néoprène, en caoutchouc synthétique, en complexe multicouches, en métal, ou en nylon, chacun de ces produits pouvant, être ou ne pas être, certifié. Ces produits peuvent être à l'origine d'une fuite, du fait d'une détérioration causée par les vibrations, l'âge, un dommage mécanique, etc. ou bien du fait de la corrosion par l'eau (en particulier l'eau salée). L'investigateur devrait s'assurer que les garnitures et les tuyaux sont adaptés à cet usage particulier.

28.7 Systèmes de propulsion.

28.7.1 Moteurs électriques. Bien que ces moteurs ne soient généralement pas utilisés, comme système de propulsion principal, de nombreux bateaux sont équipés de moteurs électriques de secours, alimentés par des batteries. Ces systèmes comprennent ; le moteur, une ou plusieurs batteries, et les câbles électriques permettant de transporter l'énergie des batteries vers le moteur.

28.7.2 Carburants pour bateaux équipés de systèmes de propulsion à moteur.

28.7.2.1 Systèmes d'alimentation en carburant. Dans les bateaux, les systèmes d'alimentation en carburant comprennent ; le système pour le moteur, celui pour les installations à bord, et celui pour le groupe électrogène.

28.7.2.1.1 Moteurs. On distingue trois grandes catégories de moteurs couramment rencontrés et leurs systèmes d'alimentation en carburant correspondants ; les moteurs hors-bords qui ont un réservoir intégré ou un réservoir portable ; les moteurs à bord à essence ; et les moteurs à bord diesel.

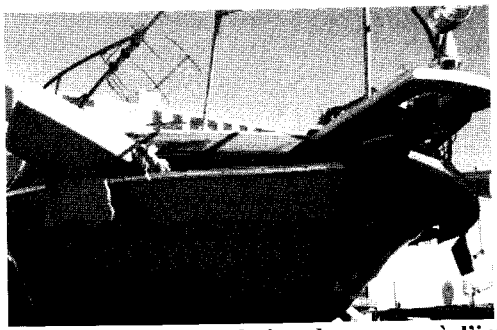


FIGURE 28.6.2.4 Explosion de vapeurs à l'intérieur d'un bateau.

28.7.2.1.1.1 Moteurs hors-bord. Les moteurs hors-bords, comprennent les moteurs à essence, deux temps et quatre temps, équipés de carburateurs ou de systèmes d'injection. Les moteurs deux temps, consomment un mélange de carburant et d'huile, l'huile étant soit déjà mélangée avec l'essence, ou soit alimentée par un réservoir distinct, et automatiquement mélangée avec l'essence. Les principes de base du moteur quatre temps sont similaires aux principes de fonctionnement des moteurs de voitures, présentés au chapitre 25. Sur les moteurs hors-bords, le carburant est acheminé par un système d'alimentation basse pression comprenant une pompe. La haute pression, requise pour les systèmes d'injection est fournie par une pompe à carburant, montée sur le moteur. *(Voir la figure 28.7.2.1.1.1.)*

28.7.2.1.1.2 Moteurs de type à bord, à essence. Les moteurs de type à bord, à essence sont généralement des moteurs à quatre temps. Le système d'alimentation en carburant comprend ; des réservoirs intégrés, des lignes d'alimentation, des filtres, et des pompes à carburant, qui permettent d'amener le carburant au moteur. Les réservoirs doivent posséder une mise à l'air. Lorsqu'il existe des réservoirs multiples, ils sont souvent connectés par une ligne d'égalisation, ou par un collecteur d'admission, afin de garantir que le poids de carburant demeure également réparti. L'orifice d'entrée du réservoir doit être relié à la terre du bateau, et les procédures de remplissage demandent à ce que le pistolet de remplissage soit mis en contact avec la plaque de terre du bateau avant de mettre en route la pompe du port, afin d'éviter toute décharge d'électricité statique en cas de refoulement de carburant. L'objectif de la petite rétention

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

autour de l'orifice de remplissage, est d'éviter qu'un épandage accidentel n'aille s'écouler à l'intérieur de la coque du bateau. Tous les équipements du réservoir doivent être situés sur le dessus du réservoir, et les lignes d'alimentation doivent circuler au-dessus du niveau du réservoir, afin d'éviter tout risque de vidange du réservoir dans l'éventualité d'une vanne restée ouverte ou d'une fuite sur la ligne. Les bateaux construits après 1977 doivent être équipés d'une vanne anti-siphonage, sur le réservoir, si le dessus du moteur est situé sous le niveau du dessus du réservoir (voir le paragraphe 7.5.3.5 de la NFPA 302, *Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft*). Les exigences relatives aux durites de carburant, sont spécifiées dans la NFPA 302, et dans d'autres documents applicables, tels que le document 33CFR183.555, « Fuel systems. »

28.7.2.1.1.3 Moteurs diesel. Les principes de base de fonctionnement, des moteurs diesel de type à bord, sont similaires à ceux des moteurs diesel automobiles, déjà présentés au chapitre 25. Les systèmes d'injection carburant haute pression, pour moteurs diesel, comprennent en général une ligne de retour basse pression vers le réservoir de carburant.

28.7.2.1.1.4 Fluides sur les systèmes de propulsion. Tous les systèmes de propulsion contiennent des fluides de lubrification, dont on peut prélever un échantillon après un incendie, à des fins d'analyse pour évaluer les conditions existant avant l'incendie.

28.7.2.2 Installations consommant des combustibles pour fonctionner. Le gaz de pétrole liquéfié (GPL) est le combustible, le plus couramment utilisé à bord, pour la cuisine, le chauffage et les installations de réfrigération. Les éléments à prendre en compte sont similaires à ceux des installations sur véhicules, comme évoqué au chapitre 26. Un facteur supplémentaire à considérer, pour les bateaux, est le risque d'accumulation de vapeurs générées par une fuite, sous le pont ou en fond de cale.

28.7.2.3 Générateurs d'électricité. Les groupes électrogènes, peuvent être utilisés, pour alimenter différents équipements sur un bateau. Ces groupes sont généralement alimentés en carburant, à partir du réservoir du bateau, par une ligne carburant distincte.

28.7.3 Autres systèmes de carburant utilisés pour la propulsion.

28.7.3.1 La plupart des bateaux fonctionnent avec des carburants classiques ; diesel ou essence ; cependant, certains autres combustibles (par ex. le bois, le charbon, le charbon de bois, et la paraffine) sont encore utilisés dans les systèmes de propulsion à vapeur.

28.8 Sources d'ignition.

Les sources d'ignition dans les incendie de bateaux sont souvent les mêmes, que celles qu'on retrouve dans les incendies d'habitations ou de véhicules (c.à.d. les arcs électriques, les câbles surchargés, les flammes nues et les matériaux braisants). Il existe des sources d'énergie spécifiques, dont il conviendrait de tenir compte, telles que les surfaces chaudes des turbocompresseurs et des collecteurs d'échappement. Sachant que certaines de ces sources d'ignition peuvent être difficiles à identifier après un incendie, les descriptions du paragraphe 7.4.1 au paragraphe 7.4.5 sont proposées pour aider à les reconnaître.

28.8.1 Flammes nues. Une source de type flamme nue, courante dans un moteur avec carburateur, est un retour de flamme dans un carburateur non protégé. *(Voir la figure 28.8.1.)* Afin d'éviter à ces flammes de démarrer un feu, il est exigé que tous les bateaux à bord et à bord/hors bord soient équipés d'un dispositif arrête-flammes approuvé empêchant un retour de flamme et relié à l'entrée d'air avec un raccord étanche aux flammes. Les arrête-flammes empêchant un retour de flamme doivent être approuvés par les gardes-côtes américains ou être conformes à la norme SAE J-1928 de la « *Society of Automotive Engineers* ». Une cause fréquente des incendies de compartiment moteur est l'absence de nettoyage par le propriétaire et son incapacité à garder l'arrête flamme libre de résidus d'huile ou d'essence. Dans les bateaux, les brûleurs et les fours en fonctionnement, sont potentiellement des sources d'ignition par flamme nue. Depuis 1977, les installations comportant une flamme pilote, sont interdites, sur les bateaux fonctionnant à l'essence, conformément à la loi fédérale U.S. *(voir le document 33CFR183.410, « Ignition protection »).*

28.8.2 Sources électriques. Lorsque le moteur n'est pas en fonctionnement, les sources d'énergie électriques sur un bateau sont ; les batteries, les alternateurs, ou les groupes électrogènes. *(Voir la figure 28.8.2.)*



FIGURE 28.7.2.1.1.1 Incendie de filtre à carburant sur un moteur hors-bord.



FIGURE 28.8.1 Feu de carburateur sur un moteur à bord.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

En l'absence d'interrupteur, nombre de composants restent électriquement connectés à la batterie, même si le système d'allumage est en position arrêt et que le moteur est lui aussi arrêté. Ces circuits et ces composants, tels que l'alternateur, le système d'allumage, et le système de courant continu, peuvent présenter un défaut, alors que le moteur est éteint. Par exemple, la pompe de fond de cale est normalement installée pour rester sous tension tout le temps. L'investigateur devrait déterminer si le ou les moteurs du bateau fonctionnai(en)t au moment du feu. Un bateau dont le moteur tourne présente plus de sources d'ignition potentielles (par ex. fils incandescents, alternateurs, pompes électriques pour le carburant) que lorsqu'il ne tourne pas. Bien que des pièces de rechange classées marine soient requises par la loi fédérale américaine, on peut trouver des pièces détachées, n'étant pas classées marine, et qui ne sont pas protégées contre le risque d'ignition. Remplacer un alternateur certifié marine, par un alternateur de véhicule, en est un exemple. Dans un bateau, la protection des circuits électriques est réalisée par des fusibles, ou des disjoncteurs. Comme dans les bâtiments ou dans les véhicules terrestres, n'importe lequel de ces dispositifs peut vieillir, être by-passé ou être en défaut. L'installation d'un équipement supplémentaire peut affecter la façon dont ces dispositifs vont fonctionner. A la différence des installations électriques de la plupart des bâtiments, l'installation électrique d'un bateau fonctionne à la fois en courant alternatif et en courant continu. Les composants métalliques situés sous la ligne d'eau sont raccordés électriquement ou connectés à la borne négative du système continu pour la protection contre la foudre et pour éviter la corrosion galvanique *(voir le chapitre 11 de la* NFPA 302, *Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft*). La borne négative de la batterie est généralement connectée au bloc moteur. La borne positive de la batterie est connectée aux fusibles, aux boîtiers de fusibles, ou au panneau de disjoncteur et à tout l'équipement de courant électrique continu. A quelques exceptions près, tous les circuits doivent avoir deux conducteurs ; positif et négatif. Aucune partie métallique du bateau ne peut être utilisée pour le retour du conducteur négatif, selon la norme NFPA 302, *Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft*. A chaque fois, qu'un conducteur positif sous tension, une prise, ou un composant entre en contact avec un conducteur ou une surface reliée à la terre, un circuit s'établit et peut amener une source d'inflammation. A bord des bateaux, on peut trouver des batteries et des faisceaux de câbles, proches de ceux utilisés dans les véhicules à moteur, mais également des équipements et des câbles fonctionnant en courant alternatif, similaires à ceux présents dans les habitations. Les bateaux peuvent également être équipés d'un redresseur, qui transforme le courant alternatif en courant continu, pour charger les batteries, pour l'éclairage et pour d'autres applications. Les bateaux peuvent posséder, à leur bord, un groupe électrogène ou un alternateur, qui convertit le courant continu en courant alternatif lorsqu'il n'est pas possible d'être alimenté en électricité par le rivage *(voir le chapitre 10 de la NFPA* 302, *Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft*).

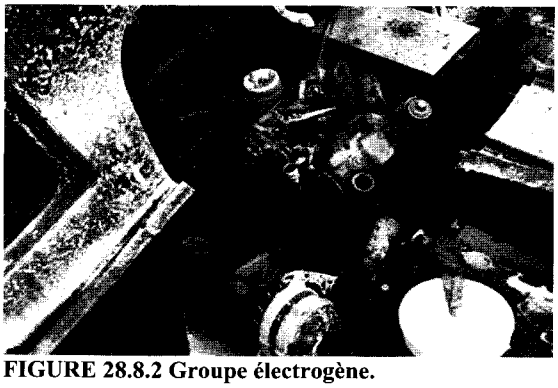


FIGURE 28.8.2 Groupe électrogène.

28.8.2.1 Câbles surchargés. Des défauts sur les câbles peuvent élever la température du conducteur jusqu'au point de détérioration, de fusion, ou d'inflammation de l'isolant, en particulier dans les torons de câbles comme le faisceau électrique ou sur les câbles des différents accessoires, qui circulent dans le bateau, à travers les cloisons, et sur les chemins de câbles, où la chaleur n'est pas réellement dissipée. Ceci peut se produire sans faire déclencher les protections contre les surintensités. La juxtaposition d'équipements, tels que la radio, le système GPS, et le radar peut contribuer à la surcharge du câblage initialement installé. L'historique avant l'incendie, des ajouts d'équipements après acquisition du bateau et de tout dysfonctionnement électrique devrait faire partie des analyses postincendie.

28.8.2.2 Courts-circuits et arcs électriques. Un arc électrique peut se produire, lorsque l'isolant d'un conducteur est usé, cassant, fissuré, ou endommagé de quelque manière que ce soit, permettant à ce conducteur d'entrer en contact avec un conducteur de terre ou avec une masse. Un défaut sur l'isolant peut se produire consécutivement à un frottement, à l'écrasement ou à une entaille sur le câble. Les câbles de batterie et du démarreur ne sont pas protégés contre les surintensités et sont conçus pour transporter des courants élevés, susceptibles d'enflammer des matériaux tels qu'une accumulation d'huile moteur, certains plastiques et les isolants des câbles électriques.

28.8.2.3 Connexions électriques. Outre les défaillances électriques, analogues à celles qui se produisent dans les habitations ou les véhicules, des défauts provoqués par la corrosion peuvent se produire dans les bateaux, qui sont exposés à l'eau et au sel. Cette corrosion peut générer un échauffement résistant, dégageant une énergie suffisante à enflammer les combustibles à proximité. Les connexions électriques sur un bateau devraient être protégées pareillement à celles présentes dans les systèmes électriques des véhicules à moteur. Une présentation détaillée du phénomène de résistance de contact figure au chapitre 8.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

28.8.2.4 Foudre. La foudre peut déclencher le feu sur un bateau. Du fait de la valeur de la charge portée par la foudre, le courant peut suivre un chemin imprévisible, à n'importe quel endroit du bateau. Ce cheminement imprévu peut mettre le feu aux matériaux traversés, ou peut enflammer les matériaux combustibles à proximité. Les impacts de foudre, qui frappent directement le bateau, ou indirectement à proximité du bateau, peuvent endommager les composants des systèmes électriques, générant des défauts électriques et potentiellement un incendie. Des informations plus détaillées sur la foudre figurent au chapitre 8.

28.8.2.5 Électricité statique et arcs électriques. L'électricité statique et les arcs électriques méritent d'être examinés, en tant que source d'ignition potentielle lors d'un incendie ou d'une explosion sur un bateau. Des vapeurs d'essence sont souvent présentes au cours des opérations de ravitaillement en carburant, apportant un combustible facilement inflammable, pour ce type de source d'énergie. Ces vapeurs sont typiquement susceptibles de s'accumuler dans les compartiments sous le pont (par ex. compartiments moteur, cabines, etc.). Des fuites sur le système d'alimentation en carburant peuvent conduire à l'écoulement de ce carburant vers le fond de cale avec des vapeurs susceptibles de migrer vers des zones, où des décharges d'électricité statique peuvent se produire au cours des activités normales. Des informations détaillées sur les investigations relatives aux inflammations, par l'électricité statique et par les arcs électriques ainsi créés, sont proposées à la section sur l'électricité statique au chapitre 8.

28.8.3 Surfaces chaudes.

28.8.3.1 Collecteur. Le collecteur d'échappement et les composants associés sont susceptibles d'atteindre des températures suffisantes pour enflammer une pulvérisation de diesel ou de l'essence vaporisée. De l'huile de moteur ou du fluide de transmission, venant au contact avec le collecteur, peuvent s'enflammer. Ces fluides peuvent s'enflammer, après coupure du moteur, du fait de l'arrêt de la circulation d'eau de refroidissement, à travers le moteur. Lorsque le moteur est coupé, la circulation d'eau cesse, et la température du collecteur peut augmenter jusqu'à enflammer des fluides pulvérisés ou des vapeurs de carburant.

28.8.3.2 Système d'échappement. En général, le système d'échappement sur un bateau est différent de celui monté sur un véhicule à moteur. L'une des différences est que les tuyaux d'échappement sont refroidis à l'eau sur un bateau. Les moteurs de bateaux peuvent être refroidis, par de l'eau aspirée à l'extérieur du bateau qui passe dans le moteur et sert à refroidir le système d'échappement. L'eau est rejetée par-dessus bord, avec les gaz brûlés, par le système d'échappement. Sur un bateau, le système d'échappement peut atteindre des températures susceptibles d'enflammer des combustibles, présents dans le compartiment moteur, sous certaines conditions, telles qu'une quantité réduite ou pas d'eau de refroidissement, une charge importante au niveau du moteur, des conditions de navigation agitées, ou une espace insuffisant entre les surfaces chaudes du système d'échappement et les combustibles.

28.8.3.3 Matériel de cuisson. Le matériel de cuisson, s'il y en a, comprend généralement une cuisinière ou un four. La chaleur est produite électriquement ou par la combustion de propane, de gaz naturel comprimé, ou d'alcool. La surface chaude d'un élément de chauffage électrique, la flamme nue d'une gazinière en fonctionnement, un four, ou une surface de cuisson sont susceptibles de mettre le feu à des combustibles courants présents sur un bateau, comme cela pourrait se passer dans une habitation. *(Voir la figure 28.8.3.3.)* Lorsqu'un matériel de cuisson est suspecté, être à l'origine d'un feu, on mène les investigations comme on le ferait dans une habitation. On peut trouver des informations détaillées sur les équipements électroménagers au chapitre 16.



FIGURE 28.8.3.3 Feu sur une plaque de cuisson.

28.8.3.4 Systèmes de chauffage. Certains bateaux sont équipés de systèmes de chauffage au gaz ou électriques. Des combustibles positionnés trop près de ces dispositifs de production de chaleur peuvent prendre feu. Certains bateaux possèdent des systèmes de climatisation réversibles fonctionnant en 120 volts alternatifs ; ces derniers pouvant également constituer une source d'ignition électrique.

28.8.4 Sources d'origine mécanique.

28.8.4.1 Défaillance de paliers. La défaillance du palier principal dans un moteur ne conduit généralement pas à un feu ; cependant, la défaillance d'un palier sur un roulement, un moteur, un alternateur ou une pompe peut générer un départ de feu, lorsque des matières combustibles sont au contact ou à proximité immédiate du palier abîmé. Après le feu, les paliers présenteront des dommages matériels. La défaillance d'un palier peut conduire à la projection de métal chaud venant de ce palier.

28.8.4.2 Frottements. Les courroies de distribution utilisées sur les moteurs marine sont les mêmes que

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

celles utilisées sur les véhicules à moteur. La courroie peut prendre feu, si le composant du roulement lâche ou se bloque et que le moteur continue à tourner. Le glissement de la courroie à travers le roulement du composant qui a lâché, peut générer une température suffisante pour mettre le feu à la courroie, conduisant ainsi à un incendie.

28.8.5 Matériaux braisants. Dans certaines circonstances, les meubles rembourrés, les tissus, et les matériaux sont susceptibles d'être enflammés par une cigarette. Par exemple, une inflammation peut se produire si une cigarette allumée est thermiquement isolée (c.à.d. en tombant entre le dos d'un siège et les coussins, ou dans du papier, des chiffons ou d'autres débris). Ce scénario pourrait se produire alors que le bateau est remorqué. La mousse de polyuréthane des sièges, une fois enflammée, brûle vite et participe de façon importante à l'intensité du feu de bateau.

28.9 Enregistrements sur une scène d'incendie de bateau.

En général, les exigences portant sur les constats et enregistrements à réaliser sur un feu de bateau sont similaires aux exigences relatives aux constats et enregistrements à réaliser sur feux de bâtiments et de véhicules. Lorsque c'est possible, il faudrait examiner le bateau sur le site du sinistre. Cependant, dans de nombreux cas, l'investigateur peut ne pas avoir l'opportunité de voir le bateau sur site. Pour différentes raisons, le bateau peut avoir été déplacé avant que l'investigateur ne rejoigne le site. Il arrive fréquemment, qu'une partie des observations soient réalisées sur un site d'entreposage d'épaves, sur un chantier de réparations, dans un port, dans un garage à bateaux, ou dans un hangar.

28.9.1 A terre. Tout d'abord, l'investigateur devrait déterminer, si le bateau a subi le sinistre là où il se trouve entreposé, ou s'il a été déplacé après le feu. S'il apparaît que l'incendie s'est produit, alors que le bateau se trouvait ailleurs, alors cet endroit devrait également être examiné si possible. Il faudrait déterminer si le bateau était connecté à l'alimentation électrique du rivage au moment du feu. Le mode de liaison à l'alimentation externe devait être identifié et enregistré. Les constats devraient également couvrir les autres sources d'ignition envisageables et les combustibles situés dans l'environnement immédiat du bateau au moment du feu. Il faudrait déterminer si le bateau était simplement attaché par une corde ou proprement arrimé au bord, au moment du feu. Un bateau, qui n'est pas correctement arrimé, peut indiquer, qu'il est abandonné, négligé ou qu'il a été volé.

28.9.2 Dans l'eau. Comme pour un bateau à terre, l'investigateur devrait déterminer, si le bateau, qui se trouve dans l'eau, a subi le sinistre alors qu'il était à cet endroit ou si le bateau a été déplacé. S'il apparaît que l'incendie s'est produit alors que le bateau se trouvait ailleurs, alors cet endroit devrait également être examiné si possible. Il faudrait déterminer si le bateau était connecté à l'alimentation électrique du rivage au moment du feu. Le mode de liaison à l'alimentation externe devait être identifié et enregistré. Les constats devraient également couvrir les autres sources d'ignition envisageables et les combustibles situés dans l'environnement immédiat du bateau au moment du feu. Il faudrait déterminer si le bateau était au mouillage, si l'ancre avait été jetée, ou si le bateau faisait route. Il peut être nécessaire, lorsque c'est faisable, d'examiner l'endroit du sinistre sous l'eau, à la recherche d'indices potentiels.

28.9.2.1 Au mouillage. Il faudrait examiner l'endroit, où le bateau mouillait, à la recherche de sources d'ignition potentielles et de combustibles, n'appartenant, en principe, pas au bateau. Les observations devraient couvrir le type ou le style de structure (pente douce, dock, ou jetée, etc.) à laquelle le bateau était arrimé. *(Voir la figure 28.9.2.1.)* L'investigateur devrait examiner et prendre des notes sur les matériaux constitutifs et le type de structure, car ils pourraient avoir une influence sur la puissance et la propagation du feu. En outre, l'investigateur devrait étudier la possibilité que le feu se soit propagé à partir d'une autre embarcation ou d'une autre source externe (effet domino).

28.9.2.2 Bateau ancré ou faisant route. L'investigateur devrait déterminer, si le feu a pris naissance, alors que le bateau avait jeté l'ancre, dérivait ou faisait route, chaque situation correspondant à des sources d'ignition potentielles, différentes ou spécifiques. Par exemple, lorsque l'ancre est jetée, le groupe électrogène, les équipements de cuisson, etc. sont susceptibles d'être en fonctionnement, ce qui est moins probable, lorsque le bateau fait route.

28.9.2.3 Sous l'eau. Un examen sous l'eau devrait seulement être réalisé par du personnel qualifié. Lorsqu'un bateau a coulé suite à un incendie, un examen sous l'eau, du bateau et de la zone voisine, devrait, si possible, être mené et les constats enregistrés. Le principal objectif de ce type d'observation est de relever la position et l'état du bateau, avant d'essayer de le retirer de l'eau. Le retrait du bateau peut causer le déplacement ou la perte d'indices matériels. *(Voir la figure 28.9.2.3.)* Une atteinte à l'intégrité résiduelle de la structure est susceptible de se produire au cours des opérations de retrait.



FIGURE 28.9.2.1 Incendie de bateau.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite



FIGURE 28.9.2.3 Retrait d'un bateau ayant coulé.

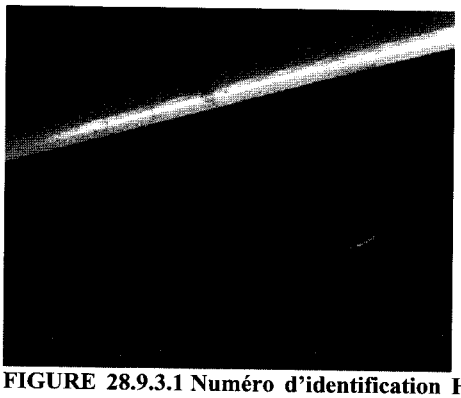


FIGURE 28.9.3.1 Numéro d'identification HIN (Hull Identification Number).

28.9.3 Identification du bateau. Les bateaux, comme les véhicules possèdent des identifiants uniques qui sont susceptibles de varier selon le fabricant et la réglementation locale.

28.9.3.1 Numéro d'identification de la coque (numéro HIN pour *Hull Identification Number*). Chaque bateau produit ou importé aux États-Unis doit avoir un numéro HIN, inscrit en deux endroits distincts. Le premier emplacement, où il faut installer la plaque d'identification, varie suivant l'année de fabrication, mais se situe typiquement à l'arrière droit sous le bastingage du bateau. Il est exigé que le numéro HIN soit fixé de façon permanente sur la coque du bateau par poinçonnage, gravure, ou par la fixation d'une plaque en plastique ou métallique. *(Voir la figure 28.9.3.1.)* Consécutivement à l'incendie, cette première plaque HIN peut ne plus être lisible ; l'information peut alors être obtenue à partir de la seconde plaque HIN. L'emplacement de la seconde plaque HIN doit être obtenu auprès du fabricant, car sa localisation n'est pas normalisée. Dans le cas des bateaux avec motorisation à bord ou à bord/hors-bord, le numéro HIN peut être déterminé en contactant le fabricant du bateau et en lui fournissant les numéros d'identification du moteur. Le code d'identification du fabricant correspond aux trois premières lettres du numéro HIN. Les bateaux fabriqués par des particuliers doivent aussi posséder un numéro HIN, qui est fourni par l'administration lors de la procédure d'enregistrement, comme exigé dans le document 33CFR181.23, « *Hull identification numbers required.* »

28.9.3.2 Numéro d'enregistrement. Le numéro d'enregistrement, sa configuration et son emplacement sont fixés réglementairement par le document 33CFR173, Subpart B. Généralement, le numéro d'enregistrement sera visible près de la proue du bateau. Les informations concernant la propriété du bateau peuvent être obtenues auprès des autorités administratives locales, à partir de ce numéro d'enregistrement.

28.9.3.3 Numéro d'enregistrement des gardes-côtes U.S. Certains bateaux peuvent ne pas avoir de numéro d'enregistrement. Cependant, il a pu leur être attribué un numéro d'enregistrement, par les garde-côtes U.S., qui doit être inscrit de façon permanente à l'intérieur du bateau. Les papiers d'enregistrement sont attachés au bateau.

28.9.3.4 Nom du bateau et port d'attache. Si le bateau a été correctement enregistré, les noms du bateau et du port d'attache seront conformes aux exigences d'enregistrement. Dans les années passées, le port d'attache était l'endroit où le bateau était normalement au mouillage. Actuellement, le port d'attache peut être un endroit choisi par le propriétaire. Lorsque le bateau est enregistré par l'administration, donner un nom au bateau ou désigner un port d'attache ne sont pas obligatoires.

28.9.3.5 Historique du bateau. L'historique du bateau, comme par exemple ; l'âge, les altérations, les propriétaires précédents, les réparations et le carnet de maintenance, peuvent fournir des informations intéressantes à l'investigateur.

28.9.3.6 Chronologie du sinistre. Il est recommandé, d'essayer de construire le scénario des évènements ayant conduit au feu, ainsi que le scénario de la progression de l'incendie. Il faudrait interroger le conducteur du bateau, les passagers, les passants, le département incendie, et la police. Ces informations peuvent être utiles pour les investigations.

28.9.3.6.1 Actions réalisées avant le feu. Les informations, concernant le fonctionnement du bateau immédiatement avant l'incendie, peuvent être obtenues auprès du conducteur ou du propriétaire, afin de déterminer les éléments suivants ;

(1) Date et durée de la dernière sortie du bateau

(2) Nombre total d'heures de fonctionnement du moteur

(3) État de fonctionnement des systèmes du bateau (dysfonctionnement électrique, calage du moteur, tenue anormale telle que problèmes de direction, etc.)

(4) Date de la dernière révision (vidange de l'huile) et de la dernière réparation

(5) Date du dernier plein, y compris le volume et le type de carburant

(6) Date et lieu du dernier mouillage

(7) Moment où le bateau a été vu en dernier, avant l'incendie

(8) Équipements auxiliaires, réputés présents à bord (c.à.d. radio, CB, GPS, radio VHF, détecteur de profondeur, détecteur de poissons, radar)

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

(9) Effets personnels, qui étaient présents sur le bateau (c.à.d. vêtements, outils, jeux, matériel de pêche, skis nautiques)

28.9.3.6.2 Actions réalisées pendant l'incendie. S'il y avait du monde à bord ou que le bateau faisait route au moment du sinistre, les informations suivantes peuvent être utiles à l'investigation :

(1) Pendant combien de temps le bateau a fonctionné et à quelle vitesse

(2) La route suivie

(3) Les conditions sur l'eau et la météorologie

(4) Quand et où des odeurs, de la fumée, ou des flammes ont-elles été aperçues pour la première fois

(5) Comment le bateau se comportait-il au moment où le feu a été détecté (c.à.d. dysfonctionnements électriques, indications irrégulières fournies par les jauges, emballement du moteur, etc.)

(6) Actions entreprises lorsque le feu a été détecté (c.à.d. ancrage, actions entreprises le cas échéant pour éteindre le feu à l'aide d'extincteurs ou de systèmes automatiques, coupure des énergies, si et quand les autorités ont-elles été prévenues)

(7) La durée pendant laquelle le feu a brûlé avant que les secours ait été appelés, et jusqu'au moment où ils sont arrivés

(8) La durée estimative du feu jusqu'à ce qu'il ait pu être éteint et par quels moyens

(9) Autres observations

28.9.3.6.3 Actions réalisées après l'incendie. Les informations, concernant les actions ou les évènements survenus après l'incendie, peuvent intéresser l'investigateur. Celles-ci peuvent comprendre ;

(1) Les informations relatives aux opérations de sauvetage du bateau, le cas échéant (retrait, remorquage, etc.)

(2) Les actions réalisées par l'EPA (Environmental Protection Agency) ou par tout autre service similaire, le cas échéant

(3) Actions et localisation des occupants et des victimes

(4) Actions entreprises par d'autres services publics

(5) Investigations précédentes

28.9.4 Caractéristiques du bateau. Une fois, qu'un bateau a été identifié, comme devant être l'objet d'investigations, les fonctions mécaniques de ce bateau spécifique, sa constitution au niveau des matériaux, et son comportement au feu, devraient être étudiés. L'investigateur peut trouver utile d'examiner un bateau identique, s'il en existe un de disponible, ainsi que les documents commerciaux et les manuels de fonctionnement. Des informations relatives au rappel éventuel pour causes de départ de feux, de bateaux du même constructeur, le modèle, et l'année peuvent être obtenues auprès des gardes-côtes américains sur le site www.uscgboating.org/recalls ou auprès du site de la sécurité des consommateurs ; www.cpsc.gov.



FIGURE 28.10.1 Incendie dans un port de plaisance.

28.10 Examen du bateau.

28.10.1 Généralités. Comme pour les feux de bâtiments, la première étape est de déterminer la zone d'origine. On peut diviser la plupart des bateaux en différents zones ; le pont/le poste de pilotage et trois compartiments principaux. *(Voir la figure 28.10.1.)* Les compartiments sont ; le compartiment moteur/carburant (quelquefois le carburant est dans un compartiment séparé), l'espace vie ou la cabine, et la cale. Les dimensions, la construction, et la charge calorifique de ces compartiments peuvent varier considérablement.

28.10.1.1 Examen.

28.10.1.1.1 L'observation de l'extérieur du bateau peut révéler des traces significatives. Il faudrait faire attention en analysant les traces autour des ouvertures du compartiment moteur et carburant, car des ventilateurs de soufflage ont pu être utilisés au cours du feu, affectant la formation des traces.

28.10.1.1.2 Un feu au niveau de l'espace vie entraînera fréquemment des dégâts en partie haute de la cabine, de l'intérieur vers l'extérieur et pourra laisser les autres zones du bateau quasiment intactes. L'analyse des traces laissées par le feu, permettra de déterminer, si le feu s'est propagé à partir de l'intérieur du compartiment. Les cabines sont relativement étanches lorsque les ouvertures pour la ventilation sont fermées, et certains feux peuvent s'éteindre tous seuls. Les cabines peuvent avoir des équipements de cuisson qui pourraient mettre le feu à d'autres combustibles. La configuration spatiale de la cabine, du fait de sa forme, peut influencer les caractéristiques de développement du feu.

28.10.1.1.3 Les espaces de vie sont typiquement ceux dans lesquels on dort, on se détend, on fait la cuisine, on range diverses choses, etc. Ces différentes configurations présentent des sources d'ignition potentielles et des charges calorifiques variées. Du fait que beaucoup de ces compartiments ont des volumes limités dans la dimension verticale, des coques en pente, et des courbures, les traces habituelles laissées sur les structures, sur lesquelles s'appuie l'investigateur, peuvent être absentes.

28.10.1.1.4 Les feux dans le compartiment moteur et carburant sont liés aux vapeurs de carburant, ce qui peut conduire à la combustion du compartiment entraînant la

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

propagation du feu vers la cabine et vers les autres zones du bateau. Il faudrait examiner le carburateur ou le système d'injection du carburant au niveau du moteur, ainsi que les composants du système d'allumage, le système d'alimentation en carburant et les réservoirs de carburant. Il faudrait analyser le système d'échappement, à la recherche d'une éventuelle défaillance thermique (souvent due à un manque d'eau), qui pourrait entraîner l'inflammation des composants du bateau se trouvant à proximité.

28.10.1.1.5 Dans les zones de fond de cale, l'air a tendance à stagner et l'eau qui s'y accumule, est fréquemment pompée et rejetée par-dessus bord, par une pompe de relevage équipée d'un flotteur qui commande la mise en route de la pompe (normalement protégée contre le risque d'ignition). Le fond de cale à l'intérieur de chaque compartiment est séparé de celui des autres compartiments permettant à des gaz plus lourds que l'air de s'y accumuler. L'essence, le gazole, ou l'huile sont susceptibles de s'accumuler dans la cale, en flottant au-dessus de l'eau déjà présente. En raison de la difficulté à nettoyer le fond de cale, des restes des substances évoquées ci-avant peuvent s'y trouver au moment de l'incendie. Une fois qu'on a établi le compartiment d'origine du feu, un examen détaillé de celui-ci devrait être effectué.

28.10.2 Examen des équipements du bateau. Il faudrait examiner les différents équipements du bateau, afin de déterminer, s'ils ont pu jouer un rôle dans l'éclosion du feu, en se basant sur l'identification et les fonctions des différents systèmes, traitées à la Section 28.4.

28.10.2.1 L'investigateur devrait examiner le réservoir de carburant à la recherche d'une éventuelle défaillance sur les côtés ou sur le fond du réservoir ou de traces de corrosion traversante, qui auraient pu conduire à une fuite de carburant. Il faudrait examiner l'état des tubulures de remplissage de carburant et de mise à l'air afin de voir s'il existe des détériorations, des traces d'usure, ou d'autres types de dommage. Il faudrait suivre le conducteur de mise à la terre, du réservoir de carburant jusqu'à l'orifice de remplissage au niveau du pont et vérifier la continuité électrique.

28.10.2.1.1 Lorsqu'ils sont exposés à la chaleur, les réservoirs de carburant présentent généralement une ligne de démarcation, qui correspond au niveau de carburant au moment où le feu a été éteint. Les réservoirs en plastique peuvent être retrouvés intacts, indiquant le niveau de carburant au moment où le feu a été éteint.

28.10.2.2 Interrupteurs, poignées et leviers. Au cours de l'inspection de l'intérieur du bateau, il faudrait noter la position des interrupteurs, afin de déterminer l'état du circuit (ouvert/fermé) sur lequel ils sont connectés. *(Voir la figure 28.10.2.2.)* Il faudrait essayer de déterminer si les écoutilles étaient ouvertes ou fermées avant l'incendie. Il faudrait prendre note de la position des interrupteurs de la batterie, du groupe électrogène, et du circuit d'alimentation à partir du rivage, etc. Il faudrait examiner le commutateur d'allumage du moteur, si possible, à la recherche d'une clé de contact, de traces de crochetage ou d'effraction en force du système de verrouillage. Nombre de ces éléments sont constitués de matériaux, qui peuvent facilement se consumer au cours d'un incendie ; cependant, il peut rester suffisamment de résidus, permettant de fournir des informations pour l'investigation.

28.11 Bateaux à l'intérieur de bâtiments.

28.11.1 Les bateaux, entreposés dans des garages ou sous des auvents, devraient être examinés, en tenant compte des combustibles présents dans le garage ou sous l'auvent, en particulier lors de la recherche du lieu de départ de feu. Le transfert thermique, à partir d'un feu ayant pris naissance dans un bâtiment, peut mettre le feu au bateau.

28.11.2 L'entreposage de bateaux dans les bâtiments (y compris sur racks) est assujetti aux préconisations de la Section 5.2 dans la NFPA 303, *Fire Protection Standard for Marinas and Boatyards*.

28.11.3 Lors de la détermination des origines et cause, il faudrait examiner les bateaux mouillés à flot sous des docks couverts, en prenant en compte l'énergie rayonnée par la couche chaude accumulée sous le toit ainsi que d'autres effets éventuels liés à la dynamique du feu dans les compartiments. Ces docks sont habituellement flottants, et l'alimentation électrique vers et sur le dock devrait également être examinée, lors de le recherche de la cause.

