

R.C.C.I

ENSO^{sp}
École Nationale Supérieure des Officiers de sapeurs-pompiers

Relever des traces de combustion et d'effets du feu

*Cultiver le passé
enfanter l'avenir
tel est notre présent*

Formations spécialisées





Recherche des causes et des circonstances d'incendie

SÉQUENCE PÉDAGOGIQUE

RCCI 01 - Connaître le cadre général

RCCI 02 - Planifier et préparer la recherche

RCCI 03 - Assurer la protection des traces et indices

**RCCI 04 - Rechercher et interpréter les signes
objectifs de l'incendie**

RCCI 05 - Examiner le site (méthode scientifique
appliquée)

RCCI 06 - Documenter le site de l'incendie

RCCI 07 - Restituer les résultats



SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

- C1 – Traces de carbonisation
- C2 – Traces d'oxydation
- C3 – Traces de calcination
- C4 – Traces de déformation
- C5 – Ecaillage
- C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

- D1 – Traces produites sur des façades extérieures
- D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées
- D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds
- D4 – Traces produites par la ventilation
- D5 – Traces d'embrasement généralisé
- D6 – Traces irrégulières sur les planchers
- D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire

NFPA 921-2008 Chapitre 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 effets du feu. »



Traces de combustion et d'effets du feu
ou signes objectifs

Il y a trois principales causes des traces laissées par le feu :

-  la chaleur (déformation, décoloration, pyrolyse...)
-  les dépôts de suies (bandeaux de fumées, lignes de démarcation...)
-  la perte de masse (carbonisation, calcination...)

- **La capacité de repérer et d'interpréter** ces traces de combustion et d'effets du feu, pendant l'examen des lieux d'un incendie, est une qualité essentielle du sapeur-pompier investigateur.
- Elle a pour objectif de « modéliser » la séquence d'un incendie et de contribuer à la localisation de son point d'origine.
- Elle s'appuie sur de bonnes connaissances scientifiques et techniques (phénomènes de combustion, réaction au feu, résistance des matériaux, procédures opérationnelles...) mais aussi une solide expérience du terrain.

En effet, malgré la base scientifique des effets du feu, chaque séquence d'incendie est différente en raison du type de structure, des conditions météorologiques, de la ventilation, du potentiel calorifique, de la nature du combustible, de l'état des ouvrants, des techniques d'extinction, etc.

Aussi, l'interprétation des traces de combustion et d'effets du feu ne répond pas à une règle universelle préétablie mais, au contraire, à une analyse « mi-scientifique, mi-empirique ».

Exemple : essais feux réels réalisé à Arcueil par

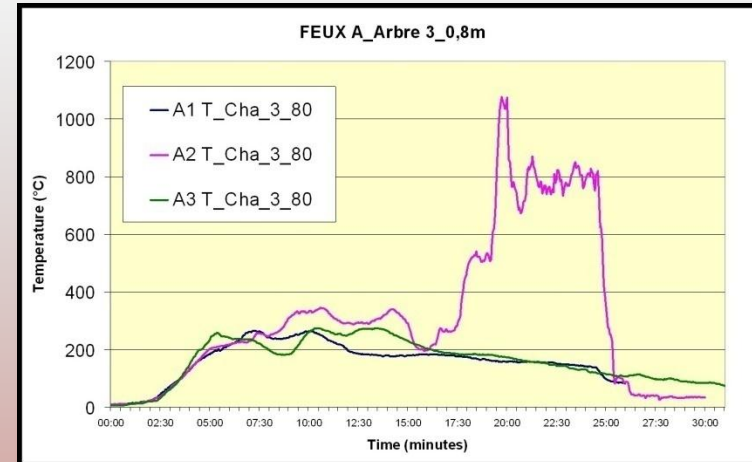
But : évaluation des conditions de répétabilité de feux réels (n=3)

(conditions identiques : mobiliers, lieu, mode opératoire, période, instruments de mesure...)

Feu de chambre d'hôtel avec circulation équipée d'un désenfumage mécanique



Mise à feu



Résultats essais 1 & 3



Résultat essai 2



SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

- C1 – Traces de carbonisation
- C2 – Traces d'oxydation
- C3 – Traces de calcination
- C4 – Traces de déformation
- C5 – Ecaillage
- C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

- D1 – Traces produites sur des façades extérieures
- D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées
- D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds
- D4 – Traces produites par la ventilation
- D5 – Traces d'embrasement généralisé
- D6 – Traces irrégulières sur les planchers
- D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire



RCCI 04.2 – Relever des traces de combustion et d'effets du feu

Ce chapitre aborde donc les principes de base des traces de combustion et d'effets du feu.

A la fin de la séance, le stagiaire doit être capable de :

SAVOIR

citer les différentes traces liées à la combustion

SAVOIR
FAIRE

rechercher et décrire les traces de combustion et d'effets du feu observées sur une scène d'incendie

SAVOIR
ETRE

être attentif

Voir, regarder, observer ?...