28.12 Aspects légaux.

Les circonstances particulières rencontrées sur un bateau, peuvent conduire à ce que l'investigation incendie soit soumis à la réglementation marine. La réglementation marine constitue un domaine spécifique qui nécessite une assistance juridique spécialisée. Au cours d'une investigation sur incendie de bateau, les autres aspects juridiques sont similaires à ceux relatifs aux autres types d'investigations et comprennent notamment ; le droit de réaliser des recherches, le droit de pénétrer, ainsi que la détérioration et la préservation des indices. Une présentation complète des aspects juridiques peut être trouvée au chapitre 11.



FIGURE 28.10.2.2 Positions des interrupteurs.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Annexe A Explications complémentaires

L'annexe A ne fait pas partie des recommandations du présent document NFPA, mais elle est incluse à titre informatif. Cette annexe comprend des explications complémentaires, dont la numérotation correspond avec celle des paragraphes applicables du guide.

A.1.4 Une liste complète des facteurs de conversion est disponible dans le *NFPA Fire Protection Handbook* ou dans l'ASTM E 380, *Standard for Metric Practice.*

A.3.2.1 Approbation. La National Fire Protection Association n'a pas mission d'approuver, d'inspecter ou de certifier des installations, des procédures, des équipements, ou des matériels ; elle n'approuve pas non plus, ni n'évalue les laboratoires d'essais. Pour définir l'acceptabilité des installations, des procédures, des équipements, ou des matériels, l'autorité compétente peut fonder sa reconnaissance sur la conformité avec les normes NFPA ou toute autre norme appropriée. En l'absence de référentiel, la dite autorité peut demander des preuves que l'installation, les procédures ou l'utilisation sont correctes. L'autorité compétente, peut aussi s'appuyer sur les listes de référencement ou les marques délivrées par une organisation, dont le métier concerne l'évaluation de la conformité des produits, et qui est, par conséquent, en position pour évaluer la conformité des produits référencés selon les normes applicables.

A.3.2.2 Code. La qualification d'une norme en tant que « code » se fonde sur des facteurs d'appréciation, tels que le volume et la portée du document, sa vocation et son mode d'adoption et s'il contient des obligations réglementaires et des dispositions administratives.

A.3.2.3 Guide. D'autres organismes de normalisation ont une définition différente du terme *guide*.

A.3.2.4 Pratique recommandée. D'autres organismes de normalisation ont une définition différente du terme *pratique recommandée*.

A.3.2.5 Norme. D'autres organismes de normalisation ont une définition différente du terme *norme*.

A.3.3.1 Température absolue. Les échelles Celsius et Fahrenheit sont des échelles relatives et elles utilisent le mot « degrés. » Les échelles Kelvin et Rankine sont des échelles absolues, qui n'utilisent pas le terme *degré*. Le zéro absolu est la température la plus basse possible, où 0 K est égal à -273°C, et 0 R est égal à -460°F ; 273 K correspond à 0°C, et 460 R correspond à 0°F.

A.3.3.11 Incendie volontaire. La définition précise varie suivant les juridictions, au sein desquelles ce terme est défini par statut et décisions judiciaires.

A.3.3.28 Combustible. Un matériau combustible est susceptible de brûler, généralement dans l'air dans des conditions normales de température et de pression ambiantes, sauf indication contraire ; il peut y avoir combustion avec des comburants autres que l'oxygène de l'air (par ex. du chlore, du fluor, ou des produits chimiques dont la molécule contient de l'oxygène).

A.3.3.29 Explosimètre. Certains de ces appareils peuvent indiquer le pourcentage de la limite inférieure d'explosivité du mélange air-gaz.

A.3.3.61 Dynamique du feu. Voir les sources en Section B.1.

A.3.3.67 Sciences du feu. Voir les sources en Section B.2.

A.3.3.90 Chaleur. La chaleur se mesure en joules, calories, ou Btus. La chaleur ne se mesure pas en °Fou°C. Le joule est l'unité recommandée. Un joule/seconde est égal à un watt. *(Voir le paragraphe 3.3.179.)*

A.3.3.93 Énergie d'inflammation. L'énergie d'inflammation se présente sous différentes formes, et est généralement émise par un objet ou une source donnée. Par conséquent, on peut décomposer l'énergie d'inflammation en deux composantes ; (a) l'équipement produisant l'inflammation et (b) le type d'énergie calorifique concerné.

A.3.3.94 Puissance (HRR). La puissance générée par un combustible dépend de ses caractéristiques chimiques, de son état physique, et de la disponibilité du comburant ; elle est généralement exprimée en Btu/sec ou en kilowatts (kW).

A.3.3.101 Température d'inflammation. Des données référencées ont été obtenues dans des conditions d'essais spécifiques, et elles peuvent ne pas rendre compte de la température à la surface du matériau. L'inflammation par application d'une flamme pilote au-dessus de la surface chauffée est appelée température d'inflammation pilotée. L'inflammation en l'absence de source d'énergie pilote est appelée température d'auto-ignition, température d'auto-inflammation, ou température d'inflammation spontanée. La température d'inflammation, mesurée au cours d'un essai normalisé, est en principe plus faible, que la température d'inflammation au cours d'un scénario d'incendie réel.

A.3.3.116 Matériau **incombustible.** Les matériaux qui ont réussi l'essai ASTM E 136, « Standard Test Method for Behavior of Materials in a Vertical Tube Furnace at 750 Degrees C », doivent être considérés comme des matériaux incombustibles.

A.3.3.122 Surcharge. Un défaut, tel qu'un court-circuit ou un défaut de mise à la terre, n'est pas une surcharge. *(Voir aussi le paragraphe 3.3.116.)*

A.3.3.125 Plastique. Les plastiques sont généralement constitués de résines, de polymères, de dérivés cellulosiques, de caséines, ou de protéines. Les principales catégories sont les thermodurcissables et les thermoplastiques.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

A.3.3.163 Échauffement spontané. Ce phénomène résulte de l'oxydation des matériaux, souvent assisté par l'activité biologique, lorsqu'il s'agit de produits agricoles.

A.3.3.167 Température. La température la plus basse possible est le zéro absolu sur l'échelle de température Kelvin (-273° sur l'échelle Celsius). Au zéro absolu, il est impossible pour un corps d'émettre de l'énergie.

A.3.3.169 Dilatation thermique. La valeur de l'augmentation de volume par unité de température, est appelée coefficient de dilatation thermique et varie selon les matières.

A.4.1 Pour obtenir des informations supplémentaires voir les publications suivantes ; Cooke, R. A., and R. H. Ide. 1985. *Principles of Fire Investigation.* Gloucestershire, UK : Institution of Fire Engineers, pp. 135–137.

DeHaan, J. D. 1997. *Kirk's Fire Investigation.* 4th ed. Upper Saddle River, NJ : Brady/Prentice-Hall, Inc.

Kennedy, J., and P. Kennedy. 1985. *Fires and Explosions - Determining Cause and Origin.* Chicago, IL : Investigations Institute.

A.4.3.4 On peut trouver des conseils complémentaires dans l'ASTM E 678, *Standard Practice for Evaluation of Technical Data.*

A.4.3.5 Le raisonnement inductif consiste à procéder à des généralisations, à partir d'une expérience particulière. On peut commencer par ; « Toutes les pommes, que j'ai mangées, étaient sucrées. » A partir de cela, on en déduit que toutes les pommes sont sucrées. Mais la pomme suivante peut ne pas être sucrée. Le raisonnement inductif conduit à des probabilités, mais pas à des certitudes. Il constitue la base du sens commun, à partir duquel une personne agit. Il est aussi utilisé, lors des découvertes scientifiques. Les scientifiques utilisent à la fois le raisonnement inductif et le raisonnement déductif. Pour le raisonnement déductif, les scientifiques commencent par des affirmations de portée générale. Ils en déduisent des assertions spécifiques. Ils peuvent évaluer leurs assertions par des expérimentations, et ensuite, confirmer, réviser ou rejeter l'affirmation générale initiale. En utilisant seulement un raisonnement déductif, on pourrait ne pas tenir compte du retour d'expérience. En utilisant seulement un raisonnement inductif, on pourrait ne pas tenir compte de la relation entre les faits. En combinant ces deux méthodes, la science associe la théorie et la pratique.

A.4.3.6 Cet exposé est destiné à présenter les « expérimentations par la pensée », qui sont basées sur un raisonnement logique. Dans une telle expérimentation, on établit une hypothèse, et on vérifie sa compatibilité avec les données. L'exemple suivant illustre une expérimentation par la pensée ; « Si la porte était fermée au cours du feu, alors il devrait y avoir des traces en effet miroir à la surface des gonds. » Il n'est pas nécessaire de brûler la porte en position ouverte, et en position fermée et de comparer les résultats. La mise en évidence de traces avec effet miroir, associée aux connaissances de l'investigateur, permettent de tirer des conclusions sur de nombreux aspects de l'incendie, sans avoir besoin de réaliser une expérimentation réelle. Afin d'évaluer des hypothèses qui ont un sens, il faut utiliser la logique déductive pour concevoir et mettre en scène une expérimentation par la pensée.

Le raisonnement déductif consiste à tirer des conclusions, par déduction logique, à partir d'hypothèses données. Si nous commençons par accepter les phrases suivantes ; « tous les grecs portent des barbes » et « Zeno est un grec, » nous pouvons valablement conclure, « Zeno porte une barbe. » Nous considérons que les conclusions d'un raisonnement déductif sont valides, à défaut d'être vraies, car il nous faut faire une distinction claire, entre ce qui se déduit logiquement d'autres affirmations, et ce qui est réellement arrivé. Les hypothèses de départ peuvent être des articles de loi ou des suppositions. Avant de pouvoir considérer les conclusions tirées de ces hypothèses comme étant valides, nous devons montrer qu'elles sont cohérentes entre elles et avec l'hypothèse initiale. Les mathématiques et la logique constituent des exemples de disciplines, qui utilisent largement le raisonnement déductif. L'approche scientifique nécessite une combinaison des raisonnements inductifs et déductifs.

A.4.3.6.1 Vaughn, Lewis, The Power of Critical Thinking, Effective Reasoning About Extraordinary Claims, 2nd ed. Oxford University Press, New York/Oxford, 2008 ; Damer, Edward, T. Attacking Faulty Reasoning. A Practical Guide to Fallacy-Free Thinking, 4th ed., Wadsworth Thomson Learning, Belmont, CA, 2001.

Kahane, Howard and Cavender, Nancy, Logic and Contemporary Rhetoric, The Use of Reason in Everyday Life, 9th ed. Wadsworth- Thomson Learning, Belmont, CA, 2002.

A.4.3.9 Concernant la présentation d'exemples concrets sur la biais de la validation d'une hypothèse et la possibilité qui y est associée d'interpréter de façon erronée les données, voir Wason, P. C.(1960)

A.5.1.1 Les sujets abordés au chapitre 5, étant par nature des matières enseignées, les références associées à ce chapitre sont principalement des livres d'enseignement et des encyclopédies. Les références primaires sont indiquées uniquement, lorsque le sujet n'a pas encore été traité dans les livres et les encyclopédies, ou lorsque le sujet est spécifique à l'investigation incendie (ne présente pas un intérêt suffisant pour la communauté générale des sciences du feu). Les références suivantes sont des livres, portant sur les sciences de l'incendie, qui couvrent la plupart des sujets abordés au chapitre 5.

Drysdale, D. (1999), *An Introduction to Fire Dynamics*, Second Edition, John Wiley and Sons, Chichester, England.

Friedman, R. (1998), *Principles of Fire Protection Chemistry and Physics*, Third Edition, National Fire

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Protection Association, Quincy, MA.

Quintiere, J. (1998), *Principles of Fire Behavior*, Delmar Publishers, Albany, NY.

Karlsson, B., Quintiere, J. (2000), *Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press, Boca Raton, FL.

Quintiere, J. (2006), *Fundamentals of Fire Phenomena*, John Wiley and Sons, Chichester, England.

A.5.2 Les références suivantes concernent la chimie du feu ;

Drysdale, D. (2003), « Chemistry and Physics of Fire, » *NFPA Fire Protection Handbook*, 19th ed., Section 2.3.

Friedman, R. (1998), *Principles of Fire Protection Chemistry and Physics*, Third Edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Grand, A., Wilkie, C (2000), *Fire Retardancy of Polymeric Materials*, Marcel Dekker, New York.

Fire, F. (1991), *Combustibility of Plastics*, Van Nostrand Reinhold, New York.

Troitzsch, J. (2004), *Plastics Flammability Handbook*, Hanser Publishers, Munich.

Cullis, C., Hirschler, M. (1981), *The Combustion of Organic Polymers*, Clarendon Press, Oxford.

Aseeva, R., Zaikov, G. (1981), *Combustion of Polymer Materials*, Hanser Publishers, Munich.

Beyler, C. et Hirshcler M. (2002), « Thermal Decomposition of Polymers, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Beyler, C. (2002), « Flammability Limits of Premixed and Diffusion Flames, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Simmons, R. (1995), « Fire Chemistry, » *Combustion Fundamentals of Fire*, Ed. G. Cox, Academic Press, London.

A.5.2.3.4 Pour plus d'informations sur les flammes de diffusion, on peut consulter les références suivantes ; Beyler, C. (2002), « *Flammability Limits of Premixed and Diffusion Flames,* » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Babrauskas, V., (2003), Chapter 4 – Gases, *Ignition Handbook*, Fire Science Publishers, Issaquah, WA.

A.5.3 Les références qui suivent concernent les produits de la combustion ;

Mulholland, G. (2002), « Smoke Production and Properties, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Tewarson, A. (2002), « Generation of Heat and Chemical Compounds in Fires, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

A.5.4 Pour plus d'informations sur les écoulements de fluides, voir les références suivantes ;

Zukoski, E (1995), « Properties of Fire Plumes, » *Combustion Fundamentals of Fire*, Ed. G. Cox, Academic Press, London.

Kandola, B.(2002), « Introduction to Mechanics of Fluids, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Heskestad, G. (2002), « Fire Plumes, Flame Height, and Air Entrainment, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Alpert, R. (2002), « Ceiling Jet Flows, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Emmons, H. (2002), « Vent Flows, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

A.5.5 Pour plus d'informations sur les transferts thermiques, voir les références suivantes ;

Rockett, J., Milke, J. (2002), « Conduction of Heat in Solids, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Atreya, A. (2002), « Convection Heat Transfer, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Tien, C., Lee, K., Stretton, A. (2002), « Radiation Heat Transfer, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

A.5.5.2.2 Pour plus d'informations sur les caractéristiques de propagation de flammes, voir les références suivantes ;

Quintiere, J., Harkleroad, M. (1985), « New Concepts for Measuring Flame Spread Properties, » *Fire Safety Science and Engineering*, STP 882, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.

A.5.6 Pour plus d'informations sur la charge calorifique, les lots combustibles, et les propriétés des flammes, voir les références suivantes ;

Babrauskas, V., Grayson, S. (1992), eds., *Heat Release in Fires*, Elsevier Applied Science, London.

Kransny, J., Parker, W., Babrauskas, V.(2001), *Fire Behavior of Upholstered Furniture and Mattresses*, Noyes Publications, Park Ridge, NJ.

Zukoski, E (1995), « Properties of Fire Plumes, » *Combustion Fundamentals of Fire*, Ed. G. Cox, Academic Press, London.

Heskestad, G. (2002), « Fire Plumes, Flame Height, and Air Entrainment, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Association, Quincy, MA.

Babrauskas, V. (2002), « Heat Release Rates, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Gottuk, D., White, D. (2002), « Liquid Fuel Fires, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Lattimer, B. (2002), « Heat Fluxes from Fires to Surfaces, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Beyler, C. (2002), « Fire Hazard Calculations for Large, Open Hydrocarbon Fires, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

A.5.6.4.6 Pour des informations complémentaires, voir les références suivantes :

(1) Beyler, C. L., « Plumes and Ceiling Jets, » Fire Safety Journal, 1986.

(2) Hasemi, Y., et Tokunaga, T., « Some Experimental Aspects of Turbulent Diffusion Flames and Buoyant Plumes from Fire Sources Against a Wall and in a Corner of Walls, » Combustion Science and Technology, 40, pp. 1–17, 1984.

(3) Mizuno, T., et Kawagoe, K., « Burning Rate of Upholstered Chairs in the Center, Alongside a Wall and in a Corner of a Compartment, » Fire Safety Science, Proceedings of the First International Symposium, pp. 849–857, 1985.

(4) Zukoski, E. E., « Properties of Fire Plumes, » Combustion Fundamentals of Fire, Cox, Ed. G., Academic Press, London, 1995.

(5) Karlsson, B., et Quintiere, J. G., « Fire Plumes and Flame Height, » Enclosure Fire Dynamics, CRC Press, New York, 2000.

(6) Mowrer, F. W., et Williamson, R. B., « Estimating Room Temperatures from Fires Along Walls and in Corners, » Fire Technology, Vol. 23, No. 2, pp. 133–145, 1987.

(7) Back, J., Beyler, C., DiNenno, P., « Wall Incident Heat Flux Distributions Resulting from Adjacent Fire, » Proceedings of the Fourth International Symposium on Fire Safety Science, International Association of Fire Safety Science, 1994.

(8) Heskestad, G., « Fire Plumes, Flame Height, and Air Entrainment », Section 2, Chapter 1, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd ed., Ed. DiNenno, P.J.,Society of Fire Protection Engineers, National Fire Protection Association, Quincy MA, 2002.

A.5.6.4.7 Pour plus d'informations sur les longueurs de flammes sous plafond, voir Babrauskas, V., Flame Lengths Under Ceilings, *Fire and Materials* 4, 119–126 (1980).

A.5.6.6.2 La figure 5.6.6.2(c) est extraite de Beyler,C. (2002), *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno et al, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

A.5.7 On peut trouver l'analyse complète de la grande variété des modes d'inflammation, dans les références suivantes ;

Babrauskas, V. (2003), *Ignition Handbook*, Fire Science Publishers, Issaquah, WA.

Bowes, P. (1984), *Self-heating: evaluating and controlling the hazards*, Building Research Establishment, Her Majesty's Stationery Office.

Beyler, C. (2002), « Flammability Limits of Premixed and Diffusion Flames, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Gray, B. (2002), « Spontaneous Combustion and Self-Heating, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Kanury, A. (2002), « Ignition of Liquid Fuels, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Kanury, A. (2002), « Flaming Ignition of Solid Fuels, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

A.5.7.4.1.3.9 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Babrauskas, V. (2003), *Ignition Handbook*, Fire Science Publishers, Issaquah, WA.

Babrauskas, V., Gray, B. F., et Janssens, M. L., Prudent Practices for the Design and Installation of Heat-Producing Devices near Wood Materials, *Fire and Materials*, 31, pp. 125–135.

Beyler, C., Gratkowski, M., Sikorsky, J., ISFI 2006

Babrauskas, V., « Ignition of Wood, A Review of the State of the Art, » Journal of Fire Protection Engineering, 12(3), 2002, pp. 163–189.

Cuzzillo, B., Pagni, P., « The Myth of Pyrophoric Carbon, » *Fire Safety Science, Proceedings of the Sixth International Symposium*, International Association for Fire Safety Science, 2003.

A.5.7.4.1.3.10 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Wolters, F., Pagni, P., Frost, T., Cuzzillo, B., « Size Constraints on Self Ignition of Charcoal Briquets, » *Fire Safety Science, Proceedings of the Sixth International Symposium*, International Association for Fire Safety Science, 2003.

A.5.7.4.1.3.11 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Babrauskas, V., *Ignition Handbook*, Fire Science Publishers/Society of Fire Protection Engineers,

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Issaquah, WA (2003)

A.5.7.4.1.4 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Fire Protection Handbook, 19th edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2003.

A.5.7.4.1.7.2 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Babrauskas, V., et Krasny, J. F., « Upholstered Furniture Transition from Smoldering to Flaming, » *Journal of Forensic Sciences* 42, 1029–1031 (1997).

A.5.8 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Quintiere, J. (2002), « Surface Flame Spread, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Gottuk, D., White, D. (2002), « Liquid Fuel Fires, » *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Ed. P. DiNenno, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Fernandex-Pello, C. (1995), « The Solid Phase, » *Combustion Fundamentals of Fire*, Ed. G. Cox, Academic Press, London.

A.5.8.1.3.1 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Drysdale, D. Fire Dynamics, *ISFI 2006 Proceedings, International Symposium on Fire investigation Science and Technology*, National Association of Fire Investigators, Sarasota, FL, 2006.

Drysdale D. « Learning from experience - Fire Investigation in Great Britain, » Fire Engineers and Fire Prevention magazines, Institution of Fire Engineers, November 2000.

Atkinson, G., Drysdale, D. D., Wu, Y., « Fire driven flow in an inclined trench. » *Fire Safety Journal.* 25, pp. 141–158, (1995).

P. Woodburn et D. D. Drysdale, Fires in inclined trenches, Part I : The dependence of the critical angle on the trench and burner geometry, *Fire Safety Journal* 31, pp. 143–164 (1998).

P. Woodburn et D. D. Drysdale, « Fires in inclined trenches, Part II : Time dependent flow.

A.5.8.3.4 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Atreya, A. (1984), Fire Growth on Horizontal Surfaces of Wood, » *Combustion Science and Technology*, 39, pp. 163–194.

A.5.8.3.5 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Orloff, L., deRis, J., Markstein, G. (1974), « Upward Turbulent Fire Spread and Burning of Fuel Surface, » *Fifteenth Symposium (International) on Combustion*, The Combustion Institute, Pittsburgh, PA, pp. 183–192.

Wu, P., Orloff, L., Tewarson, A. (1996), « Assessment of Material Flammability with the FG propagation model and Laboratory Test Methods, » *13th Joint Panel Meeting of the UJNR Panel on Fire Research and Safety*, Gaithersburg, MD.

McGrattan, K., Hamins, A. et Stroup, D. (1998). Sprinkler, Smoke & Heat Vent, Draft Curtain Interaction - Large Scale Experiments and Model Development. Technical Report NISTIR 6196-1, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

Saito, K., Quintiere, J. G., Williams, F. A. (1986), « Upward Turbulent Flame Spread, » *Fire Safety Science. Proceedings. 1st International Symposium,* International Association for Fire Safety Science, Hemisphere Publishing Corp., New York, C. E. Grant, P. J. Pagni, eds., pp. 75–86.

Grant, G., Drysdale, D. (1995), « Numerical Modeling of Early Flame Spread in Warehouse Fires, *Fire Safety Journal*, 24(3), pp. 247–278.

A.5.9 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Thomas, P. (1995), « The Growth of Fire-Ignition to Full Involvement, » *Combustion Fundamentals of Fire*, Ed. G. Cox, Academic Press, London.

A.5.10.4.5 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Babrauskas, V., « Upholstered Furniture Room Fires-Measurements, Comparison with Furniture Calorimeter Data, and Flashover Predictions, » *Journal Fire Sciences* 2, 5–19 (1984).

Babrauskas, V., Peacock, R. D., et Reneke, P. A., « Defining Flashover for Fire Hazard Calculations. Part II. » *Fire Safety Journal* 38, 613–622 (2003).

A.5.10.6.2 Mowrer, F., Williamson, B. (1987), « Estimating Room Temperatures from Fires along Walls and in Corners, » *Fire Technology*, 23(2), pp. 133–145.

A.6.2.2.2 Pour plus d'informations, on peut consulter les publications suivantes :

Babrauskas, V. « Temperatures in Flames and Fires, » Fire Science and Technology, Inc., Issaquah, WA, 2006.

McCaffrey, B. J., *Purely Buoyant Diffusion Flames : Some Experimental Results* (NBSIR 79[not]1910). [U.S.] Natl. Bur. Stand., Gaithersburg, MD (1979).

Audoin, L., Kolb., G., Torero, J. L., et Most., J. M., « Average Centerline Temperatures of a Buoyant Pool Fire Obtained by Image Processing of Video Recordings, » *Fire Safety Journal* 24, 107–130 (1995).

Cox, G., et Chitty, R., « A Study of the Deterministic Properties of Unbounded Fire Plumes, » *Combustion and Flame* 39, 191–209 (1980).

Smith, D. A., et Cox, G., « Major Chemical Species in Turbulent Diffusion Flames, » *Combustion and Flame* 91, 226–238 (1992).

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Quintiere, J. G., *Principles of Fire Behavior*, Delmar Publishers, Albany, NY, 1998, pp. 48–49.

A.6.2.4.4 Pour plus d'informations, voir les références suivantes :

Babrauskas, V., « Wood Char Depth : Interpretation in Fire Investigations, » *Proceedings of ISFI 2004, International Symposium on Fire Investigation*, Fire Service College, Morton in Marsh, England, (June 2004).

Babrauskas, V., *Charring Rate of Wood as a Tool for Fire Investigations*, Interflam 2004, Interscience Communications, London (July 2004).

A.6.2.5 Voir Buenger, B. 2003, The Impact of Wildland and Prescribed Fire on Archaeological Resources, thesis, University of Kansas.

A.6.2.5.1.1 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Sanderson, J. L, « Tests Add Further Doubt to Concrete Spalling Theories », FireFindings, Fall. 1995 volume 3.

Khoury, G. A., « Effect of Fire on Concrete and Concrete Structures », Progress in Structural Engineering Materials 2 :229–447 (Cite in Forensic Fire Scene Reconstruction).

Canfield, D., « Causes of Spalling of Concrete at Elevated Temperatures », Fire and Arson Investigator 34, June 1984.

Schroeder, R. A, (Post Fire Analysis Of Construction Materials », Dissertation, Graduate Division, University of California, Berkeley, Spring 1999.

Midkiff, C. R., « Spalling of Concrete as an Indicator of Arson », Fire and Arson Investigator, 41, December 1990.

Beland, B., « Spalling of Concrete », Fire and Arson Investigator, 44 September 1993.

A.6.2.5.1.2 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Sanderson, J. L, « Tests Add Further Doubt to Concrete Spalling Theories, » *Fire Findings*, Fall 1995, volume 3.

Smith, F. P., « Concrete Spalling : Controlled Fire Tests and Review, » *Journal of Forensic Science* 31, 1991.

Midkiff, C. R., « Spalling of Concrete as an Indicator of Arson, » *Fire and Arson Investigator* 41, December 1990.

A.6.2.5.1.3 Voir Khoury, G. A., « Effect of Fire on Concrete and Concrete Structures, » *Progress in Structural Engineering Materials* 2, pp. 229–447.

Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Smith, F. P., « Concrete Spalling : Controlled Fire Tests and Review, » *Journal of Forensic Science* 31, 1991.

Schroeder, R. et Williamson, R. « Application of Materials Science to Fire Investigation, » *Fire and Materials*, 2001, Interscience, London, UK.

Voir Bostrom, L., « Methodology for Measurement of Spalling of Concrete, » *Fire and Materials*, 2005 Conference, Interscience, London, UK.

Voir Smith, F. P., « Concrete Spalling : Controlled Fire Tests and Review, » *Journal of Forensic Science* 31, 1991.

A.6.2.6 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

NFPA Fire Protection Handbook, 19th edition, A. E. Cote, ed., National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2003.

DeHann, J. D. *Kirk's Fire Investigation*, 5th edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2002.

Gray, H. B., et al. *Braving the Elements*. University Science Books, Sausalito, CA 1995.

A.6.2.6.4 Pour plus d'informations sur l'analyse métallurgique des métaux fondus, voir ;

Lentini, J. J., D. M. Smith, et R. W. Henderson. « Baseline Characteristics of Residential Structures Which Have Burned to Completion : The Oakland Experience, » *Fire Technology*, 28(3), 1992.

A.6.2.7 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Cooke, R. A. *Principles of Fire Investigation*, Gloucestershire, UK : The Institution of Fire Engineers, 1985, pp. 386–387.

Aston University. *Assessment of Fire Damaged Concrete Using Color Analysis*. Interflam '96, March 26–28. London : Interscience Communications Ltd.

A.6.2.8.6 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Brown, LeMay, Bursten, *Chemistry : The Central Science*, Sixth Ed, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1994.

Umland, J. B., et J. M. Bellama. *General Chemistry*, Second Edition, West Publishing Company, Saint Paul, MN, 1996.

A.6.2.8.6.1 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Beland, B., Roy, C., Tremblay, M. « Copper-Aluminum Interaction in Fire Environments, » *Fire Technology*, Volume 19, No. 1, pp. 22–30, February 1983.

Beland, B. « Behaviour of Electrical Contacts Under Fire Conditions, » *Fire and Arson Investigator*, Vol. 38, No. 1, September 1987.

Fire Findings. « Alloying Helps Explain How Some Materials Melt at Temps Lower Than Expected, » *Fire Findings*, Vol. 4, No. 4, pp. 1–3, Fall 1996.

A.6.2.8.6.2 Voir A.6.2.8.6.1.

A.6.2.8.6.3 Voir A.6.2.8.6.1.

A.6.2.9 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Specification for the Design, Fabrication, and Erection of Structural Steel for Buildings. New York : American

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Institute of Steel Construction, 1978.

Manual of Steel Construction : Load and Resistance Factor Design. Third Ed. Chicago : American Institute of Steel Construction, 2001.

Dill, F. H. « Structural Steel after a Fire, » *Proceedings of the 1960 National Engineering Conference.* Chicago : American Institute of Steel Construction.

Lie, T. T. *Fire and Buildings.* London : Applied Science, 1972.

Malhotra, H. L. *Design of Fire-resistant Structures.* New York : Chapman et Hall, 1982.

Hamarthy, T. Z. ASTM STP 422, *Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated Solids.* Philadelphia : American Society for Testing and Materials, 1967.

Kirby, B. R. et Preston, R. R. High Temperature Properties of Hot-Rolled Structural Steels for Use in Fire Engineering Design Studies. London : British Steel Corp., 1988.

Larsson, T. et Pettersson, O. *Buckling of Fire-Exposed Steel Columns, Partially Restrained with Respect to Longitudinal Expansion.* Lund, Sweden : Division of Structural Mechanics and Concrete Construction, Lund Institute of Technology, 1974.

Thomas, G. « Thermal Properties of Gypsum Plasterboard at High Temperatures. » Wellington, New Zealand : Victoria University of Wellington. *Fire and Materials* 26(1), 37–45, January/February 2002.

A.6.2.10 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 3rd Ed, P. J. DiNenno, ed. Bethesda, MD : Society of Fire Protection Engineers, 2002.

Kramps, N. « Damage Control - Limiting Secondary Losses After Fire. » *Fire Prevention*, Dec. 1987, pp. 26–29.

A.6.2.10.3 Pour plus d'informations sur la recherche concernant l'agglomération accoustique des suies sur les détecteurs de fumée voir les références suivantes :

Worrell, C. L., Roby, R. J., Streit L., et Torero, J. L., « Enhanced Deposition, Acoustic Agglomeration, and Chladni Figures in Smoke Detectors, » Fire Technology, 37, 343-362, (USA : Kluwer Academic Publishing, 2001).

Worrell, C.L., Lynch, J.A., Jommas, G., Roby, R.J., Streit, L., et Torero, J.L., « Enhanced Soot Deposition, Acoustic Agglomeration, and Chladni Figures in Smoke Detectors, » Fire Technology, 39, 309-346, 2003.

Kennedy, Patrick M., Kennedy, Kathryn C., et Gorbett, Gregory E., « A Fire Analysis Tool – Revisited : Acoustic Soot Agglomeration in Residential Smoke Alarms, » InterFlam 2004 Proceedings, InterScience Communications, London, 2004.

Phelan, Patrick. An Investigation of Enhanced Soot Deposition on Smoke Alarm Horns. M. S. Thesis, Worcester Polytechnic Institute. 2004.

Mealy, C.L., et Gottuk, D.T., « Full-Scale Validation Tests of a Forensic Methodology to Determine Smoke Alarm Response, » ISFI 2008 Proceedings, International Symposium on Fire Investigation Science and Technology, NAFI, Sarasota, FL, 2008.

Les photos des figures 6.2.10.3(a) à 6.2.10.3(d) sont tirées des travaux de recherche en laboratoire publiés dans Kennedy, P.M., Kennedy, K.C., et Gorbett, G.E., « A Fire Analysis Tool – Revisited : Acoustic Soot Agglomeration in Residential Smoke Alarms, » InterFlam 2004 Proceedings, InterScience Communications, London, 2004.

A.6.2.12 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Chu Nguong, Ngu. « Calcination of Gypsum Plasterboard under Fire Exposure, » *Fire Engineering Research Report* 04/6, May 2004.

Lawson, J. *An Evaluation of Fire Properties of Generic Gypsum Board Products*, (NBSIR 77-1265). Center for Fire Research, NIST, Washington DC, 1977.

McGraw, J et Mower, F. *Flammability of Painted Gypsum Wallboard Subjected to Fire Heat Fluxes*, Interflam 99 Proceedings, Interscience Communications Ltd. London, 1999.

Mower, F. *Calcination of Gypsum Wallboard in Fire.* Presentation at NFPA World Fire Safety Congress, Anaheim, CA May 2001.

Posey, J. E. et Posey, E. P. « Using Calcination of Gypsum Wallboard to Reveal Burn Patterns, » *Fire and Arson Investigator* 33, March 1983, pp. 17–19.

Schroeder, R. et Williamson, R. « Application of Materials Science to Fire Investigation, » *Fire and Materials* 2001, Interscience, London, UK.

A.6.2.12.1.3 Kennedy, P., Kennedy, K., Hopkins, R. *Depth of Calcination Measurement in Fire Origin Analysis*, Proceedings of the Fire and Materials Conference 2003, Interscience Communications, London, 2003.

A.6.2.13 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Babrauskas, V. *Glass Breakage in Fires.* Issaquah, WA : Fire Science and Technology Inc., 2005.

Keski-Rahkonen, O. « Breaking of Window Glass Close to Fire, » *Fire and Materials*, 12(2), June 1988, pp. 61–69.

Lentini, J. « Behavior of Glass at Elevated Temperature, » *Journal of Forensic Science*, Vol. 37, No. 5, Sept 1992, 1358–1362.

Lentini, J. J., Smith, D. M., Henderson, R. W. « Baseline Characteristics of Residential Structures Which Have Burned to Completion : The Oakland Experience, » *Fire Technology*, NFPA, 1992 : pp. 195–214.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Mowrer, F. P., *Window Breakage Induced By Exterior Fires*. NIST-GCR-98-751, Washington, DC : U.S. Dept. of Commerce, June, 1998.

Skelly, M. J., Roby, R. J., Beyler, C. L. « Experimental Investigation of Glass Breakage in Compartment Fires, » *Journal of Fire Protection Engineering*, 3(1), March 1991 : pp. 25–34.

A.6.2.14 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ; American Society for Metals, *Glossary of Metallurgical Terms and Engineering Tables*. Material Park, OH : ASM International, 1985.

Lentini, J., et al., « Baseline Characteristics of Residential Structures Which Have Burned to Completion : The Oakland Experience. » *Fire Technology* 28, August 1992 pp. 195–214.

Tobin, W. et Monson, K. « Collapsed Springs in Arson Investigations : A Critical Metallurgical Evaluation, » *Fire Technology* 25, November 1989, pp. 317–335.

A.6.2.17 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Bohnert, M., Rost, T. et Pollack, S. « The Degree of Destruction of Human Bodies in Relation to the Duration of the Fire, » *Forensic Science International* 95, pp. 11–21, 1998.

Pope, E. J., O. C. Smith, et T. G. Huff, « Exploding Skulls and Other Myths About How the Human Body Burns, » *Fire and Arson Investigator*, vol 54, #4, April 2004.

Pope, E. J., O. C. Smith. « Identification of Traumatic Injury in Burned Cranial Bone : An Experimental Approach, » *Journal of Forensic Science*, May 2004, vol 49, #3.

Smith, O. C. et Pope, E. J. *Burning Extremities : Patterns of Arms, Legs, and Preexisting Trauma*. Presentation Lecture, American Academy of Forensic Sciences (AAFS) 55th Annual Meeting, Chicago, February 17–22, 2003.

SFPE. « Engineering Guide to Predicting 1st and 2nd Degree Skin Burns, » Bethesda, MD : SFPE Task Group on Engineering Practices, Society of Fire Protection Engineers, 2000.

A.6.3.2.1 Pour plus d'informations, voir Beyler, C., « Fire Plumes and Ceiling Jets », *Fire Safety Journal*, 11, 1986, pp. 53–75 et Lattimer, B. Y., « Heat Fluxes from Fires to Surfaces. » *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd ed., P. J. DiNenno, ed. NFPA, Quincy, MA, 2002.

A.6.3.2.2.3 Pour plus d'informations, voir les sources référencées à la section B.3.

A.6.3.3.2.2 Pour plus d'informations sur les flux rayonnés critiques des revêtements de sols, voir la NFPA 253, *Standard Method of Test for Critical Radiant Flux of Floor Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source*, Chapter 5, ainsi que le NFPA *Fire Protection Handbook,* 19th edition, Section 12, Chapter 3.

Voir aussi Fang, J. B., et J. N. Breese, *Fire Development in Basement Rooms*. Gaithersburg, MD : NIST, 1980.

A.7.1 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Brannigan, F. L., Building Construction for the Fire Service, 3rd Ed., NFPA Journal, 1992.

NFPA 220, Standard on Types of Building Construction, 2006 edition.

A.8.1 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

NFPA 70, *National Electrical Code®*, 2008 edition.

NFPA 77, Recommended Practice on Static Electricity, 2007 edition.

National Electrical Code Handbook, Quincy, MA : NFPA, 2008.

Beland, B. « Considerations on Arcing as a Fire Cause, » *Fire Technology* 18, No. 2 (1982) : 188–202.

Beland, B. « Electrical Damages - Cause or Consequence? » *Journal of Forensic Science* 29 (3) (July 1984) : 747–761.

Beland, B. « Examination of Electrical Conductors Following Fire, » *Fire Technology* 16, No. 4 (1980) : 252–258.

Beland, B., C. Roy, et M. Tremblay. « Copper-Aluminum Interactions in Fire Environments, » *Fire Technology* 19, No. 1 (February 1983) : 22–30.

Cahill, P. L., et J. H. Dailey. U.S. Department of Transportation. *Aircraft Electrical Wet-Wire Arc Tracking*, DOT/FAA/CT-88/4. Washington, DC : Federal Aviation Administration, August 1988.

Campbell, F. J. *Flashover Failures from Wet-Wire Arcing and Tracking*. NRL Memorandum Report 5508. Washington, DC : Naval Research Laboratory, December 17, 1984.

Campbell, J. A., National Advisory Committee for Aeronautics. *Appraisal of the Hazards of Friction-Spark Ignition of Aircraft Crash Fires*, Technical Note 4024. Cleveland, OH : Lewis Flight Propulsion Laboratory, May 1957.

Ettling, B. « Ignitibility of PVC Electrical Insulation by Arcing, » *IAAI Oregon Chapter Newsletter* 1, No. 4 (March 1997).

Ettling, B. « The Overdriven Staple as a Fire Cause, » *Fire and Arson Investigator*, March 1994.

Ettling, B. « Arc Marks and Gouges in Wires and Heating at Gouges, » *Fire Technology* 17, No. 1 (1981) : 61–68.

Ettling, B. « Glowing Connections, » *Fire Technology* 18, No. 4 (1982) : 344–349.

Bustin, W. M., et W. G. Duket. *Electrostatic Hazards in Petroleum Industry*. Research Studio Press, July 1983.

Mil-Std–202F, *Test Method for Electronic and Electrical Components*. « Method 301, Dielectric

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Withstand Voltage. » U.S. Department of Defense Military Test Standard, 1998.

Mil-Std–202F, *Test Method for Electronic and Electrical Components*. « Method 302, Insulation Resistance. »

API 2214, *Spark Ignition Properties of Hand Tools*, American Petroleum Institute, 1989.

API 2216, Ignition Risk of Hydrocarbon Vapors by Hot Surfaces in the Open Air, 2nd edition, American Petroleum Institute, 1991.

API RP 2003, Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents, American Petroleum Institute, 1991.

A.8.3.1 Pour plus d'informations, voir la NFPA 70, *National Electrical Code®*, 2008 edition, ou la NFPA *National Electrical Code Handbook*, 2008 edition.

A.8.7.4 Voir la figure 8.10.6.2.2 montrant une photographie de conducteur en aluminium fondu et re-solidifié.

A.8.9.4.5 Des informations supplémentaires sur les arcs électriques, à travers les matières carbonisées, peuvent être trouvées dans les publications suivantes ;

Campbell, F. J. Flashover Failures from Wet-Wire Arcing and Tracking, 1984, et dans Cahill, P. L., et J. H. Dailey, Aircraft Electrical Wet-Wire Arc Tracking, Washington, DC : FAA, 1988.

Babrauskas, V. « Mechanisms and Modes for Ignition of Low-voltage, PVC- insulated Electrotechnical Products, » *Fire and Materials* 30 (2006) : pp. 150–174.

Babrauskas, V., *Ignition Handbook*, Fire Science Publishers/Society of Fire Protection Engineers, Issaquah WA, 2003.

A.8.10.2 Pour plus d'informations, voir Beland, B. « Considerations on Arcing as a Fire Cause, » et Beland, B. « Electrical Damages - Cause or Consequence? »

A.8.10.3 Pour plus d'informations, voir Beland, « Considerations on Arcing as a Fire Cause, » et Beland, B. « Electrical Damages - Cause or Consequence? »

A.8.10.3.4 Pour plus d'informations, voir *IEEE Transactions*, IEEE Industrial and Commercial Power System Conference, Detroit, MI, 1971.

A.8.10.4 Pour plus d'informations, voir Ettling, B. « Glowing Connections, » *Fire Technology* 18(4) (1982) : 344–349.

A.8.10.5 Pour plus d'informations, voir Beland, B. « Examination of Electrical Conductors Following Fire, » *Fire Technology* 16(4) (1980) : 252–258.

A.8.10.6.3 Pour plus d'informations, voir Beland, B. et al. « Copper-Aluminum Interactions in Fire Environments, » *Fire Technology* 19(1) (February 1983) : 22–30.

A.8.10.6.4 Pour plus d'informations, voir Ettling, B.» Arc Marks and Gouges in Wires and Heating at Gouges, » *Fire Technology* 17(1) (1981) : 61–68.

A.8.11.8 Pour plus d'informations, voir Ettling, B., « The Overdriven Staple as a Fire Cause, » *Fire Arson Investigator*, March 1994, et Ettling, B. « Ignitibility of PVC Electrical Insulation by Arcing, » *IAAI Oregon Chapter Newsletter*, 1997.

A.8.12.2.2 Pour plus d'informations sur l'électricité statique et les liquides inflammables, voir API RP 2003, *Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents,* 1991.

A.8.12.2.4 Pour plus d'informations sur les transferts de charges, voir 5.6.10, 1996 edition of NFPA 30, *Flammable and Combustible Liquids Code* ; Annex B of NFPA 385, *Standard for Tank Vehicles for Flammable and Combustible Liquids*, 2007 edition ; API RP 1004, *Bottom Loading and Vapor Recovery for MC-306 Tank Motor Vehicles*, 2003 ; et API RP 2013, *Cleaning Mobile Tanks in Flammable or Combustible Liquid Service,* 1991.

A.8.12.3 Pour plus d'informations, voir la NFPA 77, *Recommended Practice on Static Electricity*, 2007 edition.

A.8.12.4 Pour plus d'informations, voir la NFPA 77, *Recommended Practice on Static Electricity*, 2007 edition.

A.8.12.8 Pour plus d'informations, voir la NFPA *Fire Protection Handbook,* Section 3, Chapter 3, 18th edition.

A.9.1 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Liquefied Petroleum Gases Handbook, 2nd (1989) edition.

National Fuel Gas Code Handbook, 4th (1999) edition.

American Gas Association. *Gas Engineers Handbook.* New York : Industrial Press, 1965.

O'Loughlin, J. R., et C. F. Yokomoto. « Computation of One-Dimensional Spread of Leaking Flammable Gas. » *Fire Technology* 25, No. 4 (November 1989) : 308–316.

Rabinkov, V. A. « The Distribution of Flammable Gas Concentrations in Rooms. » *Fire Safety Journal* 13 (1988) : 211–217.

NFPA 54, *National Fuel Gas Code*, 2006 edition.

NFPA 58, Liquefied Petroleum Gas Code, 2008 edition.

Gas odorization technology :

The Gas Odorization Manual, American Gas Association, 1996. Il s'agit d'une mise à jour de la section sur l'ajout d'une odeur aux gaz du *Gas Engineers Handbook.*

Wilson, G. G., et A. A. Attari, eds. *Odorization III*, Institute of Gas Technology, Chicago, IL (1993).

Jacobus, O. J., et J. S. Roberts. « What Constitutes Adequate Odorization of Fuel Gases? » *IGT Odorization Symposium* 1995, IGT, 1995.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Andreen, B. H., et R. L. Kroencke. « Stability of Mercaptans Under Gas Distribution System Conditions, » *American Gas Journal* 48 May 1965.

Andreen, B. H., et R. L. Kroencke. « Stability of Mercaptans Under Gas Distribution System Conditions, » *Proceedings of the American Gas Association*, 136, 1964.

Campbell, I. D., N. A. Chambers, et O. J. Jacobus. « The Chemical Oxidation of Ethyl Mercaptan in Steel Vessels, » *IGT Odorization Symposium* 1994, IGT, 1994.

Campbell, I. D. « Factors Affecting Odorant Depletion in LPG, » *Proceedings Symposium on LP-Gas Odorization*, 28, 1989.

Campbell, I. D. « Odorant Depletion in Portable Cylinders, » *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1990.

Holmes, S. A., P. B. Van Benthuysen, D. C. Lancaster, et M. A. Tiller. « Laboratory and Field Experience with Ethyl Mercaptan Odorant in Propane, » *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1990.

Kopidlansky, R. « Odorant Conditioning of New Distribution Systems, » *IGT Odorization Symposium* IGT, 1995.

Sanders, R. « OSHA and DOT Odorization Regulations, » *IGT Odorization Symposium*, IGT, 1995.

Johnson, J. L. « 1965 Report on Project PB-48, Stability of Odorant Compounds, » *Proceedings of the 1966 AGA Distribution Conference*, American Gas Association, 1966.

Johnson, S. J. « Ethyl Mercaptan Odorant Stability in Stored Liquid Propane, » *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1989.

McHenry, W. B., et H. M. Faulconer. « Summary Report on Odorant Investigations, » *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1, 1990.

Roberts, J. S., et D. W. Kelly, « Selection and Handling of Natural Gas Odorants. » In Wilson and Attari, eds. *Odorization III*, 29, IGT, 1993. *Proceedings of the Symposium of LP-Gas Odorization*, 1989 and 1990. Des copies peuvent être obtenues auprès du National Propane Gas Association or the Gas Processors Association.

Echantillonnage et analyse des gaz de pétrole liquéfié par tubes réactifs ;

ASTM D 5305, Standard Test for Determination of Ethyl Mercaptan in LP-Gas Vapor, 1992.

ASTM D 1265, Standard Method for Sampling Liquefied Petroleum (LP) Gases, 1982.

Adsorption des substances odorantes par le sol ;

Nomura, K., et R. Organ. « Reaction of LP-Gas Odorants and Soils, » *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 76, 1990.

Parlman, R. M., et R. P. Williams. « Penetrabilities of Gas Odorant Compounds in Natural Soils, » *Proceedings of the AGA Distribution Conference*, May 6, 1979.

Sullivan, F. « New Gas Odorants. » In G. G. Wilson et A. A. Attari, eds., *Odorization III* 209, IGT, 1993.

Tarman, P. B., et H. R. Linden. « Soil Adsorption of Odorant Compounds, » *IGT Research Bulletin* #33 July 1, 1961.

Williams, R. P. « Soil Penetrabilities of Natural Gas Odorants, » *Pipeline and Gas Journal*, March 1976.

A.9.2 On peut trouver des informations supplémentaires, sur les propriétés des gaz inflammables dans la NFPA *Liquefied Petroleum Gases Handbook*, 1995, et la NFPA *National Fuel Gas Code Handbook*, 2003.

A.9.3.1 Pour plus d'informations, voir le Title 49, Code of Federal Regulations, Part 178, « Specifications for Packagings. »

A.9.4.1.1 Pour plus d'informations, voir l'ASME *Boiler and Pressure Vessel Code.* New York, NY : American Society of Mechanical Engineers, 1995.

A.9.4.1.2 Pour plus d'informations, voir l'ASME *Boiler and Pressure Vessel Code.* New York, NY : American Society of Mechanical Engineers, 1995.

A.9.7.1.3 Pour plus d'informations, voir l'U.S. Consumer Products Safety Commission Working Group on Gas Voluntary Standards, *Position Paper on Gas Water Heaters to Prevent Ignition of Flammable Vapors.*

A.9.8 Pour plus d'informations, voir l'American Gas Association, *Gas Engineers Handbook.* New York, NY : Industrial Press, 1965.

A.9.9.3.8 Pour plus d'informations, voir Kennedy, P., et J. Kennedy, *Explosion Investigation and Analysis.* Chicago, IL : Investigations Institute, 1990.

A.9.9.4.3 Pour plus d'informations, voir la NFPA Liquefied Petroleum Gases Handbook, et la NFPA National Fuel Gas Code Handbook.

A.9.9.7 Pour plus d'informations, voir l'American Gas Association, *Gas Engineers Handbook.* New York, NY : Industrial Press, 1965.

A.9.9.7.2 Voir les références énumérées à la Section B.6.

A.10.1 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Bryan, J. L. An Examination and Analysis of the Dynamics of Human Behavior in MGM Grand Hotel Fire. Quincy, MA : National Fire Protection Association, 1983.

« Kentucky State Police Investigative Report to the Governor, Beverly Hills Supper Club Fire. » Frankfurt : Kentucky State Police, 1977.

SFPE. « Behavioral Response to Fire and Smoke. » In *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, ed. P. DiNenno. Quincy, MA : National Fire Protection

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Association, 2002.

Bryan, J. L. « A Study of the Survivors' Reports on the Panic in the Fire at Arundel Park Hall, Brooklyn, Maryland, on January 29, 1956. » Fire Protection Curriculum, University of Maryland, College Park, MD, 1957.

Latine, R., et J. M. Darley. *Journal of Personality Social Psychology* 10(215), 1968.

A.10.3.2.1 Voir Latine, R. et J. M. Darley, *Journal of Personality Social Psychology* 10 (215), 1968.

A.10.3.2.2 Voir Bryan, « A Study of the Survivor's Reports on the Panic in the Fire at Arundel Park Hall, Brooklyn, Maryland, on January 29, 1956. » Fire Protection Curriculum, University of Maryland, College Park, MD, 1957.

A.10.3.3.4 Pour plus d'informations, voir J. L. Bryan. NFPA *Fire Protection Handbook*, 19th ed., Section 8, Ch. 1, Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2003.

A.11.1 Même si de nombreuses lois et concepts fondamentaux sont similaires au Canada, il existe également des différences significatives. L'investigateur devrait être prudent sur l'application de la réglementation présentée dans ce chapitre, à des enquêtes régies par la loi canadienne. Pour une présentation des procédures légales et des textes relatifs à la preuve, traités dans ce chapitre, et applicables au Canada, voir T. D. Hewitt, *Fire Loss Litigation in Canada : A Practical Guide.* Toronto : Carswell, current edition.

Pour plus d'informations, voir les références suivantes :

Hewitt, T. D. *Fire Loss Litigation in Canada : A Practical Guide.* Toronto : Carswell, current edition.

Black, H. C., *Black's Law Dictionary*, 8th edition, West Pub. Co., 2004.

A.11.5.1 Les articles 701, 702 and 703 du *Code fédéral de procédures civiles* figurent ci-après :

Article 701. Témoignages des profanes

Si un témoin ne dépose pas, en tant qu'expert, la déposition de ce témoin, sous forme d'avis ou d'interprétations, est limitée aux avis ou interprétations qui sont (a) fondés de façon rationnelle sur la perception de faits par le témoin, (b) intéressants pour éclairer la déposition du témoin ou pour déterminer un fait faisant débat, sans être basés sur des connaissances scientifiques, techniques ou relatives à une autre discipline spécialisée.

Article 702. Témoignages des experts

Si des connaissances scientifiques, techniques, ou relatives à une autre discipline spécialisée sont susceptibles de permettre, au juge des faits d'interpréter un indice ou de déterminer une question faisant débat, un témoin qualifié en tant qu'expert par ses connaissance, ses compétences, son expérience, sa formation, ou son niveau d'études, peut apporter son témoignage, à condition que (1) le témoignage se base de façon suffisante sur des faits ou des données fiables, (2) le témoignage résulte de principes et de méthodes fiables, et (3) que le témoin ait appliqué, les principes et les méthodes, aux faits relatifs à l'affaire, de manière fiable.

Article 703. Fondements des avis d'experts

Les faits ou les données relatives à une affaire particulière, sur lesquels un expert fonde un avis ou une interprétation, peuvent être ceux relevés ou portés à la connaissance de l'expert pendant ou avant l'audition. Si les faits ou les données, sur lesquels se basent les experts sont suffisamment fiables, pour permettre de formuler un avis ou une interprétation, ces faits ou ces données n'ont pas besoin d'être déclarés recevables comme preuve, pour que l'avis ou l'interprétation le soit. Si, au contraire les faits ou les données sont irrecevables, ils ne devront pas être divulgués aux jurés, par celui qui défend un avis ou une interprétation, à moins que leur valeur probatoire ne dépasse substantiellement leur effet préjudiciable. *[Federal Rules of Civil Procedure : 701–703]*

A.12.1 Pour des informations supplémentaires, relatives aux exigences ou à la formation en matière de sécurité, voir la réglementation locale, au niveau de l'état, ou la loi fédérale relative à la santé et à la sécurité au travail, ainsi que Munday, J. W.*Safety at Scenes of Fire and Related Incidents.* London : Fire Protection Association, 1994.

Donahue, M. « Safety and Health Guidelines for Fire and Explosion Investigators, » Stillwater, OK : Fire Protection Publications, International Fire Service Training Association, Oklahoma State University, 2002.

A.12.1.1 NTIS Publication number PB-94-195047, May 1994.

A.12.1.1.1 Des exemples de telles études sont décrits du A.12.1.1.1(A) au (C).

(A) En 1998, le département incendie de Phoenix (Arizona) a mené une étude complète de contrôle en continu de l'air ambiant afin de caractériser les expositions auxquelles sont soumis les pompiers au cours des opérations de déblai. L'étude a montré que de nombreux produits toxiques étaient présents dans l'air ambiant lors des opérations de déblai et que la concentration de ces toxiques dépassait la limite autorisée sur les lieux de travail : occupational permissible exposure limits (PELs) (note de traduction : équivalent de la VLE en France : Valeur Limite d'Exposition sur les lieux de travail). Les chercheurs ont démontré qu'en l'absence du port de protection respiratoire, les pompiers étaient exposés à ces substances chimiques irritantes, asphyxiantes, et cancérigènes. (B) Une étude de la National Fire Protection Association a dénombré une moyenne de 4585 blessures par an dues à l'inhalation de fumée et de gaz, et à une détresse respiratoire chez les pompiers entre 1996 et 2006.

(C) En 2006, des chercheurs du collège de médecine, de

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

l'université de Cincinnati, ont réuni des données issues de plus de 32 études qui portaient sur la propension des pompiers à développer des cancers et ont trouvé que ceux-ci étaient probablement exposé au risque de développer un cancer à myélome multiple, un lymphome non-Hodgkinien, et des cancers de la prostate et des testicules.

A.12.3.3.2 Pour plus d'informations, voir ;

« Who sets the rules for electrical testing and safety? » Initialement publié par Fluke Corporation et cités de la Bibliothèque technique Cole-Parmer http ://www.coleparmer.com/techinfo/pring.asp ?htmlfile=fluke_electricalsafety.htm&=293 accessed December 9, 2006.

Fire Fighter Fatality Investigation Report F99-28 - CDC/NIOSH, aussi accessible à l'adresse suivante : http ://www.cdc.gov/niosh/fire/reports/face9928.html on December 9, 2006.

NJ Face Investigation Report 04-NJ-059, date du 4 October 2005.

A.12.4.1 La figure A.12.4.1 constitue un exemple de trame d'analyse des dangers et des risques.

A.12.4.2.1 OSHA Model Plans and Programs for the OSHA Bloodborne Pathogens and Hazard Communications Standards. OSHA Publication 3186-06N, (2003). Également disponible en version PDF 521 KB, 29 pages. Constitue un modèle de programme sur les communications à risques disposant d'un format facile à mettre en œuvre pour l'adapter aux besoins spécifiques de votre établissement.

A.13.1 Pour des modèles de formulaires utilisables, pour recueillir les déclarations des témoins et les informations relatives à l'assurance, et pour enregistrer toute autre information ou document, présentant un intérêt pour l'investigation incendie, voir la NFPA 906, *Guide for Fire Incident Field Notes*, Form 906.6 (Witness Statement) ; Form 906.10 (Insurance Information) ; and Form 906.11 (Records/Documents).

A.14.1 U.S. Bureau of Mines, Fire and Explosion Manual for Aircraft Accident Investigations, AD-771191, August 1973.

U.S. Bureau of Mines, Investigation of Fire and Explosion Accidents in the Chemical Mining and Fuel-Related Industries - A Manual, Report 680, Kuchta, 1985.

Smith, D. W. « Firefighter's Role and Responsibility in Preserving the Fire Scene and Physical Evidence, » *The Times*, NFPA Fire Service Section (3), September 1995, p. 6.

A.14.6 Pour un modèle de formulaire utilisable pour recueillir les informations relatives au suivi de l'affaire, voir la NFPA 906, *Guide for Fire Incident Field Notes*, Form 906.0 (Case Supervision). Ce formulaire d'enregistrement peut aider l'investigateur à garder une trace de la progression des investigations, notamment ce qui a été fait ; ce qui doit être fait ; ainsi que les missions, les dates, et toute autre information utile pour gérer l'affaire.

Pour des informations complémentaires, voir Icove et al., *Combatting Arson for Profit.* Columbus, OH : Battelle Press, 1980.

A.15.1 Pour des modèles de Formulaires utilisables, pour enregistrer les photographies, qui ont été prises, et pour réaliser des schémas de la scène, voir la NFPA 906, *Guide for Fire Incident Field Notes*, Form 906.8 (Photograph) and Form 906.9 (Sketch). La NFPA 170, *Standard for Fire Safety and Emergency Symbols*, 2006 edition, propose des symboles utiles pour réaliser des schémas sur une scène d'incendie ou d'explosion. On peut également trouver des informations utiles dans le chapitre « Formats for Fire Hazard Inspecting, Surveying, and Mapping, » du NFPA *Fire Protection Handbook*, 19th edition, Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2003

A.15.3.2 Les figures A.15.3.2(a) à A.15.3.2(i) proposent des exemples de modèles de formulaires utilisables pour le recueil des données.

A.15.4.4(D) Il existe de nombreux documents, tel que la NFPA 170, *Standard for Fire Safety and Emergency Symbols*, 2006 edition, qui peuvent être utiles.

A.15.4.6.4 Des informations supplémentaires peuvent être obtenues en contactant des organismes spécialisés, tels que le Construction Specifications Institute (CSI), 601 Madison Street, Alexandria, VA 22314-1791.

A.15.5 Pour des informations supplémentaires voir Smith, Dennis W., « Must Fire Investigators Prepare a Written Investigation Report? » *NFPA Fire Journal*, May/June 2005, p. 65.

A.16.1 Pour des modèles de formulaires utilisables pour enregistrer les constats sur site, voir la NFPA 906, *Guide for Fire Incident Field Notes*, Form 906.1 (Fire) ; Forms 906.2a, 906.2b, et 906.2c (Structure Fire) ; Form 906.3 (Motor Vehicle) ; Form 906.4 (Wildland Fire) ; et Form 906.5 (Casualty).

ASTM E 860, Standard Practice for Examining and Testing Items That Are or May Become Involved in Product Liability Litigation, 1997.

ASTM E 1188, Standard Practice for Collection and Preservation of Information and Physical Items by a Technical Investigator, 1995.

ASTM E 1459, Standard Guide for Physical Evidence Labeling and Related Documentation, 1992.

IAAI, A Pocket Guide to Accelerant Evidence Collection. Massachusetts Chapter, 1992.

IAAI Forensic Science Committee. « Position on Comparison Samples. » *Fire and Arson Investigator* 41 (2) December 1990.

A.16.2.2 Pour des informations supplémentaires voir l'ASTM Standard E 860, Standard Practice for Examining and Testing Items that are or May Become Involved in Litigation, 1997 ; ASTM E 1188 Standard

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Practice for Collection and Preservation of Information and Physical Items by a Technical Investigator, 1995 ; ASTM E 1492, Standard Practice for Receiving, Documenting, Storing, and Retrieving Evidence in a Forensic Science Laboratory, 1992 ; and ASTM E 1459, Standard Guide for Physical Evidence Labeling and Related Documentation, 1992.

A.16.3 Pour plus d'informations, voir Smith, D.W.» Firefighter's Role and Responsibility in Preserving the Fire Scene and Physical Evidence, » *The Times, NFPA Fire Service* 3, September 1995, p. 6.

A.16.4.2 Pour plus d'informations, voir Massachusetts Chapter of International Association of Arson Investigators, *A Pocket Guide to Accelerant Evidence Collection*, 2007.

A.16.5.1.2 Pour plus d'informations, voir l'ASTM Standard E 860, Standard Practice for Examining and Testing Items that are or May Become Involved in Litigation, 1997 ; ASTM E 1188, Standard Practice for Collection and Preservation of Information and Physical Items by a Technical Investigator, 1995 ; ASTM E 1492, Standard Practice for Receiving, Documenting, Sorting, and Retrieving Evidence in a Forensic Science Laboratory, 1992 ; et l'ASTM E 1459, Standard Guide for Physical Evidence Labeling and Related Documentation, 1992.

A.16.5.4.6 Pour plus d'informations, voir IAAI Forensic Science Committee, « Position on Comparison Samples, » *Fire and Arson Investigator*. Vol. 41, No. 2 (December 1990).

A.16.5.4.7 Voir l'IAAI Forensic Science Committee, « Position on The use of Accelerant Detection Canines, » Fire and Arson Investigator, 45, No 1 (September 1994).

NAFI Trame d'analyse des dangers et des risques

Lieu :	Date :	Analyse réalisée par :	
Concerne : Analyse de la sécurité générale sur site			
Type de danger	Risque	Mesure de maîtrise du risque	
A. Dangers courants	FMF	Travaux ou équipements permettant de maîtriser le risque à la source	Procédures / EPI
B. Dangers dus à la structure du bâtiment			
C. Dangers électriques			
D. Dangers chimiques			
E. Dangers biologiques			
F. Dangers dus aux équipement mécaniques			

FIGURE A.12.4.1 Exemple de trame d'analyse des dangers et des risques

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

ENREGISTREMENT SUR SITE APRÈS UN SINISTRE INCENDIE

Service :_____ Dossier N°:_____

TYPE DE SITE

Lieu/ Adresse						
Description du bien	Bâtiment	Residentiel	Commercial	Véhicule	Forêt	Autre
Autre information pertinente						

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Indiquer les données météorologiques intéressantes					
	Visibilité	Humidité relative	Coordonnées GPS	Altitude	Orage
	Température	Direction du vent	Vitesse du vent	Précipitations	

PROPRIÉTAIRE

Nom			Date de naissance
Nom d'usage professionnel (si applicable)			
Adresse			
Téléphone	Domicile	Travail	Portable

OCCUPANT

Name			Date de naissance
Nom d'usage professionnel (si applicable)			
Adresse fixe			
Adresse provisoire			
Téléphone	Domicile	Travail	Portable

DÉCOUVERT PAR

Sinistre découvert par	Nom		Date de naissance
Adresse			
Téléphone	Domicile	Travail	Portable

© 2008 National Fire Protection Association

NFPA 921 (p. 1 of 2)

FIGURE A.15.3.2(a) Formulaire type pour le recueil des informations relatives au sinistre

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

ENREGISTREMENT SUR SITE APRÈS UN SINISTRE INCENDIE (suite)

DossierN° :_____

DÉCLARÉ PAR

Sinistre déclaré par	Nom		Date de naissance
Adresse			
Téléphone	Domicile	Travail	Portable

LANCEMENT DE L'ENQUÊTE

Date et heure de la demande	Date de la demande	Heure de la demande
Enquête demandée par	Service	Nom de contact/N° téléphone
Demande enregistrée par	Service	Nom de contact/N° téléphone

INFORMATIONS RELATIVES À LA SCÈNE DE SINISTRE

Arrivée sur site	Date		Heure		Remarques		
Site sécurisé	Oui	Non	Service chargé de la sécurité		Mode de surveillance		
Autorisation pour pénétrer	Exigences		Accord		Mandat		
			écrit	verbal	Adminis-tratif	Criminel	Autre
Départ sur site	Date		Heure		Remarques		

AUTRES SERVICES CONCERNÉS

	Dept. or Agency Name	Affaire n°	Nom de contact/N° téléphone
Primary Fire Department			
Secondary Fire Department(s)			
Law Enforcement			
Private Investigators			

AUTRES REMARQUES

© 2008 National Fire Protection Association NFPA 921 (p. 2 of 2)

FIGURE A.15.3.2(a) ***suite***

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

CONSTATS SUR VICTIMES

Service : _____ Date du sinistre : _____ Affaire n°: _____

IDENTIFICATION

Nom : _____ Date de naissance : _____ Sexe/Race: _____
Adresse : _____ Téléphone: _____
Autres signes distinctifs : _____
Vêtements et bijoux : _____
Profession : _____ Lieu de travail : _____
État marital : _____
Médecin traitant: _____ Dentiste : _____
Fumeur: ❑ Oui ❑ Non ❑ Inconnu

TRAITEMENT DES BLESSURES

Soins sur site : ❑ Oui ❑ Non Par : _____
Transporté à : _____ Commentaires : _____

GRAVITÉ DES BLESSURES

❑ Mineure ❑ Moyenne ❑ Grave ❑ Mortelle
Décrire les blessures : _____

PARENT PROCHE

Nom : _____ Adresse : _____ Téléphone: _____
Lien de parenté : _____ Prévenu le ___ /___ /_____ Par : _____

INFORMATIONS RELATIVES AU DÉCÈS

Où la victime a-t-elle été découverte : _____
Qui a découvert la victime : _____
Position du corps lors de la découverte : _____
Description de la victime : _____
Corps enlevé par : _____ À destination de : _____
Photographed in place: ❑ Yes ❑ No Significant blood present under/near victim: ❑ Yes ❑ No

MÉDECIN LÉGISTE/CORONER

Service : _____
Date d'examen : ___ /___ /_____ Lieu: _____
Autopsie demandée : ❑ Oui ❑ Non Autopsy terminée : ❑ Oui ❑ Non Copie jointe : ❑ Oui ❑ Non
Radiographie du corps entier : ❑ Oui ❑ Non Autre radiographie : _____
Identification réalisée à partie de : ❑ Apparence physique ❑ Empreinte dentaires ❑ Empreinte de doigts
❑ Comparaison avec des blessures antérieures ❑ Autre: _____
État de la trachée : _____
Traces de blessures ayant précédé l'incendie : ❑ Oui ❑ Non Type/lieu : _____
Prise d'échantilons de sang : ❑ Oui ❑ Non Autres échantillons prélevés : _____
Concentration en CO : _____ Alcool dans le sang : _____ Autre : _____
Cause du décès : _____

COMPLÉTER LE SCHÉMA DU CORPS AU VERSO

© 2008 National Fire Protection Association
NFPA 921 (p. 1 of 2)

FIGURE A.15.3.2(b) Formulaire type pour le recueil des données relatives aux victimes

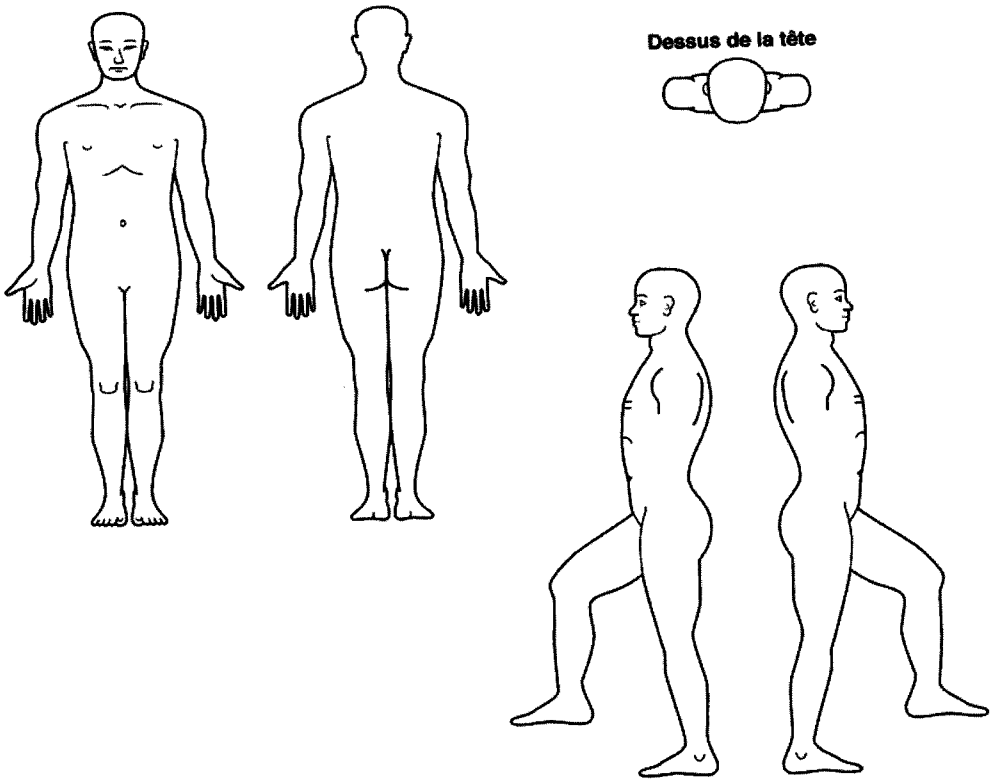
© Tous droits réservés- Reproduction interdite

CONSTATS SUR VICTIMES (suite)

REMARQUES

SCHÉMA DU CORPS

Indiquer les parties du corps blessées : ❑ Aucune ❑ Cloques (marques rouges) ❑ Brûlures (marques noires)



fiche de renseignement sur enquête incendie /Dossier : _____ Initiales: _____

Schéma du corps

© 2008 National Fire Protection Association

NFPA 921 (p. 2 of 2)

FIGURE A.15.3.2(b) ***suite***

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

CONSTATS SUR FEUX DE FORÊTS

Agency: _____ File number: _____

DESCRIPTION DU BIEN

Dommages causés par l'incendie : o Moins d'un acre _____ Nb d'acres	Autres biens concernés :
Sécurité : o Ouvert o Clôturé o Barrière verrouillée	Remarques :

FACTEURS D'INFLUENCE SUR LA PROPAGATION DU FEU

Type de feu : o Sol o Cimes	Facteurs : o Vent o Terrain	Remarques :

ZONE DE DÉPART DE FEU

PRÉSENCE HUMAINE DANS LA ZONE

Au moment du feu : o Oui o Non o Indéterminé	Remarques :

CHRONOLOGIE D'INFLAMMATION

Énergie d'inflammation :

Matière enflammée :

Facteur influent :

Si équipement concerné : Marque : Modèle : N° de série :

Remarques :

© 2008 National Fire Protection Association NFPA 921 (p. 1 of 1)

FIGURE A.15.3.2(c) Formulaire type pour le recueil des constats sur feux de forêts

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

ENREGISTREMENT DES PRÉLÈVEMENTS

Affaire n°: _____

Date du sinistre : ___/___/___ Lieu de conservation : _____

Élément n°	Description	Emplacement		
_____	_____	_____	Détruit	Libéré
_____	_____	_____	Détruit	Libéré
_____	_____	_____	Détruit	Libéré
_____	_____	_____	Détruit	Libéré
_____	_____	_____	Détruit	Libéré
_____	_____	_____	Détruit	Libéré
_____	_____	_____	Détruit	Libéré
_____	_____	_____	Détruit	Libéré
_____	_____	_____	Détruit	Libéré
_____	_____	_____	Détruit	Libéré

dans quel état étaient les prélèvements reçus ? Date de réception : ___/___/___ Date d'entreposage : ___/___/___

❑ Prélevé sur site par l'enquêteur.

❑ Adressé à l'enquêteur par : _____
Nom, société ou département

Transporté par : ❑ UPS ❑ FedEx ❑ Avion ❑ Courrier ❑ Remis en mains propres ❑ Transporteur _____
Nom du transporteur

❑ Autre : _____
Expliciter

_____ _____
Reçu par Enquêteur chargé de l'affaire

IDENTIFICATION DU SITE DE PRÉLÈVEMENT

_____ _____
Propriétaire État Code postal Téléphone

_____ _____
Société Adresse 2

_____ _____
Adresse 1 Commune

_____ _____
Commune État Code postal Téléphone

© 2008 National Fire Protection Association NFPA 921 (p. 1 of 2)

FIGURE A.15.3.2(d) Formulaire type pour le recueil de prélèvements.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

ENREGISTREMENT DES PRÉLÈVEMENTS (suite)

EXAMEN INTERNE

Enquêteur	Date de retrait	Date d'examen	Date de retour

DESTRUCTION DE PRÉLÈVEMENT

Autorisé par Date

Autorisation de l'enquêteur Date

Détruit par Date

LIBÉRATION DE PRÉLÈVEMENT

Signature de la personne recevant le prélèvement

Personne recevant le prélèvement (écrire en capitales SVP) Date

Société

Adresse

Commune État Code postal

Autorisé par Date

Autorisation de l'enquêteur Date

Libéré par

REMARQUES

EXAMEN PAR DES TIERS

Nom Date de l'examen

Société

Adresse

Commune État Code postal Téléphone

Autorisé par

Autorisation de l'enquêteur Date

Nom Date de l'examen

Société

Adresse

Commune État Code postal Téléphone

Autorisé par

Autorisation de l'enquêteur Date

Nom Date de l'examen

Société

Adresse

Commune État Code postal Téléphone

Autorisé par

Autorisation de l'enquêteur Date

© 2008 National Fire Protection Association

NFPA 921 (p. 2 of 2)

FIGURE A.15.3.2(d) *suite*

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

CONSTATS SUR VÉHICULE

Affaire n° _____ Dossier n° _____
Assuré _____
Adresse (commune, État) _____
Localisation du sinistre _____
_____
Véhicule volé ? o Oui o Non Retrouvé par _____
Rapport de police _____
N° des clés _____ Système d'alarme ? o Oui o Non
Clés cachées? o Oui o Non Emplacement _____

Date du sinistre _____
Date de la désignation _____
Date de réception _____
Date de l'inspection _____
Lieu de l'inspection _____
Durée de l'inspection _____
Rapport incendie _____
Type d'alarme _____

VÉHICULE
Marque _____ Modèle _____ Année _____
N° d'immatriculation _____ Compteur _____

EXTÉRIEUR

Pneus	Type de pneu	Type de roue	Profondeur du relief de la bande de roulement	Jantes	Manquant
Av. g.					
Ar. g.					
Ar. d.					
Av. d.					
R. secours					

Portes	Vitres O/N	Vitre levée/baissée	Verrouillé O/N	Ouvert/Fermé	Dommage antérieur
Av. g.					
Av. d.					
Ar. d.					
Ar. g.					

Panneaux de carrosserie	Configuration	État	Dommage antérieur
Pare-chocs av.			
Calandre			
Aile av. g.			
Arrière-gauche			
Pare-chocs ar.			
Arrière-droit			
Aile av. d.			
Capot			
Toit			
Coffre			

SOUS LE CAPOT	Intact	Manquant	Pièces manquantes	État
Moteur				
Batterie				
Courroies et durites				
Faisceau de câbles				
Accessoires				

LIQUIDES	Niveau	État	Prélèvement
Huile			
Transmission			
Radiateur			
de direction assistée			
Frein			
Embrayage			

NFPA 921 (p. 1 of 2)

ATS 851B, 8/97

FIGURE A.15.3.2(e) Formulaire type pour l'enregistrement des constats sur véhicule. ***(Source : Applied Technical Services, Inc.)***

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

CONSTATS SUR VÉHICULE (suite)

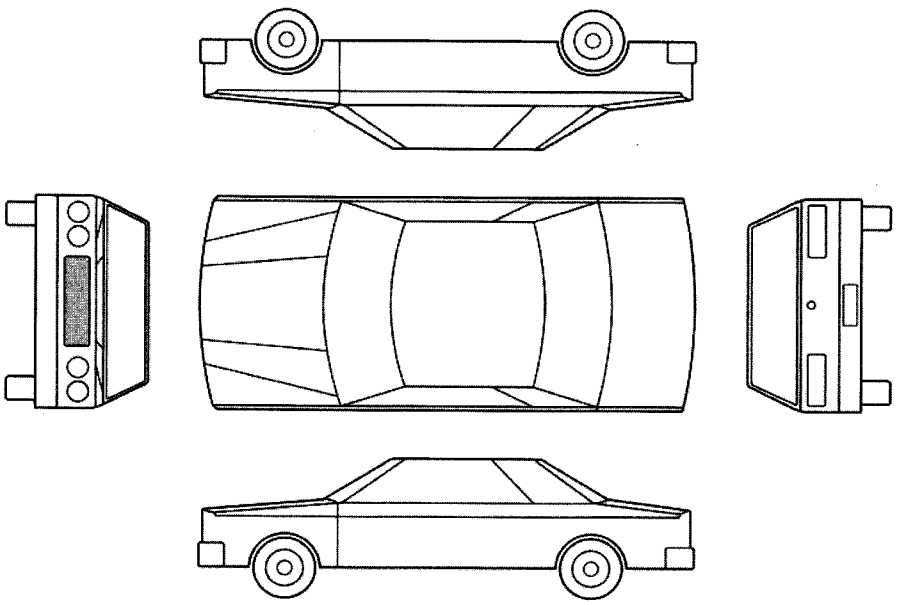
Affaire n° _____

INTÉRIEUR	Intact	Manquant	Pièces manquantes	État
Tableau de bord				
Boîte à gants				
Colonne de direction				
Système d'allumage				
Sièges avant				
Sièges arrière				
Plage arrière				
			Marque/Modèle	
Chaîne stéréo				
Hauts-parleurs				
Accessoires				
CAISSE			**Prélèvement**	
AvG				
ArG				
ArD				
AvD				

EFFETS PERSONNELS À L'INTÉRIEUR

COFFRE OU HAILLON

ÉLÉMENTS INSTALLÉS NONS DÉCRITS CI-AVANT



ATS 851B, 8/97

NFPA 921 (p. 2 of 2)

FIGURE A.15.3.2(e) *suite*

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

ENREGISTREMENT DES PHOTOGRAPHIES

Pellicule n°: _____ Nombre de poses : _____

Affaire n° : _____ Date: _____

Marque/type d'appareil-photo : _____ Type de film : _____ Vitesse: _____ ASA : _____

Numéro	Description	Localisation
1)		
2)		
3)		
4)		
5)		
6)		
7)		
8)		
9)		
10)		
11)		
12)		
13)		
14)		
15)		
16)		
17)		
18)		
19)		
20)		
21)		
22)		
23)		
24)		
25)		
26)		
27)		
28)		
29)		
30)		
31)		
32)		
33)		
34)		
35)		
36)		

Photos prises par : _____ Initiales: _____

© 2008 National Fire Protection Association NFPA 921 (p. 1 of 1)

FIGURE A.15.3.2(f) Formulaire type pour l'enregistrement des photographies

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

CONSTATS SUR COFFRET ÉLECTRIQUE

Localisation du feu :	Date:	Affaire n°
Emplacement du coffret :	Section conducteur principal :	Fusibles : ☐ Disjoncteur : ☐

RANGÉE GAUCHE

#	Calibre	Référence circuit	État
1	—		—
3	—		—
5	—		—
7	—		—
9	—		—
11	—		—
13	—		—
15	—		—
17	—		—
19	—		—
21	—		—
23	—		—
25	—		—
27	—		—
29	—		—

Remarques :

RANGÉE DROITE

#	Calibre	Référence circuit	État
2	—		—
4	—		—
6	—		—
8	—		—
10	—		—
12	—		—
14	—		—
16	—		—
18	—		—
20	—		—
22	—		—
24	—		—
26	—		—
28	—		—
30	—		—

Remarques :

Enregistré par : _____

© 2008 National Fire Protection Association

NFPA 921 (p. 1 of 1)

FIGURE A.15.3.2(g) Formulaire type pour l'enregistrement des constats sur coffret électrique.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

FEU DE BÂTIMENT

Service : _____ Affaire n° : _____

TYPE DE BÂTIMENT

Résidentiel	Habitation individuelle	Habitation collective	Commercial	Gouvernemental
Établissement de culte	Établissement scolaire	Autre :		
Âge estimé :	Hauteur (étages) :	Longueur :	Largeur :	

TYPE D'OCCUPATION

Présence des occupants au moment du feu ? ❑ Oui ❑ Non	Absence des occupants au moment du feu ❑ Oui ❑ Non	Inoccupé au moment du feu ? ❑ Oui ❑ Non
Nom de la dernière personne à avoir quitté les lieux avant l'incendie :	Date et heure de présence dans le bâtiment :	Sortie par quelle porte/issue :
Remarques :		

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Type de fondations	Sous-sol		Vide sanitaire		Dalle		Autre :
Matériau	Maçonnerie		Béton		Pierre		Autre :
Revêtement extérieur	Bois	Brique/ Pierre	Vinyl	Bitume	Métal	Béton	Autre :
Toiture	Bitume	Bois	Tuiles	Métal			Autre :
Type d'ossature	Ossature légère	Structure en un seul tenant	Ossature résistante	Ordinaire	Résistante au feu	Incombus-tible	Autre :

SYSTÈMES D'ALARME/DE PROTECTION INCENDIE/ DE PROTECTION CONTRE LA MALVEILLANCE

Sprinkleurs ❑ Oui ❑ Non	Colonnes sèches ❑ Oui ❑ Non	Security camera(s) ❑ Oui ❑ Non
Détecteurs de fumée ❑ Oui ❑ Non	Liaisons filaires ❑ Oui ❑ Non	Batterie ❑ Oui ❑ Non
Les batteries étaient-elles présentes ? ❑ Oui ❑ Non	Emplacement(s)	
Clefs cachées ❑ Oui ❑ Non où :	Barreaux de sécurité aux fenêtres ? ❑ Oui ❑ Non	aux portes ? ❑ Oui ❑ Non
Remarques :		

© 2008 National Fire Protection Association NFPA 921 (p. 1 of 2)

FIGURE A.15.3.2(h) Formulaire type pour l'enregistrement des informations relatives aux feux de bâtiments.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

FEUX DE BÂTIMENT (suite)

ÉTAT DES PORTES ET DES FENÊTRES

Portes	Verrouillées		Non verrouillées mais fermées	Ouvertes
	Effraction ? o Oui o Non		Qui est l'auteur de l'effraction si connu	
Fenêtres	Verrouillées	Non verruillées mais fermées	Ouvertes	Fracturées
	Fracturées par les premiers inervenants? o Oui o Non		Remarques :	

OBSERVATIONS PAR LE SERVICE INCENDIE

Nom du premier intervenant :	Service :
Observations générales :	
Élément ayant gêné l'intervention :	Rapport du premier intervenant joint ? o Oui o Non

ÉNERGIE ET FLUIDES

Électricité	o alimenté o Coupé o Non alimenté	o Aérienne o Souterraine	
	Compagnie :	Contact :	Téléphone :
Combustible	o Alimenté o coupé o Non alimenté	o Gaz naturel o GPL o FOD	
	Compagnie :	Contact :	Téléphone :
Eau	Compagnie :	Contact :	Téléphone :
Téléphone	Compagnie :	Contact :	Téléphone :
Autre	Compagnie :	Contact :	Téléphone :

COMMENTAIRES :

© 2008 National Fire Protection Association NFPA 921 (p. 2 of 2)

FIGURE A.15.3.2(h) ***suite***

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

MODÉLISATION D'UN FEU DE LOCAL

Local n° _____ Activité _____

Dimensions (faire un schéma si possible) Mur/Sol/Plafond

Dispositions constructives

Longueur _____ _____

Largeur _____ _____

Hauteur _____ _____

Matériau représentant plus de 10 % d'une paroi ou d'un revêtement de mur, de sol ou de plafond (notamment épaisseur, densité), et autre caractéristique connue du matériau)

Matériau mur ou paroi Pourcentage de surface concernée

_____ _____

_____ _____

_____ _____

Matériau plafond

_____ _____

_____ _____

Matériau de sol ou de revêtement de sol

_____ _____

_____ _____

Portes, fenêtres et autres ouvertures [indiquer toutes les hauteurs à partir du sol. Si le seuil de la porte est au niveau du sol, indiquer zéro (0).]

Ouvertures	Haut	Bas	Largeur	Changements intervenus au cours du feu (de quelle nature ?)[1]

[1] Par exemple : "Bris de vitre à 10:33" ou "Porte fermée jusqu'à ouverture par les occupants pour évacuer, tenue fermée ensuite – Heure de sortie : 10:30."

© 2008 National Fire Protection Association NFPA 921 (p. 1 of 2)

FIGURE A.15.3.2(i) Formulaire type de recueil de données pour la modélisation d'un feu de local.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

MODÉLISATION D'UN FEU DE LOCAL (suite)

Chauffage, climatisation et ventilation. Comprend les flux d'air des systèmes de climatisation. Indiquer les débits et l'emplacement des entrées et des sorties d'air dans le local, ainsi que les dimensions et les types de conduits et de bouches.

Étanchéité des murs, des fenêtres fermées, des ajustements de portes, etc. (à moins d'un jour important, classer en très étanche, moyennement étanche, peu étanche. Si l'étanchéité est faible, essayer de préciser les dimensions, le nombre et l'emplacement des fissures, etc.)

Portes

Fenêtres

Murs intérieurs

Murs extérieurs

Développement du feu (liste des événements significatifs relatifs au développement du feu)

Temps (réel ou estimé)	Événement
par ex., 1:10 du matin	canapé en feu, heuteur de flamme : 3 ft.
1:17 du matin	flashover dans le local
1:19 du matin	rideau de flammes dans le couloir
1:23 du matin	émission de fumée par la fenêtre du troisième étage

Description des éléments combustibles à l'état initial

Description	Taille	Matériau
par ex., canapé	grand modèle	polyurethanne recouvert de coton

Source d'ignition envisagée(indiquer la source d'ignition si elle est connue, en qualifiant le niveau de confiance.)

Source d'ignition : ex., cigarette

Niveau de confiance : probable

© 2008 National Fire Protection Association

NFPA 921 (p. 2 of 2)

FIGURE A.15.3.2(i) ***suite***

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

A.16.5.4.7.2 Pour plus d'informations, voir Kurz et al., « Evaluation of Canines for Accelerant Detection at Fire Scenes » ; DeHaan, « Canine Accelerant Detection Teams : Validation and Certification » ; et Tindall et Lothridge, « An Evaluation of 42 Accelerant Detection Canine Teams. »

A.16.5.4.7.4 Voir Lentini, J.J., J.A. Dolan, et C. Cherry. « The Petroleum-Laced Background. » *Journal of Forensic Science* 45 (5) (2000) : 968–989.

A.17.4.2 Pour plus d'informations sur l'analyse de la direction des flammes et de la chaleur, voir les références suivantes ;

Shanley, J. H. Jr. ; Alletto, W. C. ; Corry, R. ; Herndon, J. ; Kennedy, P. M. ; et Ward, J. ; « Federal Emergency Management USFA Fire Burn Pattern Tests. » Report of the United States Fire Administration Program for the Study of Fire Patterns, FA 178 ; p. 221 July 1997.

Kennedy, J. et P. Kennedy. *Fires and Explosions - Determining Cause and Origin.* Chicago : Investigations Institute, 1985, pp. 442–444.

Shanley, J., et P. Kennedy. « Program for Study of Fire Patterns, » Annual Conference on Fire Research (Gaithersburg, Maryland : National Institute of Standards and Technology (NIST), Building and Fire Research Laboratory (BFRL), 1992).

Kennedy, P. et J. Shanley, « Report on the USFA Program for the Study of Fire Pattern, » Interflam '96 Proceedings (London : Interscience Communications, 1996), pp. 971–975.

Kennedy, P. « NFPA 921, 'Heat and Flame Vector Analysis,' and Current Fire Pattern Analysis Research, » Interflam '99 Proceedings. London : Interscience Communications, 1999, pp. 1311–1316.

Icove, D. et J. DeHaan, *Forensic Fire Scene Reconstruction.* Upper Saddle River, NJ : Pearson/Prentice Hall, 2004, pp. 102–105.

DeHaan, J. *Kirk's Fire Investigation*, 6th ed., Upper Saddle River, NJ : Pearson/Prentice Hall, 2007, p. 238.

A.17.4.5.1 On a plus de chance de mettre en œuvre cette procédure de façon satisfaisante, aux endroits où les circuits sont installés de façon radiale, et que les installations en « amont » et en « aval » sont clairement identifiables. A certains endroits comme au Royaume-Uni, les circuits sont généralement posés en un système de « cercle ». Dans les systèmes de type cercle, la cartographie des arcs électriques reste utile, pour évaluer une hypothèse de lieu de départ de feu, mais certaines données chronologiques, peuvent ne pas être évidentes. « L'amont » et « l'aval » peuvent également être difficiles à distinguer dans les cas, où les conducteurs sont alimentés en retour du fait d'une erreur de câblage, ou du fait de la présence d'un onduleur comportant des batteries.

A.18.3.4 Voir l'ASTM G145-08, Standard Guide for Studying Fire Incidents in Oxygen Systems, et NFPA 430, Code for the Storage of Liquid and Solid Oxidizers.

A.18.6.4.1 Les exemples de références bibliographiques comprennent notamment les suivantes :

(1) FIREDOC, une bibliothèque en ligne sur l'incendie maintenue par le NIST Building and Fire Research Lab (http ://fris2.nist.gov/starweb/FireDoc/servlet.starweb?path=FireDoc/firedoc.web)

(2) The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, fourth edition, DiNenno, P.J. (ed.), 2008 (disponible auprès de la Society of Fire Protection Engineers et de la NFPA).

(3) Les sites web de l'International Association of Fire Safety Science (http ://iafss.org/) comprennent tous les recueils de conférences des symposiums et toutes les notes de recherche sur l'incendie, accessibles en ligne. Les notes de Recherche sur l'incendie sont les enregistrements exhaustifs des recherches menées par la Fire Research Station UK (FRS) sur la période allant de 1952 à 1978 et couvrant tous les aspects de la sécurité incendie et explosion.

A.18.6.5 Pour plus d'information, voir les références suivantes : Smith, Dennis W., « The Pitfalls, Perils and Reasoning Fallacies of Determining the Fire Cause in the Absence of Proof : The Negative Corpus Methodology, » ISFI Proceedings 2006, International Symposium on Fire Investigation Science and Technology, National Association of Fire Investigators, Sarasota, FL, 2006, pp. 313-325 ; and, The National Fire Investigator, Spring 2007, NAFI, p.4-11.

A.18.6.5.2 Pour plus d'information, voir les références suivantes : Smith, Dennis W., « The Pitfalls, Perils and Reasoning Fallacies of Determining the Fire Cause in the Absence of Proof : The Negative Corpus Methodology, » ISFI Proceedings 2006, International Symposium on Fire Investigation Science and Technology, National Association of Fire Investigators, Sarasota, FL, 2006, pp. 313-325 ; and, The National Fire Investigator, Spring 2007, NAFI, p.4-11.

A.19.1 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

ANSI Z535.4, Product Safety Signs and Labels, 1998.

ANSI Z535.5, Accident Prevention Tags, 1998.

UL 969, Standard for Marking and Labeling Systems, 1995.

FMC Corporation, FMC Product Safety Sign and Label System Manual.

A.20.1 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Kimamoto, H., et E. J. Henley. Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists. IEEE Press, 1996.

Méthodes d'essai feu :

NFPA 253, Standard Method of Test for Critical Radiant Flux of Floor Covering Systems Using a

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Radiant Heat Energy Source, 2006 edition.

ASTM D 56, Standard Test Method for Flash Point by Tag Closed Tester, 2002.

ASTM D 92, Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup, 2002.

ASTM D 93, Standard Test Method for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester, 2002.

ASTM D 1230, Standard Test Method for Flammability of Apparel Textiles, 2001.

ASTM D 1310, Standard Test Method for Flash Point and Fire Point of Liquids by Tag Open-Cup Apparatus, 2001.

ASTM D 1929, Standard Test Method for Determining Ignition Température of Plastics, 2001.

ASTM D 2859, Standard Test Method for Flammability of Finished Textile Floor Covering Materials, 1993.

ASTM D 3065, Standard Test Methods for Flammability of Aerosol Products, 2001.

ASTM D 3828, Standard Test Methods for Flash Point by Small Scale Closed Tester, 2002.

ASTM D 4809, Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter (Precision Method), 2000.

ASTM D 5305, Standard Test Method for Determination of Ethyl Mercaptan in LP-Gas Vapor, 1997.

ASTM E 84, Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials, 2003.

ASTM E 108, Standard Test Method for Fire Tests of Roof Coverings, 2000.

ASTM E 119, Standard Methods of Tests of Fire Endurance of Building Construction and Materials, 2000.

ASTM E 603, Standard Guide for Room Fire Experiments, 2001.

ASTM E 648, Standard Test Method for Critical Radiant Flux of Floor-Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source, 2000.

ASTM E 659, Standard Test Method for Autoignition Température of Liquid Chemicals, 2000.

ASTM E 681, Standard Test Method for Concentration Limits of Flammability of Chemicals, 2001.

ASTM E 800, Standard Guide for Measurement of Gases Present or Generated During Fires, 2001.

ASTM E 906, Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products, 1999.

ASTM E 1226, Test Method for Pressure and Rate of Pressure Rise for Combustible Dusts, 2000.

ASTM E 1352, Standard Test Method for Cigarette Ignition Resistance of Mock-up Upholstered Furniture Assemblies, 2002.

ASTM E 1353, Standard Test Methods for Cigarette Ignition Resistance of Components of Upholstered Furniture, 2002.

ASTM E 1354, Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter, 2003.

ANSI/UL 263, Standard for Safety Fire Tests of Building Construction and Materials, 2003.

A.20.3.1 Pour plus d'informations sur les arbres de défaillances, voir la NFPA *Fire Protection Handbook,* 18th ed., pp. 37–41 ; NFPA 550, *Guide to the Fire Safety Concepts Tree*, 2007 edition ; et Kimamoto et Henley, *Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists*, Ch. 4.

A.20.4.1.6 Pour un exemple de document V&V de modèle feu, voir *Engineering Guide-Evaluation of the Computer Fire Model DETACT-QS*, Society of Fire Protection Engineering, Bethesda, MD, 2002.

A.20.4.7 Pour des informations supplémentaires sur l'analyse de l'évacuation, voir la Section B.7.

A.20.4.8 Les analyses et les modèles relatifs à la dynamique de l'incendie sont abordés de façon plus approfondie dans la NFPA *Fire Protection Handbook,* et dans *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering.*

A.20.5.2 La figure A.15.3.2(i) propose des exemples de modèles de formulaires utilisables pour le recueil des données, à des fins de modélisation de feux de locaux.

A.21.1 Les références de la Section B.8 sont intéressantes, en ce qu'elles apportent des informations techniques complémentaires sur les explosions de bâtiments ou de réservoirs. Pour plus d'informations, voir les références suivantes :

ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, 2007.

Baker, W. E. *Explosion Hazards and Evaluations.* Amsterdam–New York : Elsevier Publishers, 1983.

Baker, W. E., et M. J. Tang. *Gas, Dust, and Hybrid Explosions.* Amsterdam–New York : Elsevier Publishers, 1991.

Bartknecht, W. *Dust Explosions.* Berlin–New York : Springer-Verlag, 1989.

Bartknecht, W. *Explosions - Course Prevention Protection.* New York : Springer-Verlag, 1980.

Best, R., et W. L. Walls. « Hot Water Heater BLEVE in School Kills Seven. » *Fire Journal* 76, No. 5 (September 1982) : pp. 20–24 et 104–105.

Bodurtha, F. T. *Industrial Explosion Prevention and Protection.* New York : McGraw Hill, 1980.

Cashdollar, K., et M. Hertzberg. *Explosibility and Ignitibility of Plastic Abrasive Media.* Internal Report No. 4657, June 1987.

Center for Chemical Process Safety. *Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud*

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Explosions, Flash Fires and BLEVEs. Washington, DC : American Institute of Chemical Engineers, 1994.

Chemical Propulsion Information Agency. *Hazards of Chemical Reactants and Propellants*, CPIA 394, September 1984.

Eckhoff, R. K. *Dust Explosions in the Process Industries*. Butterworth–Heineman, 1997.

Fleischmann, C. M., P. J. Pagni, et R. B. Williamson, « Exploratory Backdraft Experiments, » *Fire Technology* 29(4), 1993.

Fleischmann, C. M., P. J. Pagni,, et R. B. Williamson. « Quantitative Backdraft Experiments, » *4th International Symposium on Fire Safety Science*, International Association for Fire Safety Science, 1994.

Gottuk, D. T., M. J. Peatross, J. P. Farley, et F. W. Williams, « The Development and Mitigation of Backdraft : A Real-Scale Shipboard Study, » *Fire Safety Journal*, 33(4), November 1999.

Gottuk, D. T., F. W. Williams, et J. P. Farley. « The Development and Mitigation of Backdrafts : A Full-Scale Experimental Study, » *Fire Safety Science-Proceedings of the Fifth International Symposium*, International Association of Fire Safety Science, 1997.

Gugan, K. *Unconfined Vapor Cloud Explosions*. Houston, TX : Gulf Publishing, 1978.

Harris, R. J. The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plants. London and New York : E&FN Spoon, Ltd., 1983.

Hertzberg, M., et K. Cashdollar. « Domains of Flammability and Thermal Ignitibility for Pulverized Coals and Other Dusts ; Particle Size Dependence and Microscopic Residue Analyses. » *19th Symposium on Combustion*. Combustion Institute, 1982, pp. 1169–80.

Institute of Makers of Explosives. *Glossary of Commercial Explosives Industry Terms*. Washington, DC : Safety Library Publications, No. 12, 1985.

Kennedy, P., et J. Kennedy. *Explosion Investigation and Analysis*. Chicago, IL : Investigations Institute, 1990.

National Fire Academy, Open Learning Fire Service Program. *Fire Dynamics Course Guide/Reader, Unit 4 - Explosions*. Emmitsburg, MD : National Emergency Training Center.

Nettleton, M. A. *Gaseous Detonations ; Their Nature, Causes and Control*. New York : Routledge, Chapman and Hall, 1987.

NFPA 68, Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting, 2008 edition.

NFPA 69, Standard on Explosion Prevention Systems, 2008 edition.

NFPA 654, Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids, 2006 edition.

Prugh, R. W. « Quantitative Evaluation of 'BLEVE' Hazards, » *Journal of Fire Protection Engineering* 3(1) (March 1981).

Stull, D. R. « Fundamentals of Fire and Explosion, »AICHE Monograph Series 73(10), 1977.

Title 49, Code of Federal Regulations, Part 178, « Specification for Packagings, » U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

U.S. Army Technical Manual, TM 5-1300, Revision 1, « Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions, » Washington, DC : U.S. Government Printing Office.

USBM. Fire and Explosion Manual for Aircraft Accident Investigations. Washington, DC : U.S. Bureau of Mines, 1973.

USBM. Investigation of Fire and Explosion Accidents in the Chemical Mining and Fuel-Related Industries - A Manual. Washington, DC : U.S. Bureau of Mines, 1985.

USBM. Pressure Development in Laboratory Dust Explosions. Washington, DC : U.S. Bureau of Mines.

USBM. *Preventing Ignition of Dust Dispersion by Inerting*, Report of Investigations 6543. Washington, DC : U.S. Bureau of Mines, 1964, p. 12.

Walls, W. J. « Just What Is a BLEVE? » *Fire Journal* 72(6) (November 1978) : 46–47.

Yallop, J. *Explosion Investigation*. Harrogate, UK : Forensic Science Society Press, 1980.

Zabetakis, M. G. Flammability Characteristics of Combustible Gases and Vapors, Bulletin 627, 1965.

Zalosh, R. « Explosion Protection, » *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. Quincy, MA : Society of Fire Protection Engineers, 1995, Section 2, Chapter 5.

A.21.2 Pour plus d'informations, voir la NFPA *Fire Protection Handbook*, 19th ed., Section 1, Chapter 6.

A.21.2.2 Pour plus d'informations sur les BLEVEs, voir les publications suivantes ; Walls, W. J. « Just What Is a BLEVE? » *Fire Journal* 72(6) (November 1978) : 46–47 et Best, R. et W. L. Walls, « Hot Water Heater BLEVE in School Kills Seven, » *Fire Journal* 76(5) (September 1982) : 20–24 et 104–105.

A.21.2.3 Pour plus d'informations, voir la NFPA *Fire Protection Handbook*, 19th ed., Section 1, Chapter 6.

A.21.3.2 Pour plus d'informations, voir Kennedy, P., et J. Kennedy. *Explosion Investigation and Analysis*. Chicago, IL : Investigations Institute, 1990.

A.21.4.3.2 Pour plus d'informations sur les boules de feu, voir : Lees' Loss Prevention in the Process Industries, 16.15 Fireballs, Babrauskas, Vytenis, Ignition Handbook, p.524-527.

A.21.5.3 Pour plus d'informations, voir les références suivantes : Bartknecht, W. Explosions - Course Prevention Protection. New York, NY : Springer-Verlag, 1980.

NFPA 68, Standard on Explosion Protection by

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Deflagration Venting, 2008 edition.

Zalosh, R. « Explosion Protection, » The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Quincy, MA NFPA, 1995.

A.21.5.4 Pour plus d'informations,voir la NFPA 68, Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting, 2007 edition.

A.21.7.3 Des informations supplémentaires peuvent être trouvées dans Yallop, J. *Explosion Investigation.* Harrogate, UK : Forensic Science Society Press, 1980.

A.21.8.1 Pour plus d'informations, voir la NFPA 77, *Recommended Practice on Static Electricity*, 2007 edition.

A.21.8.2.1 Les références qui suivent, fournissent des informations complémentaires sur les vitesses de flammes ; Harris, R. J.*The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plants.* London and New York : E & FN Spoon, Ltd., 1983.

NFPA 68, Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting, 2007 edition.

A.21.8.2.1.4 Dans la littérature historique, les vitesses de combustion laminaire ont parfois été qualifiées de vitesses de flamme fondamentale, ou de vitesse de flamme laminaire. Ce document aborde en particulier les caractéristiques correspondant à chaque terme, comme présenté dans les sections 21.8.2.1.4 à 21.8.2.1.6.

A.21.8.2.2 Pour plus d'informations, voir les publications suivantes ; Kennedy, J., et P. Kennedy. *Fires and Explosions - Determining Cause and Origin.* Chicago, IL : Investigations Institute, 1985.

O'Loughlin, J. R., et C. F. Yokomoto, « Computation of One-Dimensional Spread of Leaking Flammable Gas. » *Fire Technology* 25(4) (November 1989) : 308–16.

Rabinkov, V. A. « The Distribution of Flammable Gas Concentrations in Rooms, » *Fire Safety Journal* 13 (1988) : 211–17.

A.21.8.2.2.5 Harris (1983) pp. 18-25.

A.21.8.2.2.6 Kennedy, P., et J. Kennedy. Explosion Investigation and Analysis. Chicago, IL : Investigations Institute, 1990. pp. 74-81.

A.21.8.4 Pour plus d'informations, voir Harris, R. J. *The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plants*. London and New York : E & FN Spoon, Ltd., 1983.

A.21.9.2 Pour plus d'informations, voir les publications suivantes ;

Hertzberg, M. et K. Cashdollar, « Domains of Flammability and Thermal Ignitibility for Pulverized Coals and Other Dusts : Particle Size Dependence and Microscopic Residue Analyses, » *19th Symposium on Combustion*. Pittsburgh, PA : Combustion Institute, 1982, pp. 1169–80.

Hertzberg, M., et K. Cashdollar. *Explosibility and Ignitibility of Plastic Abrasive Media.* Washington, DC : U.S. Bureau of Mines, Internal Report No. 4657, June 1987.

A.21.9.3 Pour plus d'informations, voir USBM, *Pressure Development in Laboratory Dust Explosions.* Washington, DC : U.S. Bureau of Mines.

A.21.9.5 Pour plus d'informations, voir USBM, *Preventing Ignition of Dust Dispersion by Inerting,* Washington, DC : U.S. Bureau of Mines, Report of Investigations 6543. 1964, p, 12.

A.21.10 Pour plus d'informations, voir les publications suivantes ;

Gottuk, D. T., M. J. Peatross, J. P. Farley, et F. W. Williams, « The Development and Mitigation of Backdraft : A Real-Scale Shipboard Study, » *Fire Safety Journal*, 33 (4) (November 1999) : 261–282.

Gottuk, D. T., F. W. Williams, et J.P. Farley. « The Development and Mitigation of Backdrafts : A Full-scale Experimental Study, » *Fire Safety Science - Proceedings of the Fifth International Symposium*, International Association of Fire Safety Science, 1997, pp. 935–946.

Fleischmann, C. M., P. J. Pagni, et R. B. Williamson, « Exploratory Backdraft Experiments, » *Fire Technology* 29(4) (1993), 298–316.

Fleischmann, C. M., P. J. Pagni, et R. B. Williamson, « Quantitative Backdraft Experiments, » *4th International Symposium on Fire Safety Science*, International Association for Fire Safety Science, 1994, pp. 337–348.

A.21.12 Pour plus d'informations, voir ; Institute of Makers of Explosives, *Glossary of Commercial Explosives Industry Terms.* Washington, DC : Safety Library Publications No. 12, 1985.

A.21.18.4 Pour les explosifs en phase condensée, une méthode telle que celle présentée dans U.S. Army Technical Manual, TM5-1300, « Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions » (U.S. GPO, Washington, DC), peut être utilisée pour estimer la quantité et la configuration d'explosifs nécessaires pour causer le dommage. Les effets en champ lointain sont associés aux dommages de l'explosion qui résultent du front de l'onde de choc et des fragments projetés. L'énergie en équivalent TNT du système explosif peut être déduite de la masse du projectile, de la distance, et les dommages résultants. On peut trouver plus de détails dans le National Fire Academy, Fire Dynamics Course Guide/Reader, Unit 4 - Explosions. Emmitsburg, MD : National Emergency Training Center.

A.22.1 Pour plus d'informations, voir les références suivantes ;

Carman, S. High Temperature Accelerants, A Study of HTA Fires Reported in the United States and Canada Between January 1981 and August 1991, Sacramento, CA : U.S. Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms, October 1994.

DeHaan, J. « Canine Accelerant Detection Teams :

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Validation and Certification, » *CAC News*, California Association of Criminalists, July 1994.

Douglas, J. E., A. W. Burgess, A. G. Burgess, et R. K. Ressler. *Crime Classification Manual.* New York : Lexington Books, 1992.

Icove, D. J. *Incendiary Fire Analysis and Investigation.* Open Learning Fire Science Program Course. Lexington, MA : Ginn Custom Publishing, 1983.

Icove, D. J., V. B. Wherry, et J. D. Schroeder. *Combatting Arson for Profit.* Columbus, OH : Battelle Press, 1980.

Kurz, M., et al. « Evaluation of Canines for Accelerant Detection at Fire Scenes, » *Journal of Forensic Sciences* 39(6) (November 1994) : 1528–36.

Sapp, A. D., T. G. Huff, G. P. Gary, et D. J. Icove. « A Motive-Based Offender Analysis of Serial Arsonist, » Department of Justice/Federal Bureau of Investigation/Federal Emergency Management Agency.

Tindall, R., et K. Lothridge. « An Evaluation of 42 Accelerant Detection Canine Teams. » *Journal of Forensic Sciences* 40(4) (July 1995) : 561–64.

Douglas, J. E., A. W. Burgess, A. G. Burgess, et R. K. Kessler. *Crime Classification Manual.* New York, NY : Lexington Books, 1997.

Restatement of the Law, Second Torts, 402A, American Law Institute, Philadelphia, PA.

Model Penal Code, Section 220.1(1), American Law Institute, Philadelphia, PA.

A.22.2.4 Voir Carman, S. High Temperature Accelerants, A Study of HTA Fires Reported in the United States and Canada Between January 1981 and August 1991. Sacremento, CA : U.S. Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms, October 1994.

A.22.4.2.1 Pour plus d'informations, voir ; Icove, D. J, Incendiary Fire Analysis and Investigation. Open Learning Fire Service Program Course. Lexington, MA : Ginn Custom Publishing, 1983.

A.22.4.9 Voir Douglas et al., Crime Classification Manual, New York, NY : Lexington Books, 1992, p. 165.

A.22.4.9.3 Voir Sapp et al., A Motive-Based Offender Analysis of Serial Arsonist, Department of Justice pp. 4 et 71.

La classification suivante, pour les mises à feu, est celle du Crime Classification Manual.

(1) **Vandalisme** (200)

(a) Actes malveillants perpétrés volontairement (201)
(b) Pression des pairs ou d'un groupe (202)
(c) et d'autres - n'ayant pas été classés (209)

(2) **Excitation** (210)

(a) Recherche de sensation (211)
(b) Recherche d'attention (212)
(c) Reconnaissance (213)
(d) Satisfaction ou perversion sexuelle (214)

(3) **Vengeance** (220)

(a) Vengeance personnelle (221)
(b) Vengeance envers la société (222)
(c) Vengeance envers des institutions (223)
(d) Vengeance envers des groupes (224)
(e) Intimidation (225)
(f) Autres (229)

(4) **Dissimulation d'un crime ou d'un délit** (230)

(a) Meurtre (231)
(b) Suicide (232)
(c) Pénétration avec effraction ou vol (233)
(d) Détournement de fonds (234)
(e) Vol simple (235)
(f) Destruction d'enregistrements ou de documents (236) et autres (239)

(5) **Profit** (240)

(a) Incendies frauduleux (241)
i. Fraude à l'assurance (241.01)
ii. Fraude pour liquider un bien (241.02)
iii. Fraude pour dissoudre une affaire (241.03)
iv. Fraude pour cacher une perte ou liquider un inventaire (241.04)
(b) Emploi (242)
(c) Solde d'une parcelle ou d'un bien (243)
(d) Concurrence (244)
(e) Autres (249)

(6) **Extrémisme** (250)

(a) Terrorisme (251)
(b) Emeutes/troubles civils (253)

Les nombres, qui figurent entre parenthèses derrière les classes et les sous-classes, correspondent aux classes du *Crime Classification Manual.*

A.22.4.9.3.3 Voir DeHaan, *Kirk's Fire Investigation*, p. 400.

A.22.4.9.3.4 Voir Sapp et al., *A Motive-Based Offender Analysis of Serial Arsonist*, pp. 7–8, 28, 31, 38, 41. Voir aussi DeHaan, *Kirk's Fire Investigation*, page 402.

A.22.4.9.3.5 Voir DeHaan, *Kirk's Fire Investigation*, p. 402.

A.22.4.9.3.6 Voir DeHaan, *Kirk's Fire Investigation*, pp. 396–398.

A.22.4.9.3.7 Voir DeHaan, *Kirk's Fire Investigation*, p. 403.

A.23.2 Birky, M., B. Halpin, Y. Caplan, R. Fisher, J. McAllister, et A. Dixon. Fire Fatality Study, Fire and Materials 3, 1979, 211-217.

Lundquist, P., L. Rammer, et B. Sorbo. Role of Hydrogen Cyanide and Carbon Monoxide in Fire Casualties : A Prospective Study, Forensic Sci. Int. 43, 1989, 9-14.

Purser, D.A. Interactions among carbon monoxide, hydrogen cyanide, low oxygen hypoxia, carbon dioxide and inhaled irritant gases, In Carbon Monoxide

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Toxicity, 1st ed. CRC Press Ltd., Boca Raton, Florida, 2000, pp. 157-191.

Purser, D.A. and W.D. Woolley. Biological effects of combustion atmospheres, J. Fire Sci. 1, 1982, 118-144.

Purser, D.A. Behavioral impairment in smoke environments. Toxicology. 115, 1996, 25-40.

A.23.2.1 DeHaan, J. « The Dynamics of Flash Fires Involving Flammable Hydrocarbon Liquids. » American Journal of Forensic Medicine and Pathology, 7(1), 1996, 24-31.

Gann, R.J., V. Babrauskas, et R.D. Peacock. « Fire Conditions for Smoke Toxicity Measurements. » Fire and Materials, 18(3), May/June 1994.

Gottuk, D.T., et B.Y. Lattimer. « Effect of Combustion Conditions on Species Production, » Section 2/Chapter 5, In The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd edition. Edited by P.J. DiNenno et al. Quincy, MA : NFPA, 2002.

Hall, J.R., et B. Harwood. « Smoke or Burns- Which Is Deadlier? » NFPA Journal, January/February 1995.

Hirschler, M.M., S.M. Debanne, J.B. Larsen, et G.L. Nelson, eds. Carbon Monoxide and Human Lethaility : Fire and Non-Fire Studies. New York : Elsevier Applied Science, 1993.

Nelson, G.L. « Carbon Monoxide and Fire Toxicity : A Review and Analysis of Recent Work, » Fire Tech., 34(1), 1998.

Penney, D.G., Carbon Monoxide Poisoning, CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, 2008.

Purser, D.A. « Toxicity Assessment of Combustion Products, » Section 2, Chapter 6, In The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd edition. Edited by P.J. DiNenno et al. Quincy, MA : NFPA, 2002.

Tewarson, A. « Generation of Heat and Chemical Compounds, » Section 3/Chapter 4, In The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd edition. Edited by P.J. DiNenno et al. Quincy, MA : NFPA, 2002.

World Health Organization, Environmental Health Criteria 213 : Carbon Monoxide, 2nd Edition, 1999.

A.23.2.1.1 World Health Organization, Environmental Health Criteria 213 : Carbon Monoxide, 2nd Edition, 1999.

A.23.2.1.3 Kunsman, G. et B. Levine. Carbon Monoxide/Cyanide. In Principles of Forensic Toxicology, 2nd ed., AACC Press, Washington, D.C., 2006, 359-372.

A.23.2.1.4 Carney, A., E. Anderson. The System Approach to Brain Blood Flow. Advances in Neurology, 30, 1981, 1-30.

Radford, E., T. Drizd. Blood Carbon Monoxide Levels in Persons 3-74 Years of Age : United States, 1976-80. National Center for Health Statistics : Advanced Data, United States Department of Health and Human Services, Number 76, March 17, 1982.

Raud, J., M. Mathieu-Nolf, N. Hampson, S. Thom. Carbon Monoxide poisoning- a public health perspective. Toxicology, 145, 2000, 1-14.

Stewart, R.D. The effect of carbon monoxide on humans. Ann. Rev. Pharm. 15, 1975,409-422.

Stewart, R.D., E.D. Baretta, L.R. Platte et al. Carboxyhemoglobin levels in American blood donors. J.Am.Med.Asso.229, 1974, 1187-1195.

World Health Organization, Environmental Health Criteria 213 : Carbon Monoxide, 2nd Edition, 1999.

Zwart, A., E.J. Van Kampen. Dyshaemoglobin, especially carboxyhaemoglobin, levels in hospitalized patients, Clin. Chem., 31, 1985, 945.

A.23.2.1.5 Bruce, M.and E. Bruce. Analysis of factors that influence rates of carbon monoxide uptake, distribution, and washout from blood and extravascular tissues using a multicompartment model, J Appl Physiol 100, 2006, 1171-1180.

Penney, D.G., Carbon Monoxide Poisoning, CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, 2008.

Peterson, J. et R. Stewart. Absorption and Elimination of Carbon Monoxide by Inactive Young Men. Arch Environ Health. 21, 1970, 165-171.

Shimazu, T. Half-life of Blood Carboxyhemoglobin. Chest. 119, 2001, 661-663.

Stewart, R.D. The effect of carbon monoxide on humans. Ann. Rev. Pharm. 15, 1975,409-422.

Weaver, L., S. Howe, R. Hopkins, K. Chan. Carboxyhemoglobin Half-life in Carbon Monoxde-Poisoned Patients Treated With 100 % Oxygen at Atmospheric Pressure. Chest. 117, 2000, 801-808.

World Health Organization, Environmental Health Criteria 213 : Carbon Monoxide, 2nd Edition, 1999.

A.23.2.1.6 Penney, D.G., Carbon Monoxide Poisoning, CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, 2008.

A.23.2.1.7 Birky, M., B. Halpin, Y. Caplan, R. Fisher, J. McAllister, et A. Dixon. Fire Fatality Study, Fire and Materials 3, 1979, 211-217.

A.23.2.2 Altman, R.E., The Microdetermination of Cyanide in Fire Fatalities. University of Maryland, Baltimore. Doctor of Philosophy, 1976.

Ballantyne, B. and H. Salem. Experimental, Clinical, Occupational Toxicology, and Forensic Aspects of Hydrogen Cyanide with Particular Reference to Vapor Exposure. In Inhalation Toxicology, 2nd ed. CRC, Taylor et Francis, Boca Raton, FL, 2006, pp. 717-802.

Baud, F.J., P. Barriot, V. Toffis, B. Riou, E. Vicaut, Y. Lecarpentier, R. Bourdon, A. Astier, et C. Bismuth. Elevated blood cyanide concentrations in victims of smoke inhalation. New Engl. J. Med. 325, 1991, 1761-1766.

Canfield, D., A. Chaturvedi, et K. Dubowski. Interpretation of Carboxyhemoglobin and Cyanide

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Concentrations in Relation to Aviation Accidents. Civil Aerospace Medical Institute, Federal Aviation Administration, Final Report, May 2005.

Chaturvedi, A., B. Endecott, R. Ritter, D. Sanders. Variations in Time-to-Incapacitation and Blood Cyanide Values for Rats Exposed to Two Hydrogen Cyanide Gas Concentrations. Office of Aviation Medicine, Washington, D.C., 1993.

DeRosa, M. et C. Litton, « Hydrogen Cyanide and Smoke Particle Charatersitics During Combustion of Polyurethane Foams and Other Nitrogen-Containing Materials », U.S. Bureau of Mines, 1991.

Esposito, F.M.. Blood and air concentrations of benzene, carbon monoxide and hydrogen cyanide following inhalation of these gases or thermal decomposition products of polymers releasing these toxicants, Ph.D. dissertation submitted to Graduate School of Pubic Health, University of Pittsburgh, September 1987.

Esposito, F. et Y. Alarie. Inhalation Toxicity of Carbon Monoxide and Hydrogen Cyanide Gases Released During the Thermal Decomposition of Polymers. J. Fire Sci. 6, 1988,195-242.

Ferrari, L., M. Arado, L. Giannuzzi, G. Mastrantonio, et M. Guatelli. Hydrogen Cyanide and carbon monoxide in blood of convicted dead in a polyurethane combustion : a proposition for the data analysis, Forensic Sci. Int. 121, 2001,140-143.

Levin, B., M. Paabo, M.L. Fultz, et C. Bailey. Generation of Hydrogen Cyanide from Flexible Polyurethane Foam Decomposed under Different Combustion Conditions. Fire and Materials 9, 1985, 125-134.

Okae, M., K. Yamamoto, Y. Yamamoto, et Y. Fukui. Cyanide, Carboxyhemoglobin and Blood Acid-Base State in Animals Exposed to Combustion Products of Various Combinations of Acrylic Fiber and Gauze. Forensic Sci. Int. 42. 1989, 33-41.

Purser, D.A., P. Grimshaw et K.R. Berrill. Intoxication by cyanide in fires : a study in monkeys using polyacrylonitrile. Arch. Environ. Hlth. 39, 1984, 394-400.

Simeonova, F. et L. Fishbein. Hydrogen Cyanide and Cyanides : Human Health Aspects. Concise International Chemical Assessment Document 61, World Health Organization, first draft, Geneva 2004.

United States Department of Health and Human Services, A Toxicological Profile for Cyanide, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, September 2004.

A.23.2.2.1 Birky, M., M. Paabo, J. Brown. Correlation of Autopsy Data and Materials Involved in the Tennessee Jail Fire. Fire Safety Journal. 2, 1979/80, 17-22.

Gill, J., L. Goldfeder, M. Stajic. The Happy Land Homicides : 87 Deaths Due to Smoke Inhalation. J. Forensic Sci. 48, 2003, 161-163.

Levin, B.C., P.R. Rechani, J.L. Gurman, F. Landron, H.M. Clark, M.F. Yoklavich, J.R. Rodriguez, L. Droz, F. Mattos de Cabrera, et S. Kaye. Analysis of carboxyhemoglobin and cyanide in blood from victims of the Dupont Plaza Hotel fire in Puerto Rico. J. Forensic Sci. 35, 1990, 151-168.

Nelson, G.. Carbon Monoxide and Fire Toxicity : A Review and Analysis of Recent Work. Fire Tech. 34, 1998, 39-58.

A.23.2.2.4 Anderson, C.J., et W.A. Harland. Fire deaths in the Glasgow area : III , The role of hydrogen cyanide Med. Sci. Law 22, 1982, 35-39

Ballantyne, B., J. Bright, et P. Williams. An experimental assessment of decreases in measurable cyanide levels in biological fluids. J. Forensic Sci. Soc. 13, 1973, 111-117.

Ballantyne, B., J. Bright, et P. Williams. The postmortem rate of transformation of cyanide. Forensic Sci. 3, 1974, 71-76.

Ballantyne, B. Changes in blood cyanide as a function of storage time and temperature. J. Forensic Sci. Soc.16, 1976, 305-310.

Ballantyne, B. In vitro production of cyanide in normal human blood and the influence of thiocyanate and storage temperature. Clin. Toxicol. 11, 1977, 173-193.

Ballantyne, B. Artifacts in the definition of toxicity by cyanides and cyanogens. Fund. Appl. Toxicol 3, 1983, 400-408.

Ballantyne, B. et T. Marrs. Clinical and Experimental Toxicology of Cyanides. Wright, Bristol, U.K., 1987.

Bright, J.E., R.H. Inns, N.J. Tuckwell, et T.C.Marrs. The effect of storage upon cyanide in blood samples. Hum. Exp. Toxicol. 9, 1990, 125-129.

Chikasue, F., M. Yashiki, T. Kojima, T. Miyazaki. Cyanide distribution in five fatal cyanide poisonings and the effect of storage conditions on cyanide concentrations in tissues. Forensic Sci. Int. 38, 1988, 173-183.

Clark, C.J., D. Campbell, et W.H. Reid. Blood carboxyhaemoglobin and cyanide levels in fire survivors ». Lancet 20, 1981, 1332-1336.

Curry, A.S.. Cyanide poisoning. Acta Pharmacolgica et Toxicologica cta. 20, 1963, 291-294.

Curry, A.S., D.E. Price, et E.R.Rutter. The production of cyanide in post mortem material. Acta Pharmacolgica et Toxicologica 25, 1967, 339-344.

Egekeze, J.O., et F.W. Oehme. Direct potentiometric method for the determination of cyanide in biological materials. J. Anal. Toxicol. 3, 1979, 119-124.

Karhunen, P.J., I. Lukkari, et E. Vuori. High cyanide level in a homicide victim burned after death : Evidence of postmortem diffusion. Forensic Sci. Int. 49, 1991, 179-183.

Lokan, R.J., R.A. James, et R.B. Dymock. Apparent postmortem production of high levels of cyanide in

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

blood. J. Forensic Sci. Soc. 27, 1987, 253-259

McAllister, J.L., Roby, R., Levine, B., Purser, D., « Stability of Cyanide in Cadavers and in Postmortem Stored Tissue Specimens, a Review », Journal of Analytical Toxicology, Volume 32, Number 8, p. 612-620, October, 2008.

Moriya, F. et Y. Hashimoto. Potential for error when assessing blood cyanide concentrations in fire victims. J. Forensic Sci. 46, 2001, 1421-1425.

Narayanaswami, K., S. Jand, et R.S. Kotangale. Changes in cyanide as a function of storage time in autopsy material by UV Spectrometry. Ind. J. Med. Res. 73, 1981, 291-295.

Seto, Y. Stability and spontaneous production of blood cyanide during heating. J. Forensic Sci. 41, 1996, 465-468.

Vesey, C.J. et J. Wilson.. Red cell cyanide. J. Pharm. Pharmacol. 30, 1978, 20-26.

A.23.2.2.5 Purser, D.A. « Toxicity Assessment of Combustion Products, » Section 2, Chapter 6, In The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd edition. Edited by P.J. DiNenno et al. Quincy, MA : NFPA, 2002.

A.23.2.2.6 Kimmerle, M.G. Aspects and Methodology for the Evaluation of Toxicological Parameters During Fire Exposure. Combustion Toxicol. 1, 1974, 4-51.

Purser, D.A. « Toxicity Assessment of Combustion Products, » Section 2, Chapter 6, In The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd edition. Edited by P.J. DiNenno et al. Quincy, MA : NFPA, 2002.

A.23.2.4.1 Purser, D.A. « Toxicity Assessment of Combustion Products, » Section 2, Chapter 6, In The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd edition. Edited by P.J. DiNenno et al. Quincy, MA : NFPA, 2002.

A.23.2.5 Purser, D.A. « Toxicity Assessment of Combustion Products, » Section 2, Chapter 6, In The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd edition. Edited by P.J. DiNenno et al. Quincy, MA : NFPA, 2002.

A.23.2.5.1 Bull, J. P., et J. C. Lawrence. « Thermal Conditions to Produce Skin Burns, » Fire and Materials 3(2) (June 1979) : 100–05.

Derksen, W. L., T.I. Monohan, et G.P. deLhery, « The Temperature Associated with Radiant Energy Skin Burns, » Temperature - Its Measurement and Control in Science and Industry, 3(3), pp. 171–75, 1963.

Society of Fire Protection Engineers, « Engineering Guide : Predicting 1st and 2nd Degree Skin Burns from Thermal Radiation, » Society of Fire Protection Engineers, 2000.

Stoll, A., et L.C. Green, « Relationship between Pain and Tissue Damage due to Thermal Radiation, » Journal of Applied Physiology 14, pp. 373–383, 1959.

Stoll, A. M., et M.A. Chianta, « Method and rating system for evaluation of thermal protection, » Aerospace Medicine 40, pp. 1232–1238, 1969.

A.23.2.6 Moritz, A.R., F.C. Henriques, F.R. Dutra, et J.R. Weisiger, Studies of thermal injury. IV. Exploration of casualty-producing attributes of conflagrations. The local and systemic effects of generalized cutaneous exposure to excessive circumambient (air) and circumradiant heat of varying duration and intensity, Arch. Pathol., 43, 1947, 466.

Zikria, BA, W.Q. Sturner, N.K. Astarjian, C.L. Fox, Jr, J.M. Ferrer, Jr. Respiratory tract damage in burns : pathophysiology and therapy. Ann N Y Acad Sci. 150(3), 1968, 618–626.

A.23.3 DeHaan, J. D., S.J. Campbell, et S. Nurbaksh, « Combustion of Animal Fat and Its Implications for the Consumption of Human Bodies in Fires, » Science and Justice 39 (1), 1999, 27–38.

DeHaan, J.D. et S. Nurbaksh « Sustained Combustion of an Animal Carcass and Its Implications for the Consumption of Human Bodies in Fires, » J Forensic Sci, 46(5), 2001, 1076-1081.

DeHaan, J.D., D.J. Brien, R. Large. Volatile Compounds from the Combustion of Human and Animal Tissue. Science and Justice 44 (4) :223-236, 2004.

DeHaan, J.D. et E. Pope. Combustion Properties of Human and Large Animal Remains. InterFlam 2007 Conference, 11th Proceeding, Volume 2, September 3-5, 2007, London, England.

Pope, Pope, O.C. Smith, T. Huff, Exploding skulls and other myths about how the human body burns, Fire and Arson Investigator 55(4). 2004, 23-28.

Pope, E., The Effects of Fire on Human Remains : Characteristic of Taphonomy and Trauma. University of Arkansas. Doctor of Philosophy, 2007.

A.23.5.8.2 Beasley, V., Veterinary Toxicology. Online reference for veterinary toxicology. www.ivis.org/advances/Beasley/cpt18a/IVIS.pdf. International Veterinary Information Service (IVIS), Ithaca, NY. (2004).

A.23.6.1 On utilise parfois des affiches pour rappeler aux personnes la loi imposant la déclaration des blessures par brûlures. Un exemple est présenté à la figure A.23.6.1.

FIGURE A.23.6.1 Exemple d'affiche rappelant aux personnes la loi imposant la déclaration des blessures par brûlures.

A.23.8.1.1 Une description alternative des degrés de brûlure est : brûlures superficielles, partielles, et sur toute l'épaisseur.

A.23.9 DiMaio, V. et D. DiMaio, Forensic Pathology, Second Edition, CRC Press, Boca Raton, 2001.

Levine, B. Principles of Forensic Toxicology, 2nd ed., AACC Press, Washington, D.C., 2006.

A.23.9.2.2 Ambach, E., W. Paarson, K. Zehethofer, et R. Scheithauer. Sixth International Symposium on

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Human Identification. Institute for Forensic Medicine, University of Innsbruck, Austria, 1995.

DiZinno, J., et al. « The Waco, Texa Incident : The Use of DNA Analysis to Identify Human Remains. » Fifth International Symposium on Human Identification, 1994.

A.23.9.8 Spitz, W. U. Spitz et Fisher's Medicolegal Investigation of Death. 3rd ed. Springfield, IL : Charles C. Thomas, 1993.

A.23.9.9 Pope, E., The Effects of Fire on Human Remains : Characteristic of Taphonomy and Trauma. University of Arkansas. Doctor of Philosophy, 2007.

A.23.10.6 Copper, L.Y., Compartment Fire-Generated Environment and Smoke Filling., Section 3/Chapter 10, In The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd edition. Edited by P.J. DiNenno et al. Quincy, MA : NFPA, 2002.

A.23.10.8 Copper, L.Y., Compartment Fire-Generated Environment and Smoke Filling., Section 3/Chapter 10, In The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd edition. Edited by P.J. DiNenno et al. Quincy, MA : NFPA, 2002.

DeRosa, m et C. Litton, « Hydrogen Cyanide and Smoke Particle Characteristics, During Combustion of Polyurethane Foams and Other Nitrogen-Containing Materials », U.S. Bureau of Mines, 1991.

Gann, R., J. Averill, E. Johnsson, M. Nyden, et R. Peacock. Smoke Component Yields from Room-scale Fire Tests. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 2003.

Gottuk, D. Generation of Carbon Monoxide in Compartment Fires. Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, VA, 1992.

Lattimer, B.Y., U. Vandsburger, et R.J. Roby. Carbon Monoxide Levels in Structure Fires : Effects of Wood in the Upper Layer of a Post-Flashover Compartment Fire. Fire Tech. 34, 1998, 325-355.

Levin, B., M. Paabo, M.L. Fultz, et C. Bailey. Generation of Hydrogen Cyanide from Flexible Polyurethane Foam Decomposed under Different Combustion Conditions. Fire and Materials 9, 1985, 125-134.

Purser, D.A., J.A. Rowley, P.J. Fardell, et M. Bensilum. Fully enclosed design fires for hazard assessment in relation to yields of carbon monoxide and hydrogen cyanide. In The Proceedings of the Interflame '99 Conference. Interscience Communications Ltd., London, United Kingdom, 1999, pp. 1163-1169.

Purser, D.A. « Toxicity Assessment of Combustion Products, » Section 2, Chapter 6, In The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd edition. Edited by P.J. DiNenno et al. Quincy, MA : NFPA, 2002.

A.23.10.8.2 Coburn, R.F., R.E. Forster, et P.B. Kane. Considerations of the Physiological Variables That Determine the Blood Carboxyhemoglobin Concentration in Man. J. Clin. Invest. 44, 1965, 1899-1910.

Handbook of respiration, Saunders, Philadelphia (1955)

Peterson, J. et R. Stewart. Predicting the Carboxyhemoglobin Levels Resulting from Carbon Monoxide Exposures. J. Appl. Physiol. 39, 1975, 633-638.

A.24.1 Pour plus d'informations, voir les références suivantes : U.S. Consumer Products Safety Commission Working Group on Gas Voluntary Standards. Position Paper on Gas Water Heaters to Prevent Ignition of Flammable Vapors.

A.24.5.1.2 Pour plus d'informations sur l'acier et sur l'effet du feu sur ce métal, voir Lentini et al., « Baseline Characteristics of Residential Structures Which Have Burned to Completion : The Oakland Experience. »

Pour plus d'informations sur l'alliage de métaux au cours d'un incendie, voir Beland B., « Electrical Damages- Cause or Consequence? », et Beland B. et al., « Copper-Aluminum Interactions in Fire Environments. »

A.24.5.8.2 Pour plus d'informations, voir l'annexe C, NEMA document, National Electrical Manufacturers Association, 1300 North 17th Street, Suite 1847, Rosslyn, VA 22209, September 10, 2000.

A.25.1 Pour plus d'informations, voir les références suivantes :

NFPA 385, Standard for Tank Vehicles for Flammable and Combustible Liquids, 2007 edition.

API RP 1004, Bottom Loading and Vapor Recovery for MC-306 Tank Motor Vehicles, 1988.

API RP 2013, Cleaning Mobile Tanks in Flammable or Combustible Liquid Service, 1991.

Green, T. SAE Paper 980561, « Automotive Fuel Line Siphoning. »

Cole, L. The Investigation of Motor Vehicle Fires : A Guide for Law Enforcement, Fire Department and Insurance Personnel, 3rd ed. Lee Books, 1992.

Severy, D. M., D. M. Blaisdell, et J. F. Kerkhoff. « Automobile Collision Fires, » SAE 741180, 1974.

A.25.3.1.1 Pour des données complémentaires sur l'inflammation par surface chaude voir la publication suivante : Ebersole, R., Matusz, L., Modi, M. et Orlando, R., Hot Surface Ignition of Gasoline-Ethanol Fuel Mixtures, SAE publication 2009-01-0016.

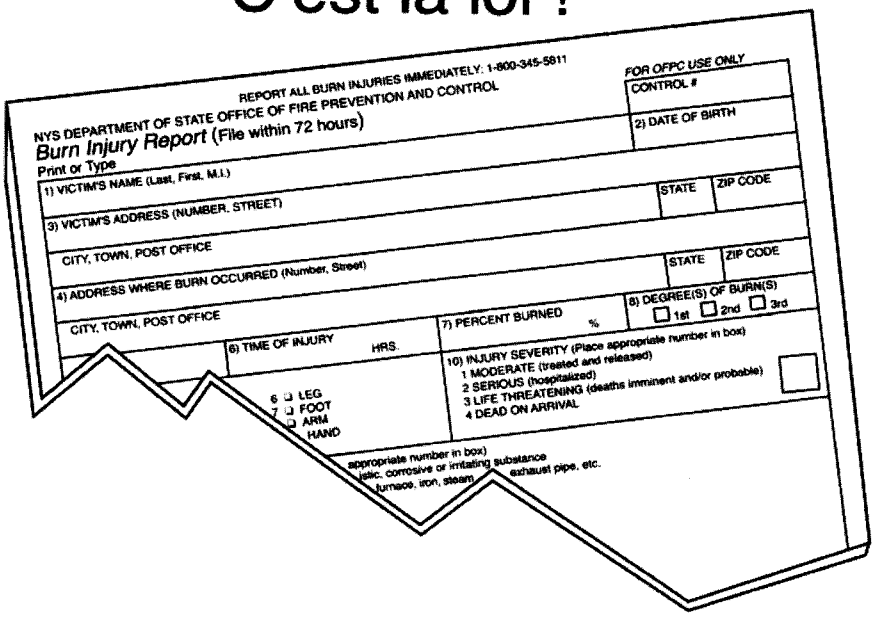
A.25.4.2.5 Pour plus d'informations, voir les références suivantes :

Beyler, C. L., et Gratkowski, M. « Electrical Fires Caused By Arc Tracking In Low-Voltage (12-14V) Systems, » U.S. Vehicle Fire Trends and Patterns, August 2005.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

(Renvoyez par courrier SVP)

DÉCLAREZ TOUTES LES BLESSURES PAR BRÛLURES C'est la loi !*



Appeler le bureau prévention et gestion des risques incendie de New York
Gratuit et joignable 24h/24
1-800-345-5811

- Brûlures du 2e et 3e degré sur 5 % ou plus de la surface corporelle
- Brûlures aux voies respiratoires
- Œdème du larynx dû à l'inhalation d'air surchauffé
- Toute brûlure menaçant la vie

***Section 265.28 de la loi pénale de l'État de New York**

FIGURE A.23.7.1.4 Exemple d'affiche, rappelant aux personnes, l'obligation de déclarer les blessés par brûlures.

Stimitz, J. S., et R. V. Wagner. « Two Test Methodologies for Evaluating the Resistance to Electrical Arcing Properties of Polymeric Materials for Use in Automotive 42 V Applications » SAE 2004 World Congress & Exhibition, March 2004, Detroit, MI.

A.25.4.2.6 Pour plus d'informations, voir Severy et al., « Automobile Collision Fires. »

A.25.4.3.1 Pour plus d'informations, voir Colwell, J. D. et Biswas, K. (2009) « Steady-State and Transient Motor Vehicle Exhaust System Temperatures », SAE Paper 2009-01-0013.

A.25.5.1.2 Green, T. SAE 980 561, « Automotive Fuel Line Siphoning. »

A.26.1 Pour plus d'informations, voir les références suivantes :

Babrauskas, V. Ignition Handbook, Fire Science Publishers/Society of Fire Protection Engineers, 2003.

Ford, Richard.T. Investigation of Wildfires. Bend, OR : Maverick Publication, 1995.

NWCG, Glossary of Wildland Fire Terminology, National Wildfire Coordinating Group, 2007.

NWCG,Wildland Fire Origin and Cause Determination FI-210 Student Workbook, National Wildfire Coordinating Group, 2005.

NWCG Wildfire Origin & Cause Determination Handbook, National Wildfire Coordinating Group Handbook 1, 2005.

NWCG Intermediate Wildland Fire Behavior S-290 Student Workbook & CD-Rom, National Wildfire Coordinating Group, 2007.

NWCG Fireline Handbook, National Wildfire Coordinating Group Handbook 3, March 2004.

NWCG Fireline Handbook Appendix B Fire Behavior, National Wildfire Coordinating Group, April 2006.

Schroder, Mark J. ; Charles C. Buck, Fire Weather,

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

USDA Agriculture Handbook 360, May 1970.

A.26.2.1.2 Anderson, H. E., « Aids to Determining Fuel Models for Estimating Fire Behavior », Intermountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report INT-122, April 1982. Scott, Joe H ; Burgan, Robert E., Standard Fire Behavior Fuel Models ; A Comprehensive Set For Use With Rothermel's Surface Fire Spread Model. General Technical Report RMRS-GTR-153, 2005, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

A.26.8.2.2 Countryman, C ; »Ignition of Grass Fuels by Cigarettes », US Forest Service Fire Management Notes, Volume 44, No. 3, 1983.

A.26.8.2.3 Steensland, P., « Long Term Thermal Residency in Woody Debris Piles », International Association of Arson Investigators, Denver, 2008.

A.28.1 Pour le vocabulaire nautique voir Chapman's *Piloting Seamanship and Small Boat Handling*

A.28.4.1.2 Voir American Boat and Yacht Council (ABYC) H-24.14, *Gasoline Fuel Systems*, 2005.

A.28.4.1.3 Voir ABYC H33.14.

A.28.4.2.1 Voir la NFPA 302, 2004 edition, et ABYC A-1 ; A-3, *Galley Stoves*, 2007 ; and A-26, *LPG and CNG Fueled Appliances*, 2006.

A.28.4.2.2 Voir ABYCA A-22 et la NFPA 302, Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft, 2004 edition.

A.28.4.2.3 Voir ABYC A-3, Galley Stoves, 2007 ; et la NFPA 302, Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft, 2004 edition.

A.28.4.7.2 Voir la NFPA 302, Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft, 2004 edition ; et l'ABYC H-2.

A.28.4.7.3 Pour plus d'informations, voir la NFPA 302 and ABYC H-2. Pour les exigences relatives à la ventilation mécanique des machines diesel voir l'ABYC H-32, *Ventilation of Boats Using Diesel Fuel*, 2007.

A.28.4.9.5.2 Pour plus d'informations, voir l'ABYC H-30, *Standard and Technical Reports*, 2001.

Annexe B Bibliographie

Cette annexe ne fait pas partie des recommandations du document NFPA, mais est jointe seulement à des fins informatives.

B.1 Dynamique de l'incendie.

Les références bibliographiques suivantes, traitent de la dynamique de l'incendie ; Drysdale, D. *An Introduction to Fire Dynamics*. 2nd edition, ch. 1, p. 1, middle of third paragraph. New York, NY : John Wiley and Sons, 1999.

Friedman, R. *Principles of Fire Protection Chemistry and Physics*, 3rd edition, ch. 6, p. 75. Quincy, MA : National Fire Protection Association, 1998.

B.2 Sciences de l'incendie.

Les références bibliographiques suivantes, traitent des sciences de l'incendie ;

NFPA *Fire Protection Handbook*, 18th ed., Section 1, 1997.

Quintere, J. G. *Principles of Fire Behavior*. Delmar Publishers, 1997.

Drysdale, D. An Introduction to Fire Dynamics, 2nd ed., 1999.

Friedman, R. Principles of Fire Protection Chemistry and Physics, 3rd ed., 1998.

B.3 Effets de la ventilation du local, sur l'intensité et la localisation des traces.

Voir les sources bibliographiques suivantes ; Kennedy, P., et J. Shanley

« Report on the United States Fire Administration (USFA) Program for the Study of Fire Patterns, » *Proceedings, InterFlam 96*, Interscience Ltd., London, 1966.

Shanley, J. *USFA Fire Burn Pattern Tests*, United States Fire Administration, Emmitsburg, MD, FA 178, 1997.

B.4 Calcination.

Voir les sources bibliographiques suivantes ;

Kennedy, P., et J. Shanley. « Report on the United States Fire Administration (USFA) Program for the Study of Fire Patterns, » *Proceedings, InterFlam 96*, Interscience Ltd., London, 1966.

Lawson, J. R. « An Evaluation of Fire Properties of Generic Gypsum Board Products, » NBSIR 77-1265, U. S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, August, 1977.

Shanley, J. *USFA Fire Burn Pattern Tests*, United States Fire Administration, Emmitsburg, MD, FA 178, July 1997.

B.5 Géométrie des traces.

Voir les sources bibliographiques suivantes ;

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Patorti, A. D. Jr. (NIST), « Full Scale Room Burn Pattern Study, » *NIJ Report 601-97, Publication #169 281*, National Institute of Justice, National Criminal Justice Reference Service, Washington DC, 1997.

Stanley, J. H. Jr., Alletto, W. C., Corry, R., Herndon, J., Kennedy, P. M., Ward, J. « Federal Emergency Management USFA Fire Burn Pattern Tests, » *Report of the United States Fire Administration Program for the Study of Fire Patterns.* FA 178, p. 221, July 1997.

B.6 Perte d'odeur des gaz.

B.6.1 Pour une présentation rapide sur les technologies d'ajout d'odeur, voir les références suivantes ;

The Gas Odorization Manual, American Gas Association, 1996. Il s'agit d'une mise à jour de la section sur l'ajout d'odeur aux gaz dans le *Gas Engineers Handbook.*

B.6.2 Pour une compréhension approfondie, des questions d'ajout d'odeur aux gaz, voir les références suivantes ; Wilson, G. G., et A. A. Attari, eds. *Odorization III*, Institute of Gas Technology, Chicago, IL (1993).

B.6.3 Voir aussi les références suivantes ;

Jacobus, O. J., et J. S. Roberts. « What Constitutes Adequate Odorization of Fuel Gases? » *IGT Odorization Symposium 1995*, IGT, 1995.

Andreen, B. H., et R. L. Kroencke. « Stability of Mercaptans Under Gas Distribution System Conditions, » *American Gas Journal* 48, May 1965.

Andreen, B. H., et R. L. Kroencke. « Stability of Mercaptans Under Gas Distribution System Conditions, » *Proceedings American Gas Association* 136, 1964.

Campbell, I. D., N. A. Chambers, et O. J. Jacobus. « The Chemical Oxidation of Ethyl Mercaptan in Steel Vessels, » *IGT Odorization Symposium 1994*, IGT, 1994.

Campbell, I. D. « Factors Affecting Odorant Depletion in LPG, » *Proceedings Symposium on LP-Gas Odorization*, 28, 1989.

Campbell, I. D. « Odorant Depletion in Portable Cylinders, » *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1990.

Holmes, S. A., P. B. Van Benthuysen, D. C. Lancaster, et M. A. Tiller. « Laboratory and Field Experience with Ethyl Mercaptan Odorant in Propane, » *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1990.

Kopidlansky, R. « Odorant Conditioning of New Distribution Systems, » *IGT Odorization Symposium 1995*, IGT, 1995.

Sanders, R.» OSHA and DOT Odorization Regulations, » *IGT Odorization Symposium 1995*, IGT, 1995.

Johnson, J. L. « 1965 Report on Project PB-48, Stability of Odorant Compounds, » *Proceedings 1966 AGA Distribution Conference*, American Gas Association, 1966.

Johnson, S. J. « Ethyl Mercaptan Odorant Stability in Stored Liquid Propane, » *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1989.

McHenry, W. B., et H. M. Faulconer. « Summary Report on Odorant Investigations, » *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1, 1990.

Roberts, J. S., et D. W. Kelly, « Selection and Handling of Natural Gas Odorants. » In G. G. Wilson et A. A. Attari, eds., *Odorization III*, 29, IGT, 1993.

B.6.4 Pour l'analyse, des gaz de pétrole, par tubes réactifs et les prélèvements, voir les références suivantes ;

ASTM D 5305 Standard Test for Determination of Ethyl Mercaptan in LP-Gas Vapor, 1992.

ASTM D 1265 Standard Method for Sampling Liquefied Petroleum (LP) Gases, 1982.

B.6.5 Pour une familiarisation avec la plupart des questions d'ajout d'odeur aux gaz, voir les références suivantes ;

Proceedings of the Symposium of LP-Gas Odorization, 1989 et 1990. Des exemplaires peuvent être obtenus auprès du National Propane Gas Association ou du Gas Processors Association.

B.6.6 Pour une présentation de l'adsorption des produits odorants par le sol, voir :

Nomura, K., et R. Organ. « Reaction of LP-Gas Odorants and Soils. » *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 76, 1990.

Parlman, R. M., et R. P. Williams. « Penetrabilities of Gas Odorant Compounds in Natural Soils. » *Proceedings of the AGA Distribution Conference*, May 6, 1979.

Sullivan, F. « New Gas Odorants. » In Wilson and Attari, eds., *Odorization III.* 209, IGT, 1993.

Tarman, P. B., et H. R. Linden. « Soil Adsorption of Odorant Compounds, » *IGT Research Bulletin* #33, 7/1/61.

Williams, R. P. « Soil Penetrabilities of Natural Gas Odorants. » *Pipeline and Gas Journal*, March 1976.

B.7 Analyse de l'évacuation.

Voir les sources bibliographiques suivantes ;

Bryan, J. L. An Examination and Analysis of the Dynamics of Human Behavior in MGM Grand Hotel Fire. Quincy, MA : NFPA, 1983.

« Kentucky State Police Investigative Report to the Governor, Beverly Hills Supper Club Fire. » Kentucky State Police, Frankfurt, 1977.

P. DiNenno, Ed. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Section 3, Ch. 1, « Behavioral Response to Fire and Smoke, » 2nd edition, Quincy, MA : NFPA, 1995.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

B.8 Explosions.

Pour plus d'informations sur les explosions de bâtiments et de réservoirs, voir les références suivantes :

Baker, W. E. *Explosion Hazards and Evaluations.* New York, NY : Elsevier Publishers, 1983.

Baker, W. E. et M. J. Tang, *Gas, Dust, and Hybrid Explosions.* New York, NY : Elsevier Publishers, 1991.

Bartknecht, W.*Dust Explosions.* Berlin–New York : Springer-Verlag, 1989.

Bodurtha, F. T. *Industrial Explosion Prevention and Protection.* New York, NY : McGrawHill, 1980.

Center for Chemical Process Safety. *Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires and BLEVEs.* Washington, DC : American Institute of Chemical Engineers, 1994.

Chemical Propulsion Information Agency, *Hazards of Chemical Reactants and Propellants.* CPIA 394, September 1984.

Eckhoff, R. K. *Dust Explosions in the Process Industries.* New York, NY : Butterworth-Heinemann, 1997.

Gugan, K. *Unconfined Vapor Cloud Explosions.* Houston, TX : Gulf Publishing, 1978.

Harris, R. J. The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plants. London and New York : E & FN Spoon, Ltd., 1983.

Nettleton, M. A. *Gaseous Detonations ; Their Nature, Causes and Control.* New York, NY : Routledge, Chapman and Hall, 1987.

NFPA 68, Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting, 2007 edition.

NFPA 69, Standard on Explosion Prevention Systems, 2008 edition.

Prugh, R. W. « Quantitative Evaluation of 'BLEVE' Hazards, » Journal of Fire Protection Engineering 3(1), March 1981.

Stull, D. R. *Fundamentals of Fire and Explosion.* AICHE Monograph Series No. 10, Vol. 73. New York, NY : American Institute of Chemical Engineers, 1977.

U. S. Army,» Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions. »

USBM, Fire and Explosion Manual for Aircraft Accident Investigations. Washington, DC : U.S. Bureau of Mines, 1973.

USBM, Investigation of Fire and Explosion Accidents in the Chemical Mining and Fuel-Related Industries - A Manual. Washington, DC : U.S. Bureau of Mines, 1985.

B.9 Identification des victimes.

Pour des informations complémentaires, sur l'identification des victimes, voir les références suivantes ; Ambach, E., W. Paarson, K. Zehethofer, et R. Scheithauer. *Sixth International Symposium on Human Identification.* Institute for Forensic Medicine, University of Innsbruck, Austria, 1995.

DiZinno, J., et al. « The Waco, Texas Incident : The Use of DNA Analysis to Identify Human Remains. » *Fifth International Symposium on Human Identification*, 1994.

B.10 Monoxyde de carbone.

Pour des informations complémentaires sur le monoxyde de carbone, voir les références suivantes ; Gottuk, D. T., et R. J. Roby. « Effect of Combustion Conditions on Species Production, » Section 2/Chapter 7, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 2nd edition. Edited by P. J. DiNenno et al. Quincy, MA : NFPA, 1995.

Tewarson, A.» Generation of Heat and Chemical Compounds, » Section 3, Ch. 4, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 2nd ed. Ed. P. J. DiNenno et al. Quincy, MA : NFPA, 1995.

Purser, D. A.» Toxicity Assessment of Combustion Products, » Section 2, Ch. 8, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 2nd ed. Ed. P. J. DiNenno et al. Quincy, MA : NFPA, 1995.

Nelson, G. L.» Carbon Monoxide and Fire Toxicity : A Review and Analysis of Recent Work, » *Fire Technology*, 34(1), 1998.

Hirschler, M. M., S. M. Debanne, J. B. Larsen, et G. L. Nelson, eds. *Carbon Monoxide and Human Lethality : Fire and Non-Fire Studies.* New York : Elsevier Applied Science, 1993.

Hall, J. R., et B. Harwood. « Smoke or Burns - Which Is Deadlier? » *NFPA Journal*, January/February 1995.

Gann, R. J., V. Babrauskas, et R. D. Peacock. « Fire Conditions for Smoke Toxicity Measurements. » *Fire and Materials*, 18(3), May/June 1994.

DeHaan, J. « The Dynamics of Flash Fires Involving Flammable Hydrocarbon Liquids. » *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 7(1), 1996, 24-31.

DeHaan, J. D., Campbell, S. J., et Nurbaksh, S. « Combustion of Animal Fat and Its Implications for the Consumption of Human Bodies in Fires, » *Science and Justice*, 39 (1), 1999, 27–38.

B.11 Feux de forêts.

Les sources bibliographiques suivantes concernent les feux de forêts ;

Ford, R. T. *Investigation of Wildfires.* Bend, OR : Maverick Publications, 1995.

International Fire Service Training Association. *Fundamentals of Wildland Firefighting.* 3rd edition. Stillwater, OK : IFSTA, 1998.

Teie, W. C. Firefighters Handbook on Wildland Firefighting Strategy, Tactics & Safety. Rescue, CA : Deer Valley Press, 3rd edition, 2005.

Uman, M. A. All About Lightning. New York, NY, Dover Publications, 1986.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

NFPA 921 / 6

Annexe C Références données à titre d'information

C.1 Publications référencées. (Réservé)

C.1.1 Other Publications. Bolstad-Johnson, Dawn M., et. al, Characterization of Firefighter Exposures During Fire Overhaul, Phoenix Fire Department/University of Arizona Prevention Center/Arizona State University, 1998.

Grant, C., « Respiratory Exposure Study for Fire Fighters And Other Emergency Responders », The Fire Protection Research Foundation, National Fire Protection Association, Quincy, MA, December 2007.

LeMasters, G., Genaidy, A., Succop, P., et al, « Cancer Risk Among Firefighters : A Review and Meta-Analysis of 32 Studies », Journal of Occupational and Environmental Medicine, Volume 48, Number 11, November 2006, pp. 1189-1202.

Kinnes, G., Hine, G., Health Hazard Evaluation Report 96-0171-2692, Bureau of Alcohol, Tobacco, and Firearms, Washington, D.C, May 1998.

Snyder, E., Health Hazard Evaluation Report 2004-0368-3030, Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives, Austin, TX, January 2007.

C.2 Références informatives.

Les documents ou extraits, ci-après, sont uniquement énumérés à titre informatif. Ils ne sont pas référencés, en tant que tels, dans le présent guide.

ASTM S1-10, IEEE Standard for Use of International System of Units (SI). The Modern Metric System, 1991.

Putorti, A. J. Jr. (NIST), « Full Scale Room Burn Pattern Study, » NIJ Report 601-97, Publication #169 281, National Institute of Justice, National Criminal Justice Reference Service, Washington, DC, 1997.

Smith, H. W., *Strategies of Social Research, The Methodological Imagination*, Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall, 1975, pp. 58, 61.

NFPA 550, Guide to the Fire Safety Concepts Tree, 2007 edition.

NFPA 1033, Standard for Professional Qualifications for Fire Investigator, 2003 edition.

National Association of Fire Investigators, « The National Fire Investigator. »

Kennedy, P., et J. Shanley. FA 178, « USFA Fire Burn Pattern Tests - Program for the Study of Fire Patterns, » Emmitsburg, MD : U.S. Fire Administration, July 1997.

Ackland, P. J., et A. E. Willey. *Fire Investigation in Commercial Kitchen Systems*, Summerland, B.C. : Philip Ackland Holdings Ltd., 2005.

Anon. « Safety Data for Linseed Oil. »

Applied Technical Services, Inc.

Babrauskas, V. « Estimating Room Flashover Potential, » *Fire Technology* 16, No. 2 (May 1980) : 94–103.

Babrauskas, V., « Pyrophoric Carbon... The Jury Is Still Out, » *Fire and Arson Investigator*, Vol. 51, No. 2, 12–14 Jan. 2001.

Cuzzillo, B. R., P. J. Pagni, R. B. Williamson, et R. A. Schroeder, « The Verdict Is In : Pyrophoric Carbon Is Out, » *Fire and Arson Investigator* 53(1), October 2002, pp. 19–21.

Donahue, M.*Safety and Health Guidelines for Fire and Explosion Investigators*. Stillwater, OK : Fire Protection Publications, 2002.

Ohlemiller, T. J. « Smoldering Combustion, » *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. Quincy, MA : Society of Fire Protection Engineers, 1995, Section 2, Chapter 11.

Bennett, C. O., et J. E. Myers. *Momentum, Heat, and Mass Transfer*, 2nd edition, New York : McGraw-Hill Book Co., 1974.

Fang, J. B., et J. N. Breese. « Fire Development in Residential Basement Rooms. » National Bureau of Standards, NBSIR 80-2120, Gaithersburg, MD, 1980.

Guide to Plastics. New York : McGraw-Hill, 1989.

Tan, S. H. « Flare System Design Simplified, » *Hydrocarbon Processing*, 1967, pp. 172–176.

Flick, E. W. *Industrial Solvents Handbook*, 5th edition. Park Ridge, NJ : Noyes Data Corp., 1998.

C.3 Références des citations dans les sections informatives. (Réservé)

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Index en version anglaise originale.

Index

Copyright © 2011 National Fire Protection Association. All Rights Reserved.

The copyright in this index is separate and distinct from the copyright in the document that it indexes. The licensing provisions set forth for the document are not applicable to this index. This index may not be reproduced in whole or in part by any means without the express written permission of NFPA.

-A-

Absolute Temperature
Definition ... 3.3.1, A.3.3.1
Accelerant
Definition ... 3.3.2
Accident
Definition ... 3.3.3
Administration ... Chap. 1
Application ... 1.3
Purpose ... 1.2
Scope ... 1.1
Ambient
Definition ... 3.3.4
Ampacity
Definition ... 3.3.5
Ampere
Definition ... 3.3.6
Analyzing the Incident for Cause and Responsibility ... Chap. 19
Determining Responsibility ... 19.5
Assessing Responsibility ... 19.5.3
Definition of Responsibility ... 19.5.2
Degrees of Responsibility ... 19.5.4
Nature of Responsibility ... 19.5.1
General ... 19.1, A.19.1
The Cause of Bodily Injury or Loss of Life ... 19.4
Emergency Preparedness ... 19.4.2
Fire/Smoke Spread ... 19.4.1
The Cause of Damage to Property Resulting from the Incident ... 19.3
Fire/Smoke Spread ... 19.3.2
Other Consequential Damage ... 19.3.3
The Cause of the Fire or Explosion ... 19.2
Classification of the Cause ... 19.2.1
Accidental Fire Cause ... 19.2.1.1
Incendiary Fire Cause ... 19.2.1.3
Natural Fire Cause ... 19.2.1.2
Undetermined Fire Cause ... 19.2.1.4
Appliances ... Chap. 24
Appliance Components ... 24.5
Appliance Housings ... 24.5.1
Aluminum ... 24.5.1.3
Ceramics ... 24.5.1.8
Glass ... 24.5.1.7
Introduction ... 24.5.1.1
Other Metals ... 24.5.1.4
Plastic ... 24.5.1.5
Steel ... 24.5.1.2, A.24.5.1.2
Wood ... 24.5.1.6
Heating Elements ... 24.5.7
Lighting ... 24.5.8
Fluorescent Lighting Systems ... 24.5.8.1
High Intensity Discharge Lighting Systems ... 24.5.8.2, A.24.5.8.2
Miscellaneous Components ... 24.5.9
Motors ... 24.5.6
Power Sources ... 24.5.2
Batteries ... 24.5.2.3
Overcurrent Protection ... 24.5.2.4
Power Cords ... 24.5.2.1
Voltages Less than 120 ... 24.5.2.2
Solenoids and Relays ... 24.5.4
Switches ... 24.5.3
Automatic Switches ... 24.5.3.2
Fuses and Circuit Breakers ... 24.5.3.2.1
Temperature Switches ... 24.5.3.2.2
Manual Switches ... 24.5.3.1
Transformers ... 24.5.5
Appliance Scene Recording ... 24.2
Document Appliance Information ... 24.2.4
Gathering All of the Parts from the Appliance ... 24.2.5
Measurements of the Location of the Appliance ... 24.2.2
Positions of Appliance Controls ... 24.2.3
Recording Specific Appliances ... 24.2.1
Cause Analysis Involving Appliances ... 24.4
Electrical Appliances as Ignition Sources ... 24.4.3
How the Appliance Generated Heat ... 24.4.1
Obtaining Exemplar Appliances ... 24.4.5
Photographing Appliance Disassembly ... 24.4.4
Testing Exemplar Appliances ... 24.4.6
The Use and Design of the Appliance ... 24.4.2
Common Residential Appliances ... 24.6
Clothes Dryer ... 24.6.13
Clothes Iron ... 24.6.12
Coffee Makers ... 24.6.2
Consumer Electronics ... 24.6.14
Dishwasher ... 24.6.6
Electric Blanket ... 24.6.9
Electric Can Opener ... 24.6.4
Hair Dryer and Hair Curler ... 24.6.11
Lighting ... 24.6.15
Microwave Oven ... 24.6.7
Portable Space Heater ... 24.6.8
Range or Oven ... 24.6.1
Refrigerator ... 24.6.5
Toaster ... 24.6.3
Window Air Conditioner Unit ... 24.6.10
Origin Analysis Involving Appliances ... 24.3
Fire Patterns ... 24.3.2
Plastic Appliance Components ... 24.3.3
Reconstruction of the Area of Origin ... 24.3.4
Relationship of the Appliance to the Origin ... 24.3.1
Scope ... 24.1, A.24.1
Approved
Definition ... 3.2.1, A.3.2.1
Arc
Definition ... 3.3.7
Arcing Through Char
Definition ... 3.3.8
Area of Origin
Definition ... 3.3.9
Arrow Pattern
Definition ... 3.3.10
Arson
Definition ... 3.3.11, A.3.3.11
Autoignition
Definition ... 3.3.12
Autoignition Temperature
Definition ... 3.3.13

-B-

Backdraft
Definition ... 3.3.14
Basic Fire Science ... Chap. 5
Compartment Fire Development ... 5.10

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Compartment Fire Phenomena 5.10.2
Smoke Filling 5.10.2.2
Compartment Vent Flows 5.10.3
Multiple Opening Flows 5.10.3.4
Single Opening Flows 5.10.3.3
Vent Openings 5.10.3.5
Effects of Enclosures on Fire Growth 5.10.6
Location of the Fire in the Compartment 5.10.6.2, A.5.10.6.2
Room Volume and Ceiling Height 5.10.6.1
Flashover 5.10.4
Ventilation Opening 5.10.4.4
Fully Developed Compartment Fires 5.10.5
General 5.10.1
Fire Chemistry 5.2, A.5.2
Combustion 5.2.3
General 5.2.1
Phase Changes and Thermal Decomposition 5.2.2
Fire Spread Between Compartments 5.11
Fire Spread via Barriers 5.11.2
Fire Spread via Openings 5.11.1
Fire Spread in a Compartment 5.9, A.5.9
Fire Spread 5.9.2
Fire Spread by Flame Impingement 5.9.2.1
Fire Spread by Remote Ignition 5.9.2.2
Flame Spread 5.8, A.5.8
Flame Spread on Liquids 5.8.2
Gas Phase Flame Spread 5.8.2.3
Liquid Phase Flame Spread 5.8.2.2
Flame Spread on Solids 5.8.3
Concurrent Flame Spread on Thick Fuels 5.8.3.5, A.5.8.3.5
Concurrent Flame Spread on Thin Fuels 5.8.3.3
Counterflow Flame Spread on Thick Fuels 5.8.3.4, A.5.8.3.4
Counterflow Flame Spread on Thin Fuels 5.8.3.2
Role of External Heating on Flame Spread 5.8.3.7
Role of Melting and Dripping in Flame Spread 5.8.3.6
General 5.8.1
Concurrent Flame Spread 5.8.1.2
Counterflow Flame Spread 5.8.1.1
Fire Spread on Sloped Surfaces 5.8.1.3
Fire Spread in an Inclined Trench 5.8.1.3.1, A.5.8.1.3.1
Fluid Flows 5.4, A.5.4
Buoyant Flows 5.4.2
Ceiling Jets 5.4.4
Fire Plumes 5.4.3
General 5.4.1
Vent Flows 5.4.5
Fuel Load, Fuel Packages, and Properties of Flames 5.6, A.5.6
Fuel Items and Fuel Package 5.6.2
Fuel Load 5.6.1
Heat Fluxes from Flames 5.6.6
Heat Fluxes from Flames to Contacted Surfaces 5.6.6.1
Ceilings 5.6.6.1.2
Walls 5.6.6.1.1
Heat Fluxes from Flames to Remote Surfaces 5.6.6.2, A.5.6.6.2
Heat Release Rate 5.6.3
Properties of Flames 5.6.4
Color of Flame 5.6.4.1
Flame Height 5.6.4.5
Fuel Package Location 5.6.4.6, A.5.6.4.6
Air Entrainment 5.6.4.6.1
Analysis of Wall Effects 5.6.4.6.6
Effect of Corners 5.6.4.6.5
Effect of Reduced Air Entrainment 5.6.4.6.3
Flame Height 5.6.4.6.3.2
Plume and Upper Layer Temperatures 5.6.4.6.3.1
Effect of Walls 5.6.4.6.4
Flame and Plume Attachment 5.6.4.6.2
Outdoor Fires 5.6.4.6.7
Thermal Structure of a Flame 5.6.5
Continuous Flaming Region 5.6.5.1
Intermittent Flame Region 5.6.5.2
Plume Region 5.6.5.3
Heat Transfer 5.5, A.5.5
Conduction 5.5.2
Thermal Inertia 5.5.2.3
Convection 5.5.3
General 5.5.1
Radiation 5.5.4
Ignition 5.7, A.5.7
General 5.7.1
Ignition of Flammable Gases 5.7.2
Ignition of Liquids 5.7.3
Flashpoint 5.7.3.1
Ignition of Solids 5.7.4
Flaming Autoignition of Solids 5.7.4.3
Piloted Flaming Ignition of Solid Fuels 5.7.4.2
Smoldering Ignition and Initiation of Solid Phase Burning 5.7.4.1
Common Materials Subject to Self-Heating 5.7.4.1.4, A.5.7.4.1.4
General 5.7.4.1.1
Mechanism of Self-Heating to Ignition 5.7.4.1.3
Charcoal Briquettes 5.7.4.1.3.10, A.5.7.4.1.3.10
Contaminants 5.7.4.1.3.11, A.5.7.4.1.3.11
Wood Ignition 5.7.4.1.3.9, A.5.7.4.1.3.9
Oxidizer Fires 5.7.4.1.5
Pyrophoric Materials 5.7.4.1.6
Self-Heating and Self-Ignition 5.7.4.1.2
Transition to Flaming Combustion 5.7.4.1.7
Introduction 5.1
Fire Tetrahedron 5.1.2
Fuel 5.1.2.1
Heat 5.1.2.3
Oxidizing Agent 5.1.2.2
Uninhibited Chemical Chain Reaction 5.1.2.4
General 5.1.1, A.5.1.1
Paths of Smoke Spread in Buildings 5.12
Products of Combustion 5.3, A.5.3
Basic Methodology ..... Chap. 4
Basic Method of a Fire Investigation 4.4
Analyzing the Incident 4.4.5
Collecting and Preserving Evidence 4.4.4
Conclusions 4.4.6
Conducting the Investigation 4.4.3
Preparing for the Investigation 4.4.2
Receiving the Assignment 4.4.1
Level of Certainty 4.5
Expert Opinions 4.5.3
Nature of Fire Investigations 4.1, A.4.1
Relating Fire Investigation to the Scientific Method 4.3
Analyze the Data 4.3.4, A.4.3.4
Avoid Presumption 4.3.7
Collect Data 4.3.3
Confirmation Bias 4.3.9, A.4.3.9
Define the Problem 4.3.2
Develop a Hypothesis (Inductive Reasoning) 4.3.5, A.4.3.5
Expectation Bias 4.3.8
Recognize the Need 4.3.1
Test the Hypothesis (Deductive Reasoning) 4.3.6, A.4.3.6
Reporting Procedure 4.7
Review Procedure 4.6
Administrative Review 4.6.1
Limitations of Administrative Reviews 4.6.1.1
Peer Review 4.6.3
Limitations of Peer Reviews 4.6.3.2
Technical Review 4.6.2
Limitations of Technical Reviews 4.6.2.1
Systematic Approach 4.2

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Bead
Definition 3.3.15
Bibliography ..... Annex B
Blast Pressure Front
Definition 3.3.16
BLEVE
Definition 3.3.17
Bonding
Definition 3.3.18
British Thermal Unit (Btu)
Definition 3.3.19
Building Fuel Gas Systems ..... Chap. 9
Common Appliance and Equipment Requirements 9.7
Appliance Controls 9.7.3
Installation 9.7.1
Accessibility for Service 9.7.1.5
Approved Appliances, Accessories, and Equipment 9.7.1.1
Areas of Flammable Vapors 9.7.1.3, A.9.7.1.3
Clearance to Combustible Materials 9.7.1.6
Electrical Connections 9.7.1.7
Gas Appliance Pressure Regulators 9.7.1.4
Type of Gas 9.7.1.2
Venting and Air Supply 9.7.2
Common Fuel Gas System Components 9.5
Gas Burners 9.5.4
Manual Ignition 9.5.4.1
Pilot Lights 9.5.4.2
Pilotless Igniters 9.5.4.3
Pressure Regulation (Reduction) 9.5.1
Excess Pressures 9.5.1.3
General 9.5.1.1
Normal Working Pressures 9.5.1.2
Service Piping Systems 9.5.2
Materials for Mains and Services 9.5.2.1
Underground Piping 9.5.2.2
Valves 9.5.3
Common Fuel Gas Utilization Equipment 9.8, A.9.8
Air Heating 9.8.1
Cooking 9.8.3
Engines 9.8.5
Illumination 9.8.6
Incinerators, Toilets, and Exhaust Afterburners 9.8.7
Refrigeration and Cooling 9.8.4
Water Heating 9.8.2
Common Piping in Buildings 9.6
Electrical Bonding and Grounding 9.6.7
Joints and Fittings 9.6.3
Main Shutoff Valves 9.6.5
Piping Installation 9.6.4
Piping Materials 9.6.2
Prohibited Locations 9.6.6
Size of Piping 9.6.1
Fuel Gases 9.2, A.9.2
Commercial Propane 9.2.2
Natural Gas 9.2.1
Odorization 9.2.4
Other Fuel Gases 9.2.3
Commercial Butane 9.2.3.1
Manufactured Gases 9.2.3.3
Propane HD5 ..... 9.2.3.2
Introduction 9.1, A.9.1
Additional Fire Spread 9.1.2
Impact of Fuel Gases on Fire and Explosion Investigations 9.1.1
Both Fuel Source and Ignition Source 9.1.1.3
Fuel Sources 9.1.1.1
Ignition Sources 9.1.1.2
Investigating Fuel Gas Systems Incidents 9.9
Collection of Gas Piping 9.9.8
Compliance with Codes and Standards 9.9.3
Fuel Gas System Analysis 9.9.2
Necessary Measurements and Diagrams 9.9.2.1
Leakage 9.9.4
Corrosion 9.9.4.7
Malfunctioning Appliances and Controls 9.9.4.5
Physical Damage 9.9.4.8, A.9.9.4.8
Pilot Lights 9.9.4.2
Pipe Junctions 9.9.4.1
Regulators 9.9.4.6
Uncapped Pipes and Outlets 9.9.4.4
Unlit Burners 9.9.4.3
Locating Leaks 9.9.6
Bar Holing 9.9.6.3
Gas Detector Surveys 9.9.6.2
Soap Bubble Test 9.9.6.1
Vegetation Surveys 9.9.6.4
Pressure Testing 9.9.5
Gas Meter Test 9.9.5.2
General 9.9.5.1
Pressure Drop Method 9.9.5.3, A.9.9.5.3
Testing Flow Rates and Pressures 9.9.7
Underground Migration of Fuel Gases 9.9.9, A.9.9.9
General 9.9.9.1
Odorant Removal from Gas 9.9.9.2, A.9.9.9.2
LP-Gas Systems 9.4
Container Appurtenances 9.4.2
Connections for Flow Control 9.4.2.2
Liquid Level Gauging Devices 9.4.2.3
Pressure Gauges 9.4.2.4
Pressure Relief Devices 9.4.2.1
LP-Gas Storage Containers 9.4.1
Cylinders 9.4.1.2, A.9.4.1.2
Tanks 9.4.1.1, A.9.4.1.1
Pressure Regulation 9.4.3
Vaporizers 9.4.4
Natural Gas Systems 9.3
Main Pipelines (Mains) 9.3.2
Metering 9.3.4
Service Lines 9.3.3
Transmission Pipelines 9.3.1, A.9.3.1
Building Systems ..... Chap. 7
Construction Assemblies 7.4
Concealed Spaces 7.4.5
Doors 7.4.4
Floor/Ceiling/Roof Assemblies 7.4.2
General 7.4.1
Walls 7.4.3
Features of Design, Construction, and Structural Elements in Evaluating Fire Development 7.2
Building Design 7.2.2
Building Loads 7.2.2.2
Compartmentation 7.2.2.4
Concealed and Interstitial Spaces 7.2.2.5
General 7.2.2.1
Planned Design as Compared to "As-Built" Condition 7.2.2.6
Room Size 7.2.2.3
Computer Fire Model Survey of Building Component Variations 7.2.5
Explosion Damage 7.2.6
General 7.2.1
Materials 7.2.3
Flammability 7.2.3.2
Ignitibility 7.2.3.1
Orientation, Position, and Placement 7.2.3.7
Physical State and Heat Resistance 7.2.3.6
Thermal Conductivity 7.2.3.4
Thermal Inertia 7.2.3.3
Toxicity 7.2.3.5
Occupancy 7.2.4
Introduction 7.1, A.7.1
Types of Construction 7.3
General 7.3.1

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Mill Construction 7.3.4
Noncombustible Construction 7.3.5
Concrete or Masonry Construction 7.3.5.3
General 7.3.5.1
Metal Construction 7.3.5.2
Ordinary Construction 7.3.3
Wood Frame 7.3.2
Alternative Residential Construction 7.3.2.6
Manufactured Homes (Mobile Homes) 7.3.2.6.1
Modular Homes 7.3.2.6.2
Steel Frame Residential Construction 7.3.2.6.3
Balloon Frame 7.3.2.2
Heavy Timber 7.3.2.5
Manufactured Wood Structural Elements 7.3.2.7
Plank and Beam 7.3.2.3
Platform Frame Construction 7.3.2.1
Post and Frame 7.3.2.4
Burning Rate
Definition 3.3.20

-C-

Calorie
Definition 3.3.21
Cause
Definition 3.3.22
Ceiling Jet
Definition 3.3.23
Ceiling Layer
Definition 3.3.24
Char
Definition 3.3.25
Char Blisters
Definition 3.3.26
Clean Burn
Definition 3.3.27
Code
Definition 3.2.2, A.3.2.2
Combustible
Definition 3.3.28, A.3.3.28
Combustible Gas Indicator
Definition 3.3.29, A.3.3.29
Combustible Liquid
Definition 3.3.30
Combustion
Definition 3.3.31
Combustion Explosions 21.2.3.1.1
Combustion Products
Definition 3.3.32
Competent Ignition Source
Definition 3.3.33
Conduction
Definition 3.3.34
Convection
Definition 3.3.35
Creep
Definition 3.3.36
Current
Definition 3.3.37

-D-

Deductive Reasoning
Definition 3.3.38
Definitions ..... Chap. 3
Deflagration
Definition 3.3.39
Density
Definition 3.3.40
Detection
Definition 3.3.41
Detonation
Definition 3.3.42
Diffuse Fuel
Definition 3.3.43
Diffusion Flame
Definition 3.3.44

Documentation of the Investigation ..... Chap. 15
Diagrams and Drawings 15.4
Diagram Elements 15.4.4
Drawing Tools and Equipment 15.4.3
Drawings 15.4.5
Details and Sections 15.4.5.4
Elevations 15.4.5.3
Exploded View Diagrams 15.4.5.5
Floor Plans 15.4.5.2
Site or Area Plans 15.4.5.1
Specialized Fire Investigation Diagrams 15.4.5.7
Three-Dimensional Representations 15.4.5.6
Availability of Dimensional Data 15.4.5.6.2
Structural Dimensions 15.4.5.6.1
Prepared Design and Construction Drawings 15.4.6
Appliances and Building Equipment 15.4.6.5
Architectural and Engineering Drawings 15.4.6.2
Architectural and Engineering Schedules 15.4.6.3
General 15.4.6.1
Specifications 15.4.6.4, A.15.4.6.4
Selection of Drawings 15.4.2
Types of Drawings 15.4.1
Diagrams 15.4.1.2
Sketches 15.4.1.1
Introduction 15.1, A.15.1
Note Taking 15.3
Dictation of Field Notes 15.3.3
Forms for Collecting Data 15.3.2, A.15.3.2
Forms of Incident Field Notes 15.3.1
Photography 15.2
Basics 15.2.3
Digital Photography 15.2.3.4
Film 15.2.3.3
Filters 15.2.3.6
General 15.2.3.1
Lenses 15.2.3.5
Lighting 15.2.3.7
Special Types of Photography 15.2.3.8
Types of Cameras 15.2.3.2
Composition and Techniques 15.2.4
Assisting Photographer 15.2.4.5
Mosaics 15.2.4.3
Photo Diagram 15.2.4.4
Photography and the Courts 15.2.4.6
Sequential Photos 15.2.4.2
General 15.2.1
Photography Tips 15.2.7
Presentation of Photograph 15.2.8
Computer-Based Presentations 15.2.8.3
Prints versus Slides 15.2.8.1
Video Presentation 15.2.8.2
Suggested Activities to Be Documented 15.2.6
Aerial Photographs 15.2.6.11
Crowd or People Photographs 15.2.6.2
During the Fire 15.2.6.1
Evidence Photographs 15.2.6.8
Exterior Photographs 15.2.6.4
Fire Suppression Photographs 15.2.6.3
Interior Photographs 15.2.6.6
Structural Photographs 15.2.6.5
Utility and Appliance Photographs 15.2.6.7
Victim Photographs 15.2.6.9
Witness Viewpoint Photographs 15.2.6.10
Timing 15.2.2
Video 15.2.5
Reports 15.5, A.15.5
Descriptive Information 15.5.1
Opinions and Conclusions 15.5.3
Pertinent Facts 15.5.2
Drop Down
Definition 3.3.45

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

-E-

Effective Fire Temperatures
Definition 3.3.46
Electric Spark
Definition 3.3.47
Electricity and Fire ..... Chap. 8
Basic Electricity 8.2
Ampacity 8.2.3
Applying Ohm's Law 8.2.8
Comparing Electricity to Hydraulics 8.2.2
Comparing Closed Hydraulic Systems to Electrical Circuits 8.2.2.6
Comparing Hydraulic Friction Loss to Electrical Resistance 8.2.2.7
Comparing Hydraulic Pressure to Voltage 8.2.2.2
Comparing Pipe Size to Wire Gauge 8.2.2.8
Comparing Water Flow to Current 8.2.2.3
Comparing Water Pipes to Conductors 8.2.2.5
Direct Current and Alternating Current 8.2.2.4
Elements of Hydraulic and Electrical Systems 8.2.2.1
Conductivity of Conductors 8.2.4
Electrical Power 8.2.6
General 8.2.1
Ohm's Law Wheel 8.2.7
Ohm's Law 8.2.5
Branch Circuits 8.7
Aluminum Conductors 8.7.4, A.8.7.4
Copper-Clad Aluminum 8.7.4.2
Pure Aluminum 8.7.4.1
Conductors 8.7.1
Copper Conductors 8.7.3
Insulation 8.7.5
General 8.7.5.1
Other Materials 8.7.5.4
Polyvinyl Chloride (PVC) 8.7.5.2
Rubber 8.7.5.3
Sizes of Conductors 8.7.2
Building Electrical Systems 8.3
Electrical Service 8.3.2
Single-Phase Service 8.3.2.1
Three-Phase Service 8.3.2.2
General 8.3.1, A.8.3.1
Meter and Base 8.3.3
Significance 8.3.4
Grounding 8.5
Floating Neutral (Open Neutral) 8.5.2
General 8.5.1
Identification of Arc Melting of Electrical Conductors 8.11
Beaded Conductor 8.11.10
Collecting Evidence 8.11.6
Considerations and Cautions 8.11.3
Deteriorated Insulation 8.11.7
Melting Caused by Electrical Arcing 8.11.1
Melting Caused by Fire 8.11.2
Nicked or Stretched Conductors 8.11.5
Overdriven or Misdriven Staple 8.11.8, A.8.11.8
Short Circuit 8.11.9
Undersized Conductors 8.11.4
Ignition by Electrical Energy 8.9
Arcs 8.9.4
Arcing Across a Carbonized Path 8.9.4.5, A.8.9.4.5
Arc Tracking 8.9.4.5.1
General 8.9.4.1
High-Voltage Arcs 8.9.4.2
Parting Arcs 8.9.4.4
Static Electricity 8.9.4.3
General 8.9.1
High-Resistance Faults 8.9.6
Overcurrent and Overload 8.9.3
Resistance Heating 8.9.2
General 8.9.2.1
Heat-Producing Devices 8.9.2.2
Poor Connections 8.9.2.3
Sparks 8.9.5
Interpreting Damage to Electrical Systems 8.10
Arcing Through a Carbonized Path Due to Thermal Means (Arcing Through Char) 8.10.3, A.8.10.3
Arcing Involving Uninsulated Conductors 8.10.3.4, A.8.10.3.4
Effects Not Caused by Electricity 8.10.6
Alloying 8.10.6.3, A.8.10.6.3
Conductor Surface Colors 8.10.6.1
Mechanical Gouges 8.10.6.4, A.8.10.6.4
Melting by Fire 8.10.6.2
General 8.10.1
Overheating Connections 8.10.4, A.8.10.4
Overload 8.10.5, A.8.10.5
Short-Circuit and Ground-Fault Parting Arcs 8.10.2, A.8.10.2
Introduction 8.1, A.8.1
Outlets and Devices 8.8
Other Outlets, Devices, or Equipment 8.8.3
Receptacles 8.8.2
Switches 8.8.1
Overcurrent Protection 8.6
Circuit Breaker Panels 8.6.4
Circuit Breakers 8.6.3
Arc Fault Circuit Interrupter (AFCI) 8.6.3.5
Branch Circuit Breakers 8.6.3.3
Ground Fault Circuit Interrupter (GFCI) 8.6.3.4
Main Breakers 8.6.3.2
Operations 8.6.3.1
Fuses 8.6.2
Cartridge Fuses 8.6.2.5
Operations 8.6.2.1
Plug Fuses 8.6.2.2
Time-Delay Fuses 8.6.2.4
Type S Fuses 8.6.2.3
General 8.6.1
Service Equipment 8.4
Static Electricity 8.12
Conditions Necessary for Static Arc Ignition 8.12.6
Controlling Accumulations of Static Electricity 8.12.5
Bonding and Grounding 8.12.5.2
Humidification 8.12.5.1
Generation of Static Electricity 8.12.2
Charges on the Surface of a Liquid 8.12.2.3
Clothing 8.12.2.9
Dusts and Fibers 8.12.2.7
Gases 8.12.2.6
General 8.12.2.1
Ignitible Liquids 8.12.2.2, A.8.12.2.2
Spraying Operations 8.12.2.5
Static Electric Discharge from the Human Body 8.12.2.8
Switch Loading 8.12.2.4, A.8.12.2.4
Ignition Energy 8.12.4, A.8.12.4
Incendive Arc 8.12.3, A.8.12.3
Arcs Between Conductors 8.12.3.3
Discharges Between Conductors and Insulators 8.12.3.4
Introduction to Static Electricity 8.12.1
Investigating Static Electric Ignitions 8.12.7
Lightning 8.12.8, A.8.12.8
General 8.12.8.1
Lightning Bolt Characteristics 8.12.8.2
Lightning Damage 8.12.8.4
Lightning Detection Networks 8.12.8.5
Lightning Strikes 8.12.8.3
Entrainment
Definition 3.3.48
Explanatory Material ..... Annex A
Explosion
Definition 3.3.49

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Explosions ..... Chap. 21
Analyze Fuel Source 21.16
Analyze Ignition Source 21.17
Analyze Origin (Epicenter) 21.15
Analyze to Establish Cause 21.18
Analysis of Damaged Items and Structures 21.18.5
Correlation of Explosion Type and Energy with Damage Incurred 21.18.4, A.21.18.4
Correlation of Thermal Effects 21.18.6
Damage Pattern Analysis 21.18.3
Debris Analysis 21.18.3.1
Relative Structural Damage Analysis 21.18.3.2
General 21.18.1
Time Line Analysis 21.18.2
Backdraft (Smoke Explosions) 21.10, A.21.10
Characterization of Explosion Damage 21.3
High-Order Damage 21.3.2, A.21.3.2
Low-Order Damage 21.3.1
Dust Explosions 21.9
Concentration 21.9.3, A.21.9.3
General 21.9.1
Minimum Ignition Energy for Dust 21.9.6
Moisture 21.9.5, A.21.9.5
Multiple Explosions 21.9.7
Particle Size 21.9.2, A.21.9.2
Turbulence in Dust Explosions 21.9.4
Effects of Explosions 21.4
Blast Overpressure and Wave Effect 21.4.1
General 21.4.1.1
Negative Pressure Phase 21.4.1.3
Positive Pressure Phase 21.4.1.2
Rate of Pressure Rise versus Maximum Pressure 21.4.1.5
Shape of Blast Wave (Front) 21.4.1.4
Seismic Effect (Ground Shock) 21.4.4
Shrapnel Effect (Projectiles) 21.4.2
Thermal Effect 21.4.3
Explosives 21.12, A.21.12
High Explosives 21.12.2
Low Explosives 21.12.1
Factors Controlling Explosion Effects 21.5
Blast Pressure Front Modification by Refraction and Blast Focusing 21.5.7
Blast Pressure Wave (Blast Pressure Front) Modification by Reflection 21.5.6
Fuel 21.5.1
Location and Magnitude of Ignition Source 21.5.4, A.21.5.4
Nature of Confining Space 21.5.3, A.21.5.3
Turbulence 21.5.2
Venting 21.5.5
Gas/Vapor Combustion Explosions 21.8
Ignition of Gases and Vapors 21.8.1, A.21.8.1
Interpretation of Explosion Damage 21.8.2
Fuel-to-Air Ratio 21.8.2.1, A.21.8.2.1
Expansion Ratio 21.8.2.1.5
Laminar Burning Velocity 21.8.2.1.4, A.21.8.2.1.4
Laminar Flame Speed 21.8.2.1.6
Turbulent Flame Speed 21.8.2.1.7
Specific Gravity (air) (Vapor Density) 21.8.2.2, A.21.8.2.2
Specific Gravity (air) (Vapor Density) of Ignitable Gaseous Mixtures 21.8.2.2.7
Multiple Explosions 21.8.4, A.21.8.4
Underground Migration of Fuel Gases 21.8.3
General 21.1, A.21.1
Explosion Definition 21.1.3
Flash Fires 21.1.3.2
Hydrostatic Vessel Failure 21.1.3.1
Investigating the Explosion Scene 21.14
Detailed Scene Assessment 21.14.4
Identify Damage Effects of Explosion 21.14.4.1
Debris Field Diagram 21.14.4.1.4
Identify Force Vectors 21.14.4.4
Identify Pre-Blast and Post-Blast Fire Damage 21.14.4.2
Locate and Identify Articles of Evidence 21.14.4.3
General 21.14.1
Initial Scene Assessment 21.14.3
Document Damage 21.14.3.3
Establish Ignition Source 21.14.3.8
Establish the Origin 21.14.3.7
General 21.14.3.1
Identify Explosion or Fire 21.14.3.2
Identify Potential General Fuel Type 21.14.3.6
Identify Type of Explosion 21.14.3.5
Seated or Nonseated Explosion 21.14.3.4
Securing the Scene 21.14.2
Establish a Scene Search Pattern 21.14.2.3
Establishing the Scene 21.14.2.1
Obtain Background Information 21.14.2.2
Safety at the Explosion Scene 21.14.2.4
Investigation of Explosive Incidents 21.13
Nonseated Explosions 21.7
Backdraft (Smoke Explosion) 21.7.4
Dusts 21.7.3, A.21.7.3
Fuel Gases 21.7.1
Pooled Flammable/Combustible Liquids 21.7.2
Outdoor Vapor Cloud Explosions 21.11
Seated Explosions 21.6
BLEVE 21.6.5
Boiler and Pressure Vessels 21.6.3
Confined Fuel Gas and Liquid Vapor 21.6.4
Explosives 21.6.2
General 21.6.1
Types of Explosions 21.2, A.21.2
BLEVEs 21.2.2, A.21.2.2
Chemical Explosions 21.2.3, A.21.2.3
Electrical Explosions 21.2.4
Mechanical Explosions 21.2.1
Nuclear Explosions 21.2.5
Explosive
Definition 3.3.50
Explosive Material
Definition 3.3.51
Exposed Surface
Definition 3.3.52
Extinguish
Definition 3.3.53

-F-

Failure
Definition 3.3.54
Failure Analysis
Definition 3.3.55
Failure Analysis and Analytical Tools ..... Chap. 20
Data Required for Modeling and Testing 20.6
Materials and Contents 20.6.1
Ventilation 20.6.2
Fire Testing 20.5
Fire Test Methods 20.5.2, A.20.5.2
Limitations of Fire Testing 20.5.3
Role of Fire Testing 20.5.1
Introduction 20.1, A.20.1
Mathematical Modeling 20.4
Egress Analysis 20.4.7, A.20.4.7
Fire Dynamics Analysis 20.4.8, A.20.4.8
Flammable Gas Concentrations 20.4.3
General 20.4.1
Limitations of Mathematical Modeling 20.4.1.3
Heat Transfer Analysis 20.4.2
Hydraulic Analysis 20.4.4
Structural Analysis 20.4.6
Thermodynamic Chemical Equilibrium Analysis 20.4.5