- **voir** : percevoir l'image des objets par la vue
 —————> passif
- **regarder** : jeter la vue sur quelque chose ou quelqu'un
 —————> actif sans objectif
- **observer** : considérer avec application en vue d'une étude
 —————> actif avec objectif



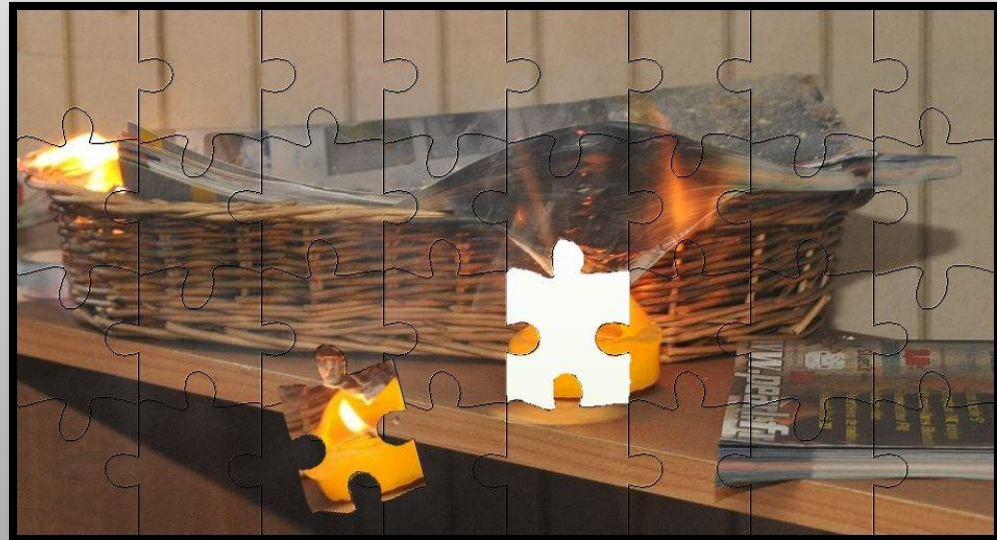
Qualités d'une bonne observation ?

La justesse : est-ce que l'observation est juste ? est-ce qu'elle reflète bien la réalité ? est-ce que rien n'est inventé ?

La complétude : est-ce que l'observation est complète ? est-ce qu'elle répond à toutes les questions qui ont été posées ?

La pertinence : est-ce que l'observation est en rapport avec le sujet ?

- Notion d'influence à éviter dans la recherche et l'analyse des traces de combustion et d'effets du feu (« effet tunnel »)
- Similitude entre ces traces qui permettent de « visualiser » une séquence d'inflammation et des pièces de puzzle qui permettent de visualiser une image



L'émission d'une hypothèse ne doit pas précéder la collecte exhaustive des traces de combustion et d'effets du feu, issue d'un examen complet de la scène d'incendie.

SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

C1 – Traces de carbonisation

C2 – Traces d'oxydation

C3 – Traces de calcination

C4 – Traces de déformation

C5 – Ecaillage

C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

D1 – Traces produites sur des façades extérieures

D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées

D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds

D4 – Traces produites par la ventilation

D5 – Traces d'embrasement généralisé

D6 – Traces irrégulières sur les planchers

D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire

Carbonisation

Des normes nationales et l'eurocode définissent la vitesse de carbonisation selon les espèces de bois, la densité et les dimensions de la structure de 0,5 à 1 mm/mn. Mais 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 dépend de multiples paramètres tels que la ventilation, le taux d'humidité, les traitements de surface ou les revêtements, le comportement des gaz chaud, la masse volumique du bois, son essence, son orientation, sa configuration...

L'investigateur est ainsi averti **qu'aucune quantité de chaleur ni durée de combustion ne peuvent être déterminées en se basant uniquement sur une profondeur de carbonisation.**

L'analyse de la profondeur de carbonisation, en tant que point de comparaison d'une surface exposée par rapport à une autre, tout en tenant compte de la ventilation et de l'exposition du combustible, est en revanche un **critère efficace d'étude de la propagation d'un incendie.**

Carbonisation

En identifiant les zones de destruction plus marquées, grâce aux valeurs croissantes de la profondeur de carbonisation, l'investigateur peut en déduire la progression de l'incendie et la localisation de la source de chaleur.

La profondeur de carbonisation est mesurée à l'aide de sondes équipées d'un cadran. Pour cela, on insère la sonde à plusieurs endroits dans la zone à mesurer, en exerçant une pression constante.

Les mesures ne peuvent être comparées que pour des matériaux semblables.

Un schéma peut ensuite être réalisé pour mettre en évidence des lignes de démarcation, reliant des valeurs identiques de profondeur. Ce schéma permet d'obtenir une vue d'ensemble des zones exposées aux flux thermiques. Il facilite ainsi la localisation du lieu d'origine du feu ainsi que la propagation de l'incendie.



Carbonisation

Les points de comparaison de profondeur de carbonisation contribuent à localiser la source de chaleur.



Plus la profondeur de carbonisation est intense, plus la surface du matériau prend l'apparence d'une « peau de crocodile ».

Carbonisation

Scène reconstituée



L'analyse de la profondeur de carbonisation du sommier a permis de constater des valeurs croissantes en direction de l'angle avant droit.



Cette constatation s'est additionnée à un ensemble d'autres observations, qui ont contribué à confirmer l'hypothèse d'un incendie provenant de l'extérieur de la pièce, et non de l'intérieur.

SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

C1 – Traces de carbonisation

C2 – Traces d'oxydation

C3 – Traces de calcination

C4 – Traces de déformation

C5 – Ecaillage

C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

D1 – Traces produites sur des façades extérieures

D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées

D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds

D4 – Traces produites par la ventilation

D5 – Traces d'embrasement généralisé

D6 – Traces irrégulières sur les planchers

D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire