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Systems Analysis 20.3
Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) 20.3.2
Fault Trees 20.3.1, A.20.3.1
Time Lines 20.2
Benchmark Events 20.2.4
General 20.2.1
Hard Time (Actual) 20.2.2
Multiple Time Lines 20.2.5
Scaled Time Line 20.2.5.5
Soft Time (Estimated) 20.2.3
Fall Down
Definition 3.3.56
Finish Rating
Definition 3.3.57
Fire
Definition 3.3.58
Fire Analysis
Definition 3.3.59
Fire and Explosion Deaths and Injuries ..... Chap. 23
Analysis of Data 23.10
Applications of Toxicology in Fire Investigation 23.10.8, A.23.10.8
The Colburn Forster Kane (CFK) Equation 23.10.8.2, A.23.10.8.2
Toxicological Analysis Techniques 23.10.8.1
Burns 23.10.6, A.23.10.6
Clothing 23.10.7
Fire Pattern 23.10.5
Medical History 23.10.4
Pre-Fire Victim Impairment 23.10.3
Timeline Development 23.10.1
Victim Activity 23.10.2
Consumption of the Body by Fire 23.3, A.23.3
Bone 23.3.3
Fat 23.3.4
Muscle 23.3.2
Skin 23.3.1
Explosion Deaths and Injuries 23.7
Collecting Physical Evidence from Explosions 23.7.1
Fire Death Pathological and Toxicological Examination 23.9, A.23.9
Burns 23.9.8, A.23.9.8
Carbon Monoxide Levels 23.9.4
Cyanide Levels 23.9.5
Death from a Medical Condition 23.9.14
Death Pre-Fire 23.9.13
Identifying the Remains 23.9.2
DNA Identification 23.9.2.6
Fingerprint Identification 23.9.2.4
Human vs. Animal Remains 23.9.2.1
Identification by Clothing and Personal Effects 23.9.2.3
Visual Identification 23.9.2.2, A.23.9.2.2
X-ray Identification 23.9.2.5
Internal Body Temperature 23.9.11
Physical Trauma and Wounds 23.9.9, A.23.9.9
Pre-Existing Medical Conditions 23.9.12
Presence of Other Toxicants 23.9.6
Smoke and Soot Exposure 23.9.7
Stomach Contents 23.9.10
The Coroner or Medical Examiner 23.9.1
Collection of Physical Evidence 23.9.1.4
X-ray Examination 23.9.3
General 23.1
Investigating Fire Scenes with Fatalities 23.5
Collection of Other Physical Evidence 23.5.8
Notification 23.5.1
Recovery of Bodies and Evidence 23.5.7
Body Removal 23.5.7.3
Layering of Debris 23.5.7.1
Sifting of Debris 23.5.7.2
Victim Clothing 23.5.7.4
Safety 23.5.4
Scene Documentation 23.5.5
Team Investigation 23.5.3
The Fire Department 23.5.2
Victim Documentation 23.5.6
Investigating Fire Scenes with Injuries 23.6
Notification Laws 23.6.1, A.23.6.1
Physical Evidence 23.6.5
Scene Documentation 23.6.2
Victim Documentation 23.6.3
Victim Timeline 23.6.4
Mechanisms of Death and Injury 23.2, A.23.2
Carbon Monoxide 23.2.1, A.23.2.1
Cyanide 23.2.2, A.23.2.2
Explosion-Related Injuries 23.2.10
Blast Pressure Injuries 23.2.10.1
Building Collapse Injuries 23.2.10.4
Shrapnel Injuries 23.2.10.2
Thermal Injuries 23.2.10.3
Hyperthermia 23.2.4
Hypoxia 23.2.8
Inhalation of Hot Gases 23.2.6, A.23.2.6
Other Toxic Gases 23.2.3
Skin Burns 23.2.5, A.23.2.5
Soot and Smoke 23.2.7
Sublethal Inhalation Exposure Effects on the Individual 23.2.9
Irritant Gases 23.2.9.2
Narcotic Gases 23.2.9.1
Smoke 23.2.9.3
Post Scene Investigation of Injuries 23.8
Access to Medical Evidence 23.8.4
Burns 23.8.1
Body Area (Distribution) 23.8.1.2
Degree of Burns 23.8.1.1, A.23.8.1.1
Hospital Tests and Documentation 23.8.3
Inhalation Medical Evidence 23.8.2
Postmortem Changes 23.4
Lividity 23.4.1
Rigor Mortis 23.4.2
Fire Cause
Definition 3.3.60
Fire Cause Determination ..... Chap. 18
Analyze the Data 18.4
Fuel Analysis 18.4.1
Geometry and Orientation 18.4.1.1
Ignition Temperature 18.4.1.2
Quantity of Fuel 18.4.1.3
Ignition Sequence 18.4.4
Ignition Source Analysis 18.4.2
Oxidant 18.4.3
Data Collection for Fire Cause Determination 18.3
Identify Fuels in the Area of Origin 18.3.1
Identify Ignition Sequence Data 18.3.5
Identify Items and Activities in Area of Origin 18.3.3
Identify Source and Form of the Heat of Ignition 18.3.2
Identify the Oxidant 18.3.4, A.18.3.4
Developing a Cause Hypothesis 18.5
Introduction 18.1
Fire Cause Factors 18.1.1
First Fuel Ignited 18.1.2
Ignition Sequence 18.1.5
Ignition Source 18.1.3
Oxidant 18.1.4
Overall Methodology 18.2
Consideration of Data 18.2.1
Point and Area of Origin 18.2.3
Sequence of Activities 18.2.2
Selecting the Final Hypothesis 18.7
Establishing the Cause 18.7.1
Inconsistent Data 18.7.2
Safety Devices and Features 18.7.3
Undetermined Fire Cause 18.7.4

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Testing the Cause Hypothesis 18.6
Deductive Reasoning 18.6.2
Hypotheses Testing Questions 18.6.3
Means of Hypothesis Testing 18.6.4
Additional Techniques 18.6.4.7
Cognitive Experiments 18.6.4.4
Fault Trees 18.6.4.6
Fundamental Principles of Science 18.6.4.2
Physical Experiments or Testing 18.6.4.3
Scientific Literature 18.6.4.1, A.18.6.4.1
Time Lines 18.6.4.5
Process of Elimination 18.6.5, A.18.6.5
Cause Undetermined 18.6.5.1
Ignition Source vs. Fire Cause 18.6.5.2, A.18.6.5.2
Scientific Method 18.6.1
Fire Dynamics
Definition 3.3.61, A.3.3.61
Fire Hazard
Definition 3.3.63
Fire Investigation
Definition 3.3.62
Fire Patterns
Definition 3.3.64
Fire Patterns ..... Chap. 6
Fire Effects 6.2
Calcination 6.2.12, A.6.2.12
General 6.2.12.1
General Indications of Calcination 6.2.12.2
Char 6.2.4
Appearance of Char 6.2.4.3
Depth of Char 6.2.4.5
Introduction 6.2.4.1
Nature of Char 6.2.4.6
Rate of Wood Charring 6.2.4.4, A.6.2.4.4
Surface Effect of Char 6.2.4.2
Clean Burn 6.2.11
Collapsed Furniture Springs 6.2.14, A.6.2.14
Color Changes 6.2.7, A.6.2.7
Deposition of Smoke on Surfaces 6.2.10, A.6.2.10
Enhanced Soot Deposition (Acoustic Soot Agglomeration) on Smoke Alarms 6.2.10.3, A.6.2.10.3
Distorted Lightbulbs 6.2.15
Mass Loss of Material 6.2.3
Melting of Materials 6.2.8
Alloying of Metals 6.2.8.6, A.6.2.8.6
General 6.2.8.1
Oxidation 6.2.6, A.6.2.6
Rainbow Effect 6.2.16
Spalling 6.2.5, A.6.2.5
Fire-Related Spalling 6.2.5.1
Non-Fire-Related Spalling 6.2.5.3
Temperature Estimation Using Fire Effects 6.2.2
Thermal Expansion and Deformation of Materials 6.2.9, A.6.2.9
Metal Construction Elements 6.2.9.2
Victim Injuries 6.2.17, A.6.2.17
Window Glass 6.2.13, A.6.2.13
Breaking of Glass 6.2.13.1
Staining of Glass 6.2.13.3
Tempered Glass 6.2.13.2
Fire Pattern Analysis 6.4
Types of Fire Patterns 6.4.1
Combination of Patterns 6.4.1.3
Fire Spread (Movement) Patterns 6.4.1.1
Heat (Intensity) Patterns 6.4.1.2
Fire Patterns 6.3
Causes of Fire Patterns 6.3.2
Full Room Involvement–Generated Patterns 6.3.2.4
Hot Gas Layer–Generated Patterns 6.3.2.3
Plume-Generated Patterns 6.3.2.1, A.6.3.2.1
Suppression-Generated Patterns 6.3.2.5
Ventilation-Generated Patterns 6.3.2.2
Effects of Room Ventilation on Pattern Magnitude and Location 6.3.2.2.3, A.6.3.2.2.3
Depth of Char Patterns with Fuel Gases 6.3.6
Introduction 6.3.1
Dynamics of Pattern Production 6.3.1.1
Lines or Areas of Demarcation 6.3.1.2
Location of Objects 6.3.4
Heat Shadowing 6.3.4.1
Protected Areas 6.3.4.2
Locations of Patterns 6.3.3
Floors 6.3.3.2
Drop Down (Fall Down) 6.3.3.2.10
Outside Surfaces 6.3.3.2.9
Walls and Ceilings 6.3.3.1
Ceilings 6.3.3.1.2
Walls 6.3.3.1.1
Pattern Geometry 6.3.7
Area Patterns 6.3.7.11
Flash Fires 6.3.7.11.2
Flashover and Full Room Involvement 6.3.7.11.1
Circular-Shaped Patterns 6.3.7.7
Doughnut-Shaped Patterns 6.3.7.9
Hourglass Patterns 6.3.7.3
Inverted Cone (Triangular) Patterns 6.3.7.2
Interpretation of Inverted Cone Patterns 6.3.7.2.1
Inverted Cone Patterns with Natural Gas 6.3.7.2.3
Irregular Patterns 6.3.7.8
Liquids Versus Melted Solids 6.3.7.8.6
Linear Patterns 6.3.7.10
Fuel Gas Jets 6.3.7.10.3
Protected Floor Areas 6.3.7.10.2
Trailers 6.3.7.10.1
Pointer and Arrow Patterns 6.3.7.6
Saddle Burns 6.3.7.12
Truncated Cone Patterns 6.3.7.5
U-Shaped Patterns 6.3.7.4
V Patterns on Vertical Surfaces 6.3.7.1
Penetrations of Horizontal Surfaces 6.3.5
Introduction 6.1
Fire Propagation
Definition 3.3.65
Fire Scene Reconstruction
Definition 3.3.66
Fire Science
Definition 3.3.67, A.3.3.67
Fire Spread
Definition 3.3.68
Fire-Related Human Behavior ..... Chap. 10
Children and Fire 10.5
Adolescent Firesetters 10.5.3
Child Firesetters 10.5.1
Juvenile Firesetters 10.5.2
Factors Related to Fire Initiation 10.4
Factors Involved in Accidental Fires 10.4.1
Housekeeping 10.4.1.2
Improper Maintenance and Operations 10.4.1.1
Key Elements of a Proper Warning 10.4.1.7
Alert Word 10.4.1.7.1
Consequences of the Danger 10.4.1.7.4
How to Avoid the Danger 10.4.1.7.3
Statement of the Danger 10.4.1.7.2
Product Labels, Instructions, and Warnings 10.4.1.3
Purpose of Instructions 10.4.1.5
Purpose of Labels 10.4.1.4
Purpose of Warnings 10.4.1.6
Standards on Labels, Instructions, and Warnings 10.4.1.8
Other Considerations 10.4.3
Recalls 10.4.2
Violations of Fire Safety Codes and Standards 10.4.4

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

General Considerations of Human Responses to Fires 10.3
Characteristics of the Fire 10.3.4
Effects of Toxic Gases and Oxygen Depletion 10.3.4.3
Presence of Flames 10.3.4.1
Presence of Smoke 10.3.4.2
Characteristics of the Physical Setting 10.3.3
Fire Alarm Systems 10.3.3.4, A.10.3.3.4
Fire Suppression Systems 10.3.3.5
Height of Structure 10.3.3.3
Locations of Exits 10.3.3.1
Number of Exits 10.3.3.2
Groups 10.3.2
Group Permanence 10.3.2.3
Group Size 10.3.2.1, A.10.3.2.1
Group Structure 10.3.2.2, A.10.3.2.2
Roles and Norms 10.3.2.4
Individual 10.3.1
Cognitive Comprehension Limitations 10.3.1.2
Familiarity with Physical Setting 10.3.1.3
Physical Limitations 10.3.1.1
History of Research 10.2
Human Factors Related to Fire Spread 10.7
Incendiary Fires 10.6
Introduction 10.1, A.10.1
Recognition and Response to Fires 10.8
Action Taken 10.8.3
Decision to Act (Response) 10.8.2
Escape Factors 10.8.4
Information Received from Survivors 10.8.5
Perception of the Danger (Sensory Cues) 10.8.1

Flame
Definition 3.3.69

Flame Front
Definition 3.3.70

Flameover
Definition 3.3.71

Flammable
Definition 3.3.72

Flammable Limit
Definition 3.3.73

Flammable Liquid
Definition 3.3.74

Flammable Range
Definition 3.3.75

Flash Fire
Definition 3.3.76

Flash Point of a Liquid
Definition 3.3.77

Flashover
Definition 3.3.78

Forensic (Forensic Science)
Definition 3.3.79

Fuel
Definition 3.3.80

Fuel Gas
Definition 3.3.81

Fuel Load
Definition 3.3.82

Fuel-Controlled Fire
Definition 3.3.83

Full Room Involvement
Definition 3.3.84

-G-

Gas
Definition 3.3.85

Glowing Combustion
Definition 3.3.86

Ground
Definition 3.3.87

Ground Fault
Definition 3.3.88

Guide
Definition 3.2.3, A.3.2.3

-H-

Hazard
Definition 3.3.89
Hazard and Risk Assessment 12.1.2.1.2
Hazard Prevention and Control 12.1.2.1.3

Heat
Definition 3.3.90, A.3.3.90

Heat and Flame Vector
Definition 3.3.91

Heat Flux
Definition 3.3.92

Heat of Ignition
Definition 3.3.93, A.3.3.93

Heat Release Rate (HRR)
Definition 3.3.94, A.3.3.94

High Explosive
Definition 3.3.95

High-Order Damage
Definition 3.3.96

Hypergolic Material
Definition 3.3.97

-I-

Ignitible Liquid
Definition 3.3.98

Ignition
Definition 3.3.99

Ignition Energy
Definition 3.3.100

Ignition Temperature
Definition 3.3.101, A.3.3.101

Ignition Time
Definition 3.3.102

Incendiary Fire Cause
Definition 3.3.103

Incendiary Fires ..... Chap. 22
Incendiary Fire Indicators 22.2
Assessment of Fire Growth and Fire Damage 22.2.8
Burn Injuries 22.2.6
Exotic Accelerants 22.2.4, A.22.2.4
Incendiary Devices 22.2.7
Delay Devices 22.2.7.2
Examples of Incendiary Devices 22.2.7.1
Presence of Ignitible Liquids in Area of Origin 22.2.7.3
Lack of Expected Fuel Load or Ignition Sources 22.2.3
Multiple Fires 22.2.1
Trailers 22.2.2
Unusual Fuel Load or Configuration 22.2.5
Introduction 22.1, A.22.1
Other Evidentiary Factors 22.4
Analysis of Confirmed Incendiary Fires 22.4.2
Geographic Areas, or Clusters 22.4.2.1, A.22.4.2.1
Materials and Method 22.4.2.3
Temporal Frequency 22.4.2.2
Evidence of Other Crimes, Crime Concealment 22.4.3
Existing or History of Code Violations 22.4.5
Indications of Financial Stress 22.4.4
Motives for Firesetting Behavior 22.4.9, A.22.4.9
Classifications of Motive 22.4.9.3, A.22.4.9.3
Crime Concealment 22.4.9.3.5, A.22.4.9.3.5
Excitement 22.4.9.3.3, A.22.4.9.3.3
Extremism 22.4.9.3.7, A.22.4.9.3.7
Introduction 22.4.9.3.1
Profit 22.4.9.3.6, A.22.4.9.3.6
Revenge 22.4.9.3.4, A.22.4.9.3.4
Vandalism 22.4.9.3.2
Peer or Group Pressure 22.4.9.3.2.2
Willful and Malicious Mischief 22.4.9.3.2.1

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

General 22.4.9.1
Motive Versus Intent 22.4.9.2
Overinsurance 22.4.7
Owner with Fires at Other Properties 22.4.6
Timed Opportunity 22.4.8
Fire Department Unavailable 22.4.8.3
Fires During Civil Unrest 22.4.8.2
Fires During Severe Natural Conditions 22.4.8.1
Potential Indicators Not Directly Related to Combustion 22.3
Entry Blocked or Obstructed 22.3.4
Fires Near Service Equipment and Appliances 22.3.2
Open Windows and Exterior Doors 22.3.6
Remote Locations with View Blocked or Obscured 22.3.1
Removal or Replacement of Contents Prior to the Fire 22.3.3
Absence of Personal Items Prior to the Fire 22.3.3.3
Removal 22.3.3.2
Replacement 22.3.3.1
Sabotage to the Structure or Fire Protection Systems 22.3.5
Damage to Fire Protection Systems 22.3.5.3
Damage to Fire-Resistive Assemblies 22.3.5.2
Introduction 22.3.5.1
Inductive Reasoning
Definition 3.3.104
Informational References ..... Annex C
Interested Party
Definition 3.3.105
Investigation Site
Definition 3.3.106
Investigative Team
Definition 3.3.107
Isochar
Definition 3.3.108

-J-

Joule
Definition 3.3.109

-K-

Kilowatt
Definition 3.3.110
Kindling Temperature
Definition 3.3.111

-L-

Laboratory Examination and Testing 16.10.1.6
Layering
Definition 3.3.112
Legal Considerations ..... Chap. 11
Constitutional Considerations 11.2
Introduction 11.1, A.11.1
Legal Considerations During the Investigation 11.3
Authority to Conduct the Investigation 11.3.1
Method of Entry 11.3.3
Administrative Search Warrant 11.3.3.3
Consent 11.3.3.1
Criminal Search Warrant 11.3.3.4
Exigent Circumstance 11.3.3.2
Right of Entry 11.3.2
Spoliation of Evidence 11.3.5
Alteration and Movement of Evidence 11.3.5.6
Documentation 11.3.5.2
Documentation Prior to Alteration 11.3.5.5
Notification Prior to Destructive Testing 11.3.5.7
Notification to Interested Parties 11.3.5.4
Remedies for Spoliation 11.3.5.3
Responsibility 11.3.5.1
The Questioning of Suspects 11.3.4
Pretrial Legal Considerations 11.4
Forms of Discovery 11.4.2
Depositions 11.4.2.3
Discovery Depositions 11.4.2.3.2
Procedure 11.4.2.3.1
Trial Depositions 11.4.2.3.3
Interrogatories 11.4.2.2
Reports 11.4.2.4
Request to Produce 11.4.2.1
Introduction 11.4.1
Motions 11.4.3
Trials 11.5
Burden of Proof 11.5.5
Civil Litigation 11.5.7
Codes, Regulations, and Standards 11.5.7.2
Negligence 11.5.7.1
Hypothetical Example of the Elements of Negligence 11.5.7.1.2
Product Liability 11.5.7.3
Strict Liability 11.5.7.4
Criminal Prosecution 11.5.6
Arson 11.5.6.1
Arson 11.5.6.1.2
Arson Statutes 11.5.6.2
Arson-Reporting Statutes 11.5.6.5
Factors to Be Considered 11.5.6.3
Other Fire-Related Criminal Acts 11.5.6.4
Forms of Examination 11.5.3
Cross-Examination 11.5.3.2
Direct Examination 11.5.3.1
Forms of Testimony 11.5.4
Affidavits 11.5.4.1
Answers to Interrogatories 11.5.4.2
Depositions and Trial Testimony 11.5.4.3
Rules of Evidence 11.5.1, A.11.5.1
Types of Evidence 11.5.2
Demonstrative Evidence 11.5.2.1
Photographs/Illustrative Forms of Evidence 11.5.2.1.1
Samples 11.5.2.1.2
Documentary Evidence 11.5.2.2
Testimonial Evidence 11.5.2.3
Admissibility of Expert Testimony 11.5.2.3.3
Expert Witnesses 11.5.2.3.2
Fact Witnesses 11.5.2.3.1
Qualifications of Expert 11.5.2.3.5
Relevance 11.5.2.3.4
Reliability of Opinions 11.5.2.3.6
Long-Term Commitment 12.1.2.1.5
Low Explosive
Definition 3.3.113
Low-Order Damage
Definition 3.3.114

-M-

Management Commitment and Employee Participation 12.1.2.1.1
Management of Complex Investigations ..... Chap. 27
Basic Information and Documents 27.2
Communications Among Interested Parties 27.3
Additional Dissemination of Information 27.3.4
Meetings 27.3.2
Meetings as the Investigation Progresses 27.3.2.2
Preliminary Meeting 27.3.2.1
Notice to Interested Parties 27.3.1
All Interested Parties 27.3.1.2
Content of Notification 27.3.1.6
Entity in Control 27.3.1.1
Making Notification 27.3.1.5
Notification of Changes 27.3.1.4
Roster of Interested Parties 27.3.1.3
Subsequent Notifications 27.3.1.7
Web Site 27.3.3

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Evidence 27.6
Evidence Control 27.6.1
Evidence Custodian 27.6.1.1
Interested Party Responsibility 27.6.1.2
Evidence Inspections 27.6.4
Destructive Inspections 27.6.4.2
Nondestructive Inspections 27.6.4.1
Testing of Evidence 27.6.4.3
Evidence Removal from the Scene 27.6.2
Evidence Storage 27.6.3
Logistics 27.7
Communications 27.7.6
Decontamination 27.7.4
Environmental 27.7.5
Equipment 27.7.2
Evidence Storage 27.7.11
Investigation Site Security 27.7.3
Lighting 27.7.10
Sanitary and Comfort Needs 27.7.7
Snow and Ice Removal 27.7.9
Transportation 27.7.1
Trash Disposal and Removal 27.7.8
Management of the Investigation 27.5
Control of the Site and Scene 27.5.2
Delegation of Control 27.5.2.2
Release of Information 27.5.2.7
Scene Integrity 27.5.2.6
Securing the Site and Scene 27.5.2.1
Site and Scene Access 27.5.2.4
Access Control 27.5.2.4.4
Control of the Site 27.5.2.4.1
Decontamination In and Out 27.5.2.4.8
Escorts 27.5.2.4.5
Establishing Procedures for Access 27.5.2.4.2
Monitoring Entry to the Site 27.5.2.4.3
Occupant Access and Control 27.5.2.4.7
Public Sector Concerns 27.5.2.4.6
Site-Specific Restrictions or Requirements 27.5.2.5
Transfer of Control 27.5.2.3
Organizational Models 27.5.1
Scope 27.1
Chapter Definitions 27.1.5
Interested Party 27.1.5.1
Investigation Site 27.1.5.2
Investigative Team 27.1.5.3
Protocol 27.1.5.4
Scene 27.1.5.5
Site 27.1.5.6
Understanding or Agreement 27.1.5.7
Work Plans 27.1.5.8
Governmental Inquiry 27.1.1
Intent 27.1.2
Interested Parties 27.1.4
Purpose 27.1.3
Site and Scene Safety 27.8
Continual Safety Monitoring 27.8.1
Understandings and Agreements 27.4
Amendments to Agreements 27.4.8
Cost Sharing 27.4.3
Disagreements 27.4.9
Information Sharing 27.4.6
Public Records of Communications 27.4.6.2
Timeliness 27.4.6.1
Interviews 27.4.7
Nondisclosure Agreements 27.4.4
Protocols 27.4.5
Purposes 27.4.1
Scheduling 27.4.2
Marine Fire Investigations ..... Chap. 28
Boat Examination 28.10
Examination of Boat Systems 28.10.2
Switches, Handles, and Levers 28.10.2.2
General 28.10.1
Examination 28.10.1.1
Boat Investigation Safety 28.3
Openings 28.3.6
Specific Safety Concerns 28.3.5
Airborne Particulates 28.3.5.2
Confined Spaces 28.3.5.1
Damage to the Structure of the Boat 28.3.5.9
Fuel Leaks 28.3.5.4
Hydrogen Gas 28.3.5.6
Identify and Assess Energy Sources 28.3.5.3
Batteries 28.3.5.3.1
Inverters 28.3.5.3.2
Shore Power 28.3.5.3.3
Other Hydrocarbon Contaminants 28.3.5.7
Sewage Holding Tank 28.3.5.5
Stability 28.3.5.8
Submerged Boat 28.3.5.11
Visual Distress Signals and Pyrotechnics 28.3.5.12
Wharves, Docks, and Jetties 28.3.5.10
Boats in Structures 28.11
Documenting Boat Fire Scenes 28.9
Boat Identification 28.9.3
Boat History 28.9.3.5
Boat Name and Hailing Port 28.9.3.4
Fire Scene History 28.9.3.6
Actions After the Fire 28.9.3.6.3
Actions Before the Fire 28.9.3.6.1
Actions During the Fire 28.9.3.6.2
Hull Identification Number (HIN) 28.9.3.1
Registration Numbers 28.9.3.2
U. S. Coast Guard Documentation Numbers 28.9.3.3
Boat Particulars 28.9.4
In Water 28.9.2
Anchored and Underway 28.9.2.2
Moored 28.9.2.1
Underwater 28.9.2.3
On Land 28.9.1
Exterior 28.5
Deck 28.5.3
Exterior Accessories 28.5.4
Hull Construction 28.5.1
Superstructure Construction Material 28.5.2
Ignition Sources 28.8
Electrical Sources 28.8.2
Electrical Connections 28.8.2.3
Electrical Short Circuiting and Arcs 28.8.2.2
Lightning 28.8.2.4
Overloaded Wiring 28.8.2.1
Static Electricity and Incendive Arcs 28.8.2.5
Hot Surfaces 28.8.3
Cooking Surfaces 28.8.3.3
Exhaust Systems 28.8.3.2
Heating Systems 28.8.3.4
Manifolds 28.8.3.1
Mechanical 28.8.4
Bearing Failures 28.8.4.1
Friction 28.8.4.2
Open Flames 28.8.1
Smoking Materials 28.8.5
Interior 28.6
Construction Materials 28.6.1
Finishes 28.6.2
Accommodation Furnishings 28.6.2.1
Engine/Machinery Compartments 28.6.2.3
Flammable/Explosive Vapor Detectors 28.6.2.4
Fuel Tanks 28.6.2.6
Interior Accessories 28.6.2.2
Storage and Holds 28.6.2.5
Introduction 28.1, A.28.1
Legal Considerations 28.12
Powerboat and Sailboat Terminology 28.2

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Propulsion Systems 28.7
Electric Systems 28.7.1
Fuels for Boats with Motorized Propulsion Systems 28.7.2
Appliance Fuel Systems 28.7.2.2
Electric Generators 28.7.2.3
Fuel Systems 28.7.2.1
Engines 28.7.2.1.1
Diesel Engines 28.7.2.1.1.3
Inboard Gasoline Engines 28.7.2.1.1.2
Outboard Engines (Outboard Motors) 28.7.2.1.1.1
Propulsion System Fluids 28.7.2.1.1.4
Other Fuel Systems Used for Propulsion 28.7.3
System Identification and Function 28.4
Accessories 28.4.9
Hydraulic Systems 28.4.9.5
Electrical Systems 28.4.5
Engine Cooling Systems 28.4.6
Exhaust System 28.4.4
Fuel Systems: Cooking and Heating 28.4.2
Alcohol 28.4.2.3, A.28.4.2.3
Compressed Natural Gas 28.4.2.2, A.28.4.2.2
Diesel 28.4.2.5
Liquefied Petroleum Gases 28.4.2.1, A.28.4.2.1
Solid Fuels 28.4.2.4
Fuel Systems: Propulsion and Auxiliary 28.4.1
Diesel 28.4.1.3, A.28.4.1.3
High Pressure/Marine Fuel Injection Systems (Including Return Systems) 28.4.1.2, A.28.4.1.2
Vacuum/Low Pressure Carbureted 28.4.1.1
Transmissions 28.4.8
Turbochargers/Super Chargers 28.4.3
Ventilation 28.4.7
Material First Ignited
Definition 3.3.115
Motor Vehicle Fires ..... Chap. 25
Agricultural Equipment and Implements Introduction 25.14
Agricultural Equipment Investigation Safety 25.14.1
Equipment Classification and Description 25.14.2
Baling Equipment 25.14.2.7
Chain Drive Systems 25.14.2.7.4
Electrical System 25.14.2.7.6
Hydraulic System 25.14.2.7.5
Pickups 25.14.2.7.3
Round Balers 25.14.2.7.1
Baling Chamber 25.14.2.7.1.1
Gate 25.14.2.7.1.2
Square Balers 25.14.2.7.2
Combines 25.14.2.2
Headers 25.14.2.2.1
Threshing/Crop Cleaning System 25.14.2.2.2
Unloading System 25.14.2.2.3
Cotton Pickers 25.14.2.4
Hydraulic System 25.14.2.4.3
Lubrication System 25.14.2.4.4
Moistener System 25.14.2.4.2
Row Units 25.14.2.4.1
Farm Tractors 25.14.2.1
Hydraulic Components 25.14.2.1.2
Power Take Off (PTO) 25.14.2.1.1
Forage Harvesters 25.14.2.3
Sprayers 25.14.2.5
Windrowers, Floaters, Spreaders, Fertilizer Applicators 25.14.2.6
Fuels 25.14.5
Biodiesel 25.14.5.2
Composite Materials 25.14.5.4
Diesel Fuel 25.14.5.1
Plastics 25.14.5.3
Rubber 25.14.5.5
Ignition Sources 25.14.6
Brakes 25.14.6.5
Electrical Sources 25.14.6.1
Electronics and Aftermarket Equipment 25.14.6.9
Friction 25.14.6.4
Hot Surfaces 25.14.6.2
Mechanical Sparks 25.14.6.3
Rotating Bearings 25.14.6.8
Rotating Shafts 25.14.6.7
Slip Clutch 25.14.6.6
Unique Fire Cause Concerns 25.14.4
Foreign Combustible Materials 25.14.4.2
Maintenance 25.14.4.3
Scrapping 25.14.4.1
Unique Safety Concerns 25.14.3
Elevated Basket 25.14.3.4
Fluid Capacities 25.14.3.1
Gate Failure 25.14.3.5
Hydraulic Bale Ejector 25.14.3.6
Internal Equipment 25.14.3.2
Overhead Electrical Hazards 25.14.3.3
Body Systems 25.6
Cargo Areas 25.6.2
Interior Finishes and Accessories 25.6.1
Fuels in Vehicle Fires 25.3
Gaseous Fuels 25.3.2
Ignitible Liquids 25.3.1
Hot Surface Ignition 25.3.1.1, A.25.3.1.1
Solid Fuels 25.3.3
Heavy Equipment 25.13
Agricultural Equipment 25.13.6
Earth-Moving Equipment 25.13.3
Forestry/Logging Equipment 25.13.4
Landfill Equipment 25.13.5
Mass Transit Vehicles 25.13.2
Medium- and Heavy-Duty Trucks, and Buses 25.13.1
Hybrid Vehicles 25.15
Hybrid Vehicle Investigation Safety 25.15.1
Hybrid Vehicle Technology 25.15.2
Investigation of Hybrid Vehicle Fires 25.15.3
Hydrogen-Fueled Vehicles 25.17
Hydrogen-Fueled Vehicle Description 25.17.2
Hydrogen-Fueled Vehicle Investigation Safety 25.17.1
Ignition Sources 25.4
Electrical Sources 25.4.2
Arc (Carbon) Tracking 25.4.2.5, A.25.4.2.5
Electrical High Resistance Connections 25.4.2.3
Electrical Short Circuits and Arcs (Electric Discharge) 25.4.2.4
External Electrical Sources Used in Vehicles 25.4.2.7
Lamp Bulbs and Filaments 25.4.2.6, A.25.4.2.6
Overloaded Wiring 25.4.2.2
Hot Surfaces 25.4.3
Mechanical Sparks 25.4.4
Open Flames 25.4.1
Smoking Materials 25.4.5
Introduction 25.1, A.25.1
Motor Vehicle Examinations 25.8
Examination of Vehicle Systems 25.8.2
General 25.8.1
Switches, Handles, and Levers 25.8.3
Recording Motor Vehicle Fire Scenes 25.7
Documenting the Scene 25.7.4
Documenting the Vehicle Away from the Scene 25.7.5
Vehicle Fire Scene History 25.7.2
Vehicle Identification 25.7.1
Vehicle Particulars 25.7.3
Recreational Vehicles 25.12
Construction 25.12.6
Exterior Construction 25.12.6.1
Interior 25.12.6.2
General 25.12.1
Ignition Sources 25.12.8

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Recreational Vehicle (RV) 25.12.3
Camping Trailers 25.12.3.3
Fifth Wheels 25.12.3.2
Motor Home 25.12.3.1
Travel Trailers 25.12.3.4
Recreational Vehicle Examinations 25.12.7
Investigating Systems and components unique to Recreational Vehicles 25.12.7.3
Recreational Vehicle Identification 25.12.9
Recreational Vehicle Information 25.12.10
Recreational Vehicle Investigation Safety 25.12.2
Airborne Particulates 25.12.2.2
Confined Spaces 25.12.2.1
Energy Sources 25.12.2.3
Stability 25.12.2.4
Recreational Vehicles in Structures 25.12.11
Systems 25.12.5
Electrical Systems 25.12.5.1
Shore Power 25.12.5.1.1
Propane Systems 25.12.5.2
Anhydrous Ammonia Absorption Refrigerators 25.12.5.2.7
Furnaces 25.12.5.2.6
Maximum Propane Container Capacities 25.12.5.2.2
Propane Regulators 25.12.5.2.1
Propane System Shielding 25.12.5.2.3
Stoves 25.12.5.2.4
Water Heaters 25.12.5.2.5
Safety Systems 25.12.5.3
Carbon Monoxide (CO) Alarms 25.12.5.3.2
Fire Extinguishers 25.12.5.3.4
Propane Alarms Detectors 25.12.5.3.3
Smoke Alarms 25.12.5.3.1
Unique Systems or Components 25.12.4
Automatic Generator Starting System (AGS) 25.12.4.3
Batteries 25.12.4.6
Electrical Converter 25.12.4.4
Electrical Inverter 25.12.4.5
Generator 25.12.4.2
Liquid Holding Tank 25.12.4.8
Means of Escape 25.12.4.7
Shore Power 25.12.4.1
Special Considerations for Incendiary Vehicle Fires 25.10
System Identification and Function 25.5
Accessories to the Mechanical Power System 25.5.6
Emission Control System 25.5.2
Exhaust System 25.5.2.4
Diesel Particulate Filters (DPF) 25.5.2.4.1
Fuel Systems 25.5.1
Diesel Fuel Systems 25.5.1.3
High-Pressure Fuel-Injected Systems 25.5.1.2, A.25.5.1.2
Natural Gas 25.5.1.4
Propane Fuel 25.5.1.5
Turbochargers 25.5.1.6
Vacuum/Low-Pressure Carbureted Systems 25.5.1.1
Hydraulic Braking System 25.5.7
Mechanical Power Distribution 25.5.5
Hydraulically Geared Transmission 25.5.5.2
Mechanically Geared Transmissions 25.5.5.1
Mechanical Power Systems 25.5.4
Air-Cooled Systems 25.5.4.3
Electric Motors 25.5.4.4
Liquid Cooling Systems 25.5.4.2
Lubrication Systems 25.5.4.1
Motor Vehicle Electrical Systems 25.5.3
Event Data Recorders (EDRs) 25.5.3.5
Other Electrical Systems 25.5.3.4
Twelve-Volt Electrical Systems 25.5.3.3
Windshield Washer Systems 25.5.8
Total Burns 25.9
Towing Considerations 25.16
Vehicle Investigation Safety 25.2
Vehicles in Structures 25.11

-N-

Noncombustible Material
Definition 3.3.116, A.3.3.116
Nonflammable
Definition 3.3.117

-O-

Ohm
Definition 3.3.118
Origin
Definition 3.3.119
Origin Determination ..... Chap. 17
Analyze the Data 17.4
Analysis of Sequential Events 17.4.6
Arc Surveys or Arc Mapping 17.4.5
Arc Survey Diagram 17.4.5.2
Arc Survey Evidence Collection 17.4.5.5
Arc Survey Limitations 17.4.5.7
Arc Survey Utilization 17.4.5.6
Documenting Arc Sites 17.4.5.4
Locating Arc Sites 17.4.5.3
Suggested Procedure 17.4.5.1, A.17.4.5.1
Depth of Calcination Survey 17.4.4
Depth of Calcination Diagram 17.4.4.1
Measuring Depth of Calcination 17.4.4.2
Depth of Char Analysis 17.4.3
Depth of Char Diagram 17.4.3.1
Depth of Char Surveys with Fuel Gases 17.4.3.5
Measuring Depth of Char 17.4.3.2
Missing Wood 17.4.3.4
Fire Dynamics 17.4.7
Fire Pattern Analysis 17.4.1
Consideration of All Patterns 17.4.1.1
Movement and Intensity Patterns 17.4.1.5
Pattern Generation 17.4.1.3
Sequence of Patterns 17.4.1.2
Ventilation 17.4.1.4
Heat and Flame Vector Analysis 17.4.2, A.17.4.2
Additional Tools for Pattern Visualization 17.4.2.3
Complementary Vectors 17.4.2.1
Heat Source 17.4.2.2
Data Collection for Origin Determination 17.3
Additional Data Collection Activities for Origin Determination 17.3.3
Building Systems and Ventilation 17.3.3.4
Description of Fuels 17.3.3.2
Electrical Loads 17.3.3.7
Electrical Systems 17.3.3.6
Fire Protection System Data 17.3.3.12
Fire Protection Systems 17.3.3.11
Fuel Gas Systems 17.3.3.9
HVAC Systems 17.3.3.8
Intrusion Alarm Systems 17.3.3.14
Liquid Fuel Systems 17.3.3.10
Pre-Fire Conditions 17.3.3.1
Security Cameras 17.3.3.13
Structure Dimensions 17.3.3.3
Weather Conditions 17.3.3.5
Witness Observations 17.3.3.15
Excavation and Reconstruction 17.3.2
Avoiding Contamination 17.3.2.6
Avoiding Spoliation 17.3.2.5
Contents 17.3.2.8
Excavation 17.3.2.3
Heavy Equipment 17.3.2.4
Safety 17.3.2.2
Scope of Excavation and Reconstruction 17.3.2.1
Washing Floors 17.3.2.7

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Initial Scene Assessment 17.3.1
Order of the Examination 17.3.1.3
Post-Fire Alterations 17.3.1.7
Safety Assessment 17.3.1.1
Scope of the Examination 17.3.1.2
Structure Exterior 17.3.1.5
Structure Interior 17.3.1.6
Surrounding Areas 17.3.1.4
Developing an Origin Hypothesis 17.5
Initial Hypothesis 17.5.1
Modifying the Initial Hypothesis 17.5.2
Introduction 17.1
Origin Insufficiently Defined 17.8
Eyewitness Evidence of Origin Area 17.8.3
Justification of a Large Area of Origin 17.8.2
Large Area Adequate for Determination 17.8.1
Overall Methodology 17.2
Recommended Methodology 17.2.5
Sequence of Activities 17.2.2
Sequential Pattern Analysis 17.2.3
Systematic Procedure 17.2.4
Selecting the Final Hypothesis 17.7
Case File Review 17.7.3
Defining the Area of Origin 17.7.1
Inconsistent Data 17.7.2
Testing of Origin Hypotheses 17.6
Analytical Techniques and Tools 17.6.2
Experimental Testing 17.6.2.3
Fire Modeling 17.6.2.2
Time Line Analysis 17.6.2.1
Means of Hypothesis Testing 17.6.1
Overcurrent
Definition 3.3.120
Overhaul
Definition 3.3.121
Overload
Definition 3.3.122, A.3.3.122
Oxygen Deficiency
Definition 3.3.123

-P-

Physical Evidence ..... Chap. 16
Chain of Custody of Physical Evidence 16.9
Contamination of Physical Evidence 16.4
Contamination by Fire Fighters 16.4.3
Contamination During Collection 16.4.2, A.16.4.2
Contamination of Evidence Containers 16.4.1
Evidence Containers 16.6
General 16.6.1
Liquid and Solid Accelerant Evidence Containers 16.6.2
Common Plastic Bags 16.6.2.4
Glass Jars 16.6.2.2
Metal Cans 16.6.2.1
Special Evidence Bags 16.6.2.3
Evidence Disposition 16.11
Examination and Testing of Physical Evidence 16.10
Comparative Examination and Testing 16.10.4
Sufficiency of Samples 16.10.3
Test Methods 16.10.2
Atomic Absorption (AA) 16.10.2.4
Autoignition Temperature of Liquid Chemicals (ASTM E 659) 16.10.2.11
Cigarette Ignition Resistance of Components of Upholstered Furniture (ASTM E 1353) 16.10.2.15
Cigarette Ignition Resistance of Mock-up Upholstered Furniture Assemblies (ASTM E 1352) 16.10.2.14
Concentration Limits of Flammability of Chemicals (ASTM E 681) 16.10.2.22
Critical Radiant Flux of Floor-Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source (ASTM E 648) 16.10.2.20
Dielectric Withstand Voltage (Mil-Std–202F Method 301) 16.10.2.28
Fire Tests of Roof Coverings (ASTM E 108) 16.10.2.19
Flammability of Aerosol Products (ASTM D 3065) 16.10.2.17
Flammability of Apparel Textiles (ASTM D 1230) 16.10.2.13
Flammability of Finished Textile Floor-Covering Materials (ASTM D 2859) 16.10.2.16
Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup (ASTM D 92) 16.10.2.7
Flash Point and Fire Point of Liquids by Tag Open-Cup Apparatus (ASTM D 1310) 16.10.2.9
Flash Point by Pensky-Martens Closed Tester (ASTM D 93) 16.10.2.8
Flash Point by Setaflash Closed Tester (ASTM D 3828) 16.10.2.10
Flash Point by Tag Closed Tester (ASTM D 56) 16.10.2.6
Gas Chromatography (GC) 16.10.2.1
Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products (ASTM E 906) 16.10.2.24
Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter (ASTM E 1354) 16.10.2.26
Heat of Combustion of Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter (Precision Method) (ASTM D 4809) 16.10.2.12
Ignition Properties of Plastics (ASTM D 1929) 16.10.2.27
Infrared Spectrophotometer (IR) 16.10.2.3
Insulation Resistance (Mil-Std–202F Method 302) 16.10.2.29
Mass Spectrometry (MS) 16.10.2.2
Measurement of Gases Present or Generated During Fires (ASTM E 800) 16.10.2.23
Pressure and Rate of Pressure Rise for Combustible Dusts (ASTM E 1226) 16.10.2.25
Room Fire Experiments (ASTM E 603) 16.10.2.21
Surface Burning Characteristics of Building Materials (ASTM E 84) 16.10.2.18
X-Ray Fluorescence 16.10.2.5
General 16.1, A.16.1
Identification of Physical Evidence 16.7
Methods of Collection 16.5
Collection of Appliances or Small Electrical Equipment 16.5.7
Collection of Electrical Equipment and System Components 16.5.6
Collection of Evidence for Accelerant Testing 16.5.4
Canine Teams 16.5.4.7, A.16.5.4.7
Canine/Handler Teams 16.5.4.2
Collection of Liquid Evidence Absorbed by Solid Materials 16.5.4.4
Collection of Liquid Samples for Ignitible Liquid Testing 16.5.4.3
Collection of Solid Samples for Accelerant Testing 16.5.4.5
Comparison Samples 16.5.4.6, A.16.5.4.6
Liquid Accelerant Characteristics 16.5.4.1
Collection of Gaseous Samples 16.5.5
Collection of Traditional Forensic Physical Evidence 16.5.3
Documenting the Collection of Physical Evidence 16.5.2
General 16.5.1
Physical Evidence 16.2
Preservation of the Fire Scene and Physical Evidence 16.3, A.16.3
Artifact Evidence 16.3.3
Fire Patterns as Physical Evidence 16.3.2
General 16.3.1
Practical Considerations 16.3.7
Protecting Evidence 16.3.4
Role and Responsibilities of Fire Suppression Personnel in Preserving the Fire Scene 16.3.5

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Caution in Fire Suppression Operations 16.3.5.3
Limiting Access of Fire Fighters and Other Emergency Personnel 16.3.5.3.6
Movement of Knobs and Switches 16.3.5.3.4
Overhaul 16.3.5.3.2
Salvage 16.3.5.3.3
Use of Power Tools 16.3.5.3.5
Use of Water Lines and Hose Streams 16.3.5.3.1
Preservation 16.3.5.2
Role and Responsibilities of the Fire Investigator 16.3.6
Transportation and Storage of Physical Evidence 16.8
Hand Delivery 16.8.1
Shipment 16.8.2
General 16.8.2.1
Shipping Electrical Evidence 16.8.2.2
Shipping of Volatile or Hazardous Materials 16.8.2.3
Storage of Evidence 16.8.3
Piloted Ignition Temperature
Definition 3.3.124
Planning the Investigation ..... Chap. 14
Basic Incident Information 14.2
Date and Time of Incident 14.2.2
Location 14.2.1
Nature and Extent of Damage 14.2.6
Purpose of Investigation 14.2.8
Security of Scene 14.2.7
Size and Complexity of Incident 14.2.4
Type and Use of Structure 14.2.5
Weather Conditions 14.2.3
Case Management 14.6
Introduction 14.1, A.14.1
Organizing the Investigation Functions 14.3
Pre-Investigation Team Meeting 14.4
Equipment and Facilities 14.4.1
Personal Safety Equipment 14.4.2
Tools and Equipment 14.4.3
Specialized Personnel and Technical Consultants 14.5
Attorney 14.5.8
Canine Teams 14.5.10
Chemical Engineer/Chemist 14.5.5
Electrical Engineer 14.5.4
Fire Science and Engineering 14.5.6
Fire Engineering Technician 14.5.6.3
Fire Engineering Technologist 14.5.6.2
Fire Protection Engineer 14.5.6.1
General 14.5.1
Industry Expert 14.5.7
Insurance Agent/Adjuster 14.5.9
Materials Engineer or Scientist 14.5.2
Mechanical Engineer 14.5.3
Plastic
Definition 3.3.125, A.3.3.125
Plume
Definition 3.3.126
Point of Origin
Definition 3.3.127
Premixed Flame
Definition 3.3.128
Preservation
Definition 3.3.129
Products of Combustion
Definition 3.3.130
Protocol
Definition 3.3.131
Proximate Cause
Definition 3.3.132
Pyrolysate
Definition 3.3.133
Pyrolysis
Definition 3.3.134
Pyrophoric Material
Definition 3.3.135

-R-

Radiant Heat
Definition 3.3.136
Radiation
Definition 3.3.137
Rate of Heat Release
Definition 3.3.138
Recommended Practice
Definition 3.2.4, A.3.2.4
Referenced Publications ..... Chap. 2
General 2.1
NFPA Publications 2.2
Other Publications 2.3
References for Extracts in Advisory Sections 2.4
Rekindle
Definition 3.3.139
Responsibility
Definition 3.3.140
Risk
Definition 3.3.141
Rollover
Definition 3.3.142

-S-

Safety ..... Chap. 12
Chemical and Contaminant Exposure 12.5
Routes of Exposure 12.5.2
Cutaneous 12.5.2.2
Ingestion 12.5.2.3
Inhalation 12.5.2.1
Injection 12.5.2.4
Ocular Exposure Route 12.5.2.5
Toxicity Exposure Levels 12.5.3
Acute Exposure 12.5.3.1
Chronic Exposure 12.5.3.2
Cumulative Exposure 12.5.3.3
Latency Period 12.5.3.4
Types of Exposure Effects 12.5.1
Local Effect 12.5.1.1
Systemic Effect 12.5.1.2
Emergency Action Plans 12.7
Additional Emergency Action Plans 12.7.5
Emergency Evacuation Plans 12.7.1
Fire Emergency Plan 12.7.4
Medical Emergency Plans 12.7.2
Severe Weather Plans 12.7.3
Factors Influencing Scene Safety 12.11
Electrical Hazards 12.11.2
Fire Scene Hazards 12.3
Biological Hazards 12.3.5
Chemical Hazards 12.3.4
Electrical Hazards 12.3.3
Lockout/Tagout (LOTO) 12.3.3.2, A.12.3.3.2
Mechanical Hazards 12.3.6
Miscellaneous Hazards 12.3.7
Mechanized Equipment Hazards 12.3.7.3
Radiological Hazards 12.3.7.1
Utilities 12.3.7.2
Physical Hazards 12.3.1
Structural Stability Hazards 12.3.2
General 12.1, A.12.1
General Injury/Health Statistics 12.1.1, A.12.1.1
Health and Safety Programs 12.1.2
Safety Clothing and Equipment 12.1.3
General Fire Scene Safety 12.2
Emergency Notification Signal 12.2.8
First Aid Kit and Emergency Notification Numbers 12.2.7
Investigating the Scene Alone 12.2.1
Investigator Fatigue 12.2.2
Safety of Bystanders 12.2.5
Status of Suppression 12.2.6
Working Above or Below Grade Level 12.2.3
Working Around Mechanized Equipment 12.2.4

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Personal Protective Equipment (PPE) 12.6
Examples of Personal Protective Equipment (PPE) 12.6.2, A.12.6.2
Proper Selection and Use of Personal Protective Equipment (PPE) 12.6.1
Decontamination 12.6.1.3, A.12.6.1.3
Standard Cloth Clothing 12.6.1.3.1
PPE Use 12.6.1.2
Safety Clothing and Equipment 12.6.1.1
Post-Scene Safety Activities 12.8
Decontamination 12.8.1
Medical Screening 12.8.2
Safety in Off-Scene Investigation Activities 12.9
Off-Scene Interviews 12.9.2
Safety Plans 12.4
Hazard and Risk Assessment 12.4.1, A.12.4.1
Control the Hazard 12.4.1.3
Administrative Controls 12.4.1.3.2
Engineering Controls 12.4.1.3.1
Proper Selection and Use of Personal Protective Equipment (PPE) 12.4.1.3.3
Determine the Risk of the Hazard 12.4.1.2
Identify the Hazards 12.4.1.1
Biological Hazards 12.4.1.1.5
Chemical Hazards 12.4.1.1.4
Electrical Hazards 12.4.1.1.3
Mechanical Hazards 12.4.1.1.6
Physical Hazards 12.4.1.1.1
Structural Hazards 12.4.1.1.2
Management of Plans and Site Safety 12.4.3
Safety Meetings and Briefings 12.4.4
Site-Specific Safety Plans 12.4.2
Confined Space Program 12.4.2.2
Hazard Communication Site Plan (HazCom Plan) 12.4.2.1, A.12.4.2.1
Special Hazards 12.10
Biological and Radiological Terrorism 12.10.3
Criminal Acts or Acts of Terrorism 12.10.1
Secondary Devices 12.10.1.1
Drug Labs 12.10.4
Exposure to Tools and Equipment 12.10.5
Residue Chemicals 12.10.2
Safety and Health Training and Education 12.1.2.1.4
Scene
Definition 3.3.143
Scientific Method
Definition 3.3.144
Seat of Explosion
Definition 3.3.145
Seated Explosion
Definition 3.3.146
Secondary Explosion
Definition 3.3.147
Self-Heating
Definition 3.3.148
Self-Ignition
Definition 3.3.149
Self-Ignition Temperature
Definition 3.3.150
Short Circuit
Definition 3.3.151
Site
Definition 3.3.152
Smoke
Definition 3.3.153
Smoke Condensate
Definition 3.3.154
Smoke Explosion
Definition 3.3.155
Smoldering
Definition 3.3.156
Soot
Definition 3.3.157
Sources of Information ..... Chap. 13
Conclusion 13.7
Forms of Information 13.3
Electronic Information 13.3.4
Verbal Information 13.3.1
Visual Information 13.3.3
Written Information 13.3.2
General 13.1
Purpose of Obtaining Information 13.1.1
Reliability of Information Obtained 13.1.2
Governmental Sources of Information 13.5
County Government 13.5.2
County Assessor 13.5.2.3
County Clerk 13.5.2.2
County Coroner/Medical Examiner 13.5.2.5
County Recorder 13.5.2.1
County Sheriff's Department 13.5.2.6
County Treasurer 13.5.2.4
Other County Agencies 13.5.2.7
Federal Government 13.5.4
Department of Agriculture 13.5.4.1
Department of Commerce 13.5.4.2
Department of Defense 13.5.4.3
Department of Energy 13.5.4.13
Department of Health and Human Services 13.5.4.4
Department of Housing and Urban Development 13.5.4.5
Department of Justice 13.5.4.11
Department of Labor 13.5.4.7
Department of State 13.5.4.8
Department of the Interior 13.5.4.6
Department of Transportation 13.5.4.9
Internal Revenue Service 13.5.4.10
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) 13.5.4.15
Other Federal Agencies 13.5.4.16
U.S. Postal Service 13.5.4.12
United States Department of Homeland Security 13.5.4.14
Municipal Government 13.5.1
Municipal Assessor 13.5.1.2
Municipal Board of Education 13.5.1.7
Municipal Building Department 13.5.1.5
Municipal Clerk 13.5.1.1
Municipal Fire Department 13.5.1.9
Municipal Health Department 13.5.1.6
Municipal Police Department 13.5.1.8
Municipal Street Department 13.5.1.4
Municipal Treasurer 13.5.1.3
Other Municipal Agencies 13.5.1.10
State Government 13.5.3
Other State Agencies 13.5.3.11
Secretary of State 13.5.3.1
State Department of Natural Resources 13.5.3.7
State Department of Regulation 13.5.3.5
State Department of Revenue 13.5.3.4
State Department of Transportation 13.5.3.6
State Department of Vital Statistics 13.5.3.3
State Fire Marshal's Office 13.5.3.10
State Insurance Commissioner's Office 13.5.3.8
State Police 13.5.3.9
State Treasurer 13.5.3.2
Interviews 13.4
Documenting the Interview 13.4.3
Preparation for the Interview 13.4.2
Purpose of Interviews 13.4.1
Legal Considerations 13.2
Confidential Communications 13.2.3
Freedom of Information Act 13.2.1
Privileged Communications 13.2.2

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Private Sources of Information 13.6
Abstract and Title Companies 13.6.9
American Society for Testing and Materials (ASTM) 13.6.3
Educational Institutions 13.6.12
Financial Institutions 13.6.10
Insurance Industry 13.6.11
International Association of Arson Investigators (IAAI) 13.6.6
Lightning Detection Networks 13.6.16
Local Television Stations 13.6.15
National Association of Fire Investigators (NAFI) 13.6.5
National Fire Protection Association (NFPA) 13.6.1
Other Private Sources 13.6.17
Real Estate Industry 13.6.8
Regional Fire Investigations Organizations 13.6.7
Society of Fire Protection Engineers (SFPE) 13.6.2
Trade Organizations 13.6.14
Utility Companies 13.6.13
Spalling
Definition 3.3.158
Spark
Definition 3.3.159
Specific Gravity (air) (vapor density)
Definition 3.3.160
Specific Gravity (of a liquid or solid)
Definition 3.3.161
Spoliation
Definition 3.3.162
Spontaneous Heating
Definition 3.3.163, A.3.3.163
Spontaneous Ignition
Definition 3.3.164
Standard
Definition 3.2.5, A.3.2.5
Suppression
Definition 3.3.165

-T-

Target Fuel
Definition 3.3.166
Temperature
Definition 3.3.167, A.3.3.167
Thermal Column
Definition 3.3.168
Thermal Expansion
Definition 3.3.169, A.3.3.169
Thermal Inertia
Definition 3.3.170
Thermoplastic
Definition 3.3.171
Thermoset Plastics
Definition 3.3.172
Time Line
Definition 3.3.173
Total Burn
Definition 3.3.174

-U-

Understanding or Agreement
Definition 3.3.175
Upper Layer
Definition 3.3.176

-V-

Vapor
Definition 3.3.177
Vapor Density
Definition 3.3.178
Vent
Definition 3.3.179
Ventilation
Definition 3.3.180
Ventilation-Controlled Fire
Definition 3.3.181
Venting
Definition 3.3.182
Volt (V)
Definition 3.3.183

-W-

Watt (W)
Definition 3.3.184
Wildfire Investigations ..... Chap. 26
Evidence 26.9
Fire Cause Determination 26.8
Human Fire Cause 26.8.2
Campfire 26.8.2.1
Debris Burning 26.8.2.3, A.26.8.2.3
Equipment Use 26.8.2.5
Fire Play 26.8.2.7
Fireworks 26.8.2.8
Incendiary 26.8.2.4
Miscellaneous 26.8.2.10
Firearms 26.8.2.10.3
Spontaneous Heating 26.8.2.10.1
Sunlight Refraction and Reflection 26.8.2.10.2
Railroad 26.8.2.6
Smoking 26.8.2.2, A.26.8.2.2
Utilities 26.8.2.9
Electricity 26.8.2.9.1
Oil and Gas Drilling 26.8.2.9.2
Natural Fire Cause 26.8.1
Lightning 26.8.1.1
Fire Shape 26.5
Factors Affecting Fire Spread 26.5.4
Fuel Influence 26.5.4.2
Lateral Confinement 26.5.4.1
Suppression 26.5.4.3
Air Drops 26.5.4.3.2
Fire Breaks 26.5.4.3.1
Firing Out 26.5.4.3.3
Fire Flanks 26.5.2
Fire Head 26.5.1
Fire Heel 26.5.3
Other Natural Mechanisms of Fire Spread 26.5.5
Animals 26.5.5.3
Embers and Firebrands 26.5.5.1
Fire Storms 26.5.5.2
Indicators 26.6
Angle of Char 26.6.4
Angle of Char, Foliage Crown 26.6.4.2
Angle of Char, Pole Type Fuels 26.6.4.1
Cupping 26.6.6
Curling 26.6.13
Degree of Damage 26.6.2
Depth of Char 26.6.10
Die-Out Pattern 26.6.7
Exposed and Protected Fuels 26.6.8
Foliage Freeze 26.6.12
Grass Stems 26.6.3
Spalling 26.6.11
Staining and Sooting 26.6.9
White Ash Deposit 26.6.5
Wildfire V-Shaped Patterns 26.6.1
Introduction 26.1, A.26.1
Origin Investigation 26.7
General Origin Area 26.7.2
Point of Origin 26.7.2.2
Specific Origin Area 26.7.2.1

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

General Origin Investigation Techniques 26.7.3
Enter the General Origin Area 26.7.3.6
General Principles of Burn Pattern Interpretation ... 26.7.3.3
Identify Advancing Fire 26.7.3.5
Identifying Evidence 26.7.3.2
Protection of General Origin 26.7.3.1
Walk the Exterior Perimeter of the General Origin 26.7.3.4
Working the General Origin Area 26.7.3.7
Initial Area of Investigation 26.7.1
Observations of Airborne Personnel 26.7.1.3
Observations of Initial Attack Crew 26.7.1.2
Observations of Other Witnesses 26.7.1.4
Observations of Reporting Parties 26.7.1.1
Satellite Imaging or Remote Sensing 26.7.1.5
Search Equipment 26.7.5
Air Blower 26.7.5.7
Comb 26.7.5.5
Global Positioning Satellite (GPS) Recorder 26.7.5.10
Hand-Held Lights 26.7.5.6
Magnet 26.7.5.2
Magnifying Glass 26.7.5.1
Metal Detector 26.7.5.8
Probe 26.7.5.4
Sifting Screen 26.7.5.9
Straight Edge 26.7.5.3
Specific Origin Investigation Techniques 26.7.4
Establish Grid Lanes 26.7.4.2
Search Each Lane 26.7.4.3
Walk Specific Origin Perimeter 26.7.4.1
Sources of Information 26.11
Special Safety Considerations 26.10
Hazards 26.10.1
Personal Protective Equipment 26.10.2
Topography 26.4
Aspect 26.4.2
Slope 26.4.1
Weather 26.3
Relative Humidity 26.3.3
Temperature 26.3.2
Weather History 26.3.1
Wind Influence 26.3.4
Diurnal Winds 26.3.4.2
Fire Winds 26.3.4.4
Foehn Winds 26.3.4.3
Meteorological Winds 26.3.4.1
Wildfire Fuels 26.2
Aerial Fuels 26.2.4
High Brush 26.2.4.3
Tree Branches and Crowns 26.2.4.1
Tree Moss 26.2.4.2
Fuel Condition Analysis 26.2.1
Fuel Moisture Content 26.2.7
Fuel Size 26.2.6
Ground Fuels 26.2.2
Duff 26.2.2.1
Roots 26.2.2.2
Oil Content 26.2.8
Species 26.2.5
Surface Fuels 26.2.3
Dead Leaves and Coniferous Litter 26.2.3.2
Downed Logs, Stumps, and Large Limbs 26.2.3.4
Fine Dead Wood 26.2.3.1
Grass 26.2.3.3
Low Brush and Reproduction 26.2.3.5
Work Plans
Definition 3.3.185

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

Séquence d'événements débouchant sur l'émission d'un document des comités NFPA

Étape 1 : Appel de propositions
• Le nouveau document proposé ou la nouvelle édition d'un document existant sont intégrés dans l'un des deux cycles de révision annuels, et un appel de propositions est publié.

Étape 2 : Rapport sur les propositions (RSP)
• Le comité se réunit pour traiter les propositions, élaborer ses propres propositions et préparer son rapport.
• Le comité vote les propositions à bulletin secret. En cas d'approbation des deux tiers, le rapport poursuit sa voie. En l'absence d'approbation des deux tiers, le rapport revient au comité.
• Le rapport sur les propositions (RSP) est publié pour examen public et commentaires.

Étape 3 : Rapport sur les commentaires (RSC)
• Le comité se réunit pour traiter les commentaires publics, élaborer ses propres commentaires et préparer son rapport.
• Le comité vote les commentaires à bulletin secret. En cas d'approbation des deux tiers, le rapport poursuit sa voie. En l'absence d'approbation des deux tiers, le rapport revient au comité.
• Le rapport sur les commentaires (RSC) est publié pour examen public.

Étape 4 : Séance de compte-rendu technique
• Les "notifications d'intention de déposer une motion" sont enregistrées et examinées, et les motions valides sont certifiées pour présentation à la séance de compte-rendu technique. (Les "Documents d'autorisation" dépourvus de motions certifiées ne font pas l'objet d'une séance de compte-rendu technique et sont transmis au Conseil des normes pour publication.)
• Les membres NFPA se réunissent chaque année en juin, lors de la Réunion annuelle de compte-rendu technique et traitent les rapports techniques des comités (RSP et RSC) concernant les documents ayant des "motions d'amendement certifiées".
• Le(s) comité(s) vote(nt) les éventuels amendements au compte-rendu approuvé lors de l'assemblée annuelle des membres de la NFPA.

Étape 5 : Publication du Conseil des normes
• Les notifications d'intention de déposer un recours auprès du Conseil des normes concernant une action des associations doivent être enregistrées dans les 20 jours suivant l'assemblée annuelle des membres de la NFPA.
• Le Conseil des normes décide, en s'appuyant sur l'ensemble des preuves disponibles, de publier ou non un document ou de prendre toute autre mesure, notamment de statuer sur le pourvoi.

Classifications d'adhésion au comité

Les classifications suivantes s'appliquent aux membres des comités techniques et représentent leur principal intérêt dans l'activité du comité :

F *Fabricant* : représentant d'un constructeur ou fournisseur d'un produit, assemblage, ou système ou de parties de ceux-ci, affecté par la présente norme.

U *Utilisateur* : représentant d'une entité qui est soumis aux directives de la présente norme ou qui utilise volontairement la présente norme.

I/AM *Installateur/Agent de maintenance* : représentant d'une entité dont l'activité consiste à installer et réaliser la maintenance d'un produit, assemblage ou système affecté par la présente norme.

MO *Main d'œuvre* : représentant ou employé de main-d'œuvre concerné par la sécurité sur le lieu de travail.

R/E *Recherche appliquée/Laboratoire d'essais* : représentant d'un laboratoire d'essais indépendant ou d'un organisme de recherche appliquée indépendant qui promulgue et applique les normes.

E *Autorité d'exécution* : représentant d'une agence ou d'un organisme qui promulgue et applique les normes.

A *Assurance* : représentant d'une compagnie d'assurances, d'un courtier, d'un agent, d'un service ou d'un organisme d'inspection.

C *Consommateur* : personne qui est ou représente l'ultime acheteur d'un produit, système ou service affecté par la présente norme mais qui n'est pas incluse dans la classification Utilisateur

ES *Expert spécialisé* : personne qui ne représente aucune des classifications ci-dessus mais qui possède un savoir-faire particulier entrant dans le domaine d'application de la présente ou une partie de celui-ci.

NOTE 1 : « Norme » signifie, un code, une norme, une pratique recommandée ou un guide.
NOTE 2 : Un représentant inclut un employé.
NOTE 3 : Bien que ces classifications seront utilisées par le Conseil de normalisation pour équilibrer les comités techniques, le Conseil de normalisation peut décider que des nouvelles classifications de membres ou des intérêts uniques nécessitent des représentations afin de favoriser de la meilleure manière possible les délibérations du comité sur un projet quelconque. A cet effet, le Conseil de normalisation peut réaliser ce type d'attributions si cela relève de l'intérêt public tel que la classification de « services » dans le Comité du code électrique national.
NOTE 4 : les représentants des filiales d'un groupe sont généralement considérés comme ayant la même classification que l'organisation mère.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

FORMULAIRE DE PROPOSITIONS RELATIVES AUX DOCUMENTS DES COMITES TECHNIQUES DE LA NFPA

Veuillez adresser tout courrier à Secretary, Standards Council
National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101, Etats-Unis - Fax : 617-770-3500

Note : l'ensemble des propositions doit être reçu pour 17h00, EST/EDST sur la date de clôture de proposition publiée,

Pour toute information supplémentaire sur le processus de normalisation, contactez
Standards Administration Department at 617-984-7249
Pour une assistance technique, veuillez appeler la NFPA au 617-770-3000

Veuillez indiquer le format dans lequel vous souhaitez recevoir votre ROP/ROC
□ papier □ électronique □ téléchargement
(note : en choisissant l'option de téléchargement, vous pourrez visualiser votre ROP/ROC depuis notre site web, aucune copie ne vous sera envoyée.)

Date : 18/09/93 Nom : John B. Smith N° tel : 617-555-1212

Entreprise :

Adresse postale : 9 Seattle, Seattle, WA 02255

Veuillez indiquer l'organisme représenté : Brigades du feu d'Amérique du Nord

1. a) Titre du document : NFPA National Fire Alarm Code N° NFPA et année de publication : NFPA 72, ed.1993

b) Section / paragraphe : 1-5.8.1 (Exception N°1)

2. Proposition recommandée (cocher la bonne case) :
□ nouveau texte
□ texte révisé
□ texte supprimé

RESERVE AU BUREAU
Réf.
Date réception

3. Proposition (inclure nouveau texte ou texte révisé ou identification des textes à supprimer) : (note : il est recommandé que le texte proposé soit au format légal, c.à.d. que le texte à insérer doit être souligné (texte inséré) et le texte à supprimer doit être barré (~~texte supprimé~~).

Supprimer exception

4. Indication du problème et justification de la proposition : (Note : définissez le problème qui sera résolu par vos recommandations, indiquez les raisons précises de votre proposition y compris une copie des essais, des articles de recherche, des expériences au feu, etc. Si le texte contient plus de 200 mots, il peut être résumé pour la publication.)

Il est recommandé qu'un système correctement installé et pour lequel une maintenance correcte est effectuée ne comporte pas de défaut de terre. Il est recommandé que la présence d'un ou plusieurs défaut(s) de terre soit nécessaire pour provoquer un signal de « défaut » car cela indique un état qui pourrait contribuer à un dysfonctionnement futur du système. La protection contre les défauts de terre est largement disponible sur ces systèmes depuis de nombreuses années et son coût est négligeable. En l'exigeant sur chaque système, on obtient de meilleures installations, une meilleure maintenance et plus de fiabilité.

5. □ Cette proposition est un document original. (Note : les documents originaux sont considérés comme étant l'idée personnelle du déposant basée sur sa propre expérience ou résultant de celle-ci, ses réflexions, ses recherches, ses connaissances et ne constituent pas une copie provenant d'une autre source.)

Cette proposition n'est pas un document original ; elle est issue de (si la source est connue) :

Note 1 : tapuscrit ou impression à l'encre noire
Note 2 : si des documents supplémentaires (photographies, diagramme, rapports, etc.) sont inclus, il peut vous être demandé de fournir un nombre suffisant de copies pour tous les membres et délégués du comité technique.

Par la présente, je concède à la NFPA tous droits de reproduction, dans cette proposition, et reconnais que je ne dispose d'aucun droit sur des publications de la NFPA dans laquelle cette proposition est employée, quelle qu'en soit la forme.

John B. Smith
Signature obligatoire

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

FORMULAIRE DE PROPOSITIONS RELATIVES AUX DOCUMENTS DES COMITES TECHNIQUES DE LA NFPA

Veuillez adresser tout courrier à **Secretary, Standards Council**
National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101, Etats-Unis
Fax : 617-770-3500

Note : l'ensemble des propositions doit être reçu pour 17h00, EST/EDST sur la date de clôture de proposition publiée

Pour toute information supplémentaire sur le processus de normalisation, contactez
Standards Administration Department at 617-984-7249
Pour une assistance technique, veuillez appeler la NFPA au 617-770-3000

Veuillez indiquer le format dans lequel vous souhaitez recevoir votre ROP/ROC
□ papier □ électronique □ téléchargement
(note : en choisissant l'option de téléchargement, vous pourrez visualiser votre ROP/ROC depuis notre site web, aucune copie ne vous sera envoyée.)

Date : **Nom :** **N° tel :**

Entreprise :

Adresse postale :

Veuillez indiquer l'organisme représenté :

1. a) Titre du document : **N° NFPA et année de publication :**

b) Section / paragraphe :

2. Proposition recommandée :
□ **nouveau texte**
□ **texte révisé**
□ **texte supprimé**

RESERVE AU BUREAU
Réf.
Date réception

3. Proposition (inclure nouveau texte ou texte révisé ou identification des textes à supprimer) : (note : il est recommandé que le texte proposé soit au format légal, c'est à dire que le texte à insérer doit être souligné (texte inséré) et le texte à supprimer doit être barré (~~texte supprimé~~).

4. Indication du problème et justification de la proposition : (Note : définissez le problème qui sera résolu par vos recommandations, indiquer les raisons précises de votre proposition y compris une copie des essais, des articles de recherche, des expériences d'incendie, etc. Si le texte contient plus de 200 mots, il peut être résumé pour la publication.)

5. □ **Cette proposition est un document original.** (Note : les documents originaux sont considérés comme étant l'idée personnelle du déposant basée sur sa propre expérience ou résultant de celle-ci, ses réflexions, ses recherches, ses connaissances et ne constituent pas une copie provenant d'une autre source.)

□ **Cette proposition n'est pas un document original** ; elle est issue de (si la source est connue) :

Note 1 : tapuscrit ou impression à l'encre noire
Note 2 : si des documents supplémentaires (photographies, diagramme, rapports, etc.) sont inclus, il peut vous être demandé de fournir un nombre suffisant de copies pour tous les membres et délégués du comité technique.

Par la présente, je concède à la NFPA tous droits de reproduction, dans cette proposition, et reconnais que je ne dispose d'aucun droit sur des publications de la NFPA dans laquelle cette proposition est employée, quelle qu'en soit la forme.

Signature obligatoire

© Tous droits réservés- Reproduction interdite

AVIS IMPORTANTS ET CLAUSES DE NON-RESPONSABILITÉ CONCERNANT LES DOCUMENTS NFPA

(Suite des Avis importants et clauses de non-responsabilité)

AVIS ET CLAUSES DE NON-RESPONSABILITÉ COMPLÉMENTAIRES

Mise à jour des documents NFPA

Il est recommandé que les utilisateurs de codes, normes, pratiques recommandées et guides NFPA soient conscients du fait que ces documents peuvent être remplacés à tout moment par la publication de nouvelles éditions ou peuvent être modifiés périodiquement par la publication d'amendements provisoires, et qu'un document NFPA officiel peut à tout moment être constitué de l'édition en cours, des amendements provisoires et de tout erratum alors en vigueur. Afin de déterminer si un document donné est l'édition en cours et s'il a été amendé par l'émission d'amendements provisoires ou corrigé par la publication d'un erratum, veuillez consulter les publications NFPA appropriées telles que le service de souscription National Fire Codes, le site Internet de la NFPA à l'adresse www.nfpa.org, ou contactez la NFPA à l'adresse indiquée ci-dessous.

Interprétations des documents NFPA

Une déclaration, écrite ou orale, qui n'est pas traitée conformément à la section 6 des Règles régissant les projets des comités ne doit pas être considérée comme la prise de position officielle de la NFPA ou de l'un de ses comités et ne doit pas être considérée comme Interprétation formelle ni être employée en tant que telle.

Brevets

La NFPA ne prend aucune position quant à la validité d'éventuels droits de brevet liés à des éléments mentionnés ou traités dans des codes, normes, pratiques recommandées ou guides NFPA, et décline toute responsabilité en cas de violation d'un brevet résultant de l'utilisation ou de la consultation desdits documents. Les utilisateurs sont expressément avisés que la détermination de la validité de ces droits de brevet et le risque de violation de ces droits sont de leur responsabilité.

NFPA adhère aux politiques de l'American National Normes Institute applicables en matière de brevets. Pour de plus amples informations, contactez la NFPA à l'adresse indiquée ci-dessous.

NOTICE : Nous attirons l'attention de l'utilisateur sur le fait que la conformité à un document NFPA peut nécessiter l'utilisation d'une invention brevetée. NFPA ne prend aucune position quant à la validité de tels brevets, ni sur la possibilité que ces brevets constituent ou incluent des brevets essentiels d'après la Police des Brevets de l'ANSI. Si, en complément d'une Police des Brevets de l'ANSI, le détenteur d'un brevet a effectué une déclaration d'accord pour attribuer des licences d'utilisation selon cette police dans des termes et des conditions raisonnables et non discriminatoires pour les personnes désirant avoir une telle licence, des copies de cette déclaration peuvent être obtenues auprès de la NFPA sur simple demande. Pour plus d'informations, contactez la NFPA à l'adresse mentionnée ci-dessous.

Lois & règlements

Il est recommandé que les utilisateurs de ces documents consultent les lois et règlements fédéraux, régionaux et locaux. La NFPA n'a pas pour objectif, en publiant ses codes, normes, pratiques recommandées et guides, de tenter de préconiser des actions non conformes aux lois en vigueur, et ces documents ne doivent pas être interprétés comme tels.

Copyrights

Les droits du présent document sont détenus par la NFPA. Ce document est mis à disposition pour tout un éventail d'utilisations publiques et privées, qui englobent à la fois une utilisation par référence, dans des lois et règlements, et une utilisation dans un cadre d'autorégulation privée, de normalisation et de promotion de pratiques et méthodes sûres. En permettant aux autorités publiques et à des utilisateurs privés d'utiliser et d'adopter ce document, la NFPA ne renonce à aucun des droits qu'elle détient sur ce document.

L'utilisation de documents NFPA à des fins de réglementation doit être opérée selon le principe d'adoption par référence. L'expression "adoption par référence" implique uniquement la citation du titre et des informations relatives à l'édition et la publication. Les éventuels suppressions, ajouts et modifications souhaités par les autorités d'adoption doivent être consignés séparément dans l'instrument d'adoption. Afin de permettre à la NFPA de suivre plus facilement l'utilisation qui est faite de ses documents, les autorités d'adoption sont priées d'en aviser la NFPA par écrit (à l'attention du Secretary, Standards Council). Pour toutes demandes d'assistance et questions techniques concernant l'adoption de documents NFPA, veuillez contacter la NFPA à l'adresse indiquée ci-dessous.

Informations complémentaires

Toutes les questions ou autres communications relatives à des codes, normes, pratiques recommandées et guides NFPA, ainsi que toutes les demandes d'information relatives aux procédures NFPA régissant son processus d'élaboration de codes et normes, y compris des informations sur les procédures de demande d'Interprétation formelles, de proposition d'Amendements provisoires et de révisions de documents NFPA lors des cycles de révision réguliers, doivent être adressées au siège de la NFPA, à l'attention du Secretary, Standards Council, NFPA, 1 Batterymarch Park, P.O. Box 9101, Quincy, MA 02269-9101.

Pour plus d'informations sur la NFPA, veuillez visiter son site Internet à l'adresse www.nfpa.org.

© Tous droits réservés- Reproduction interdite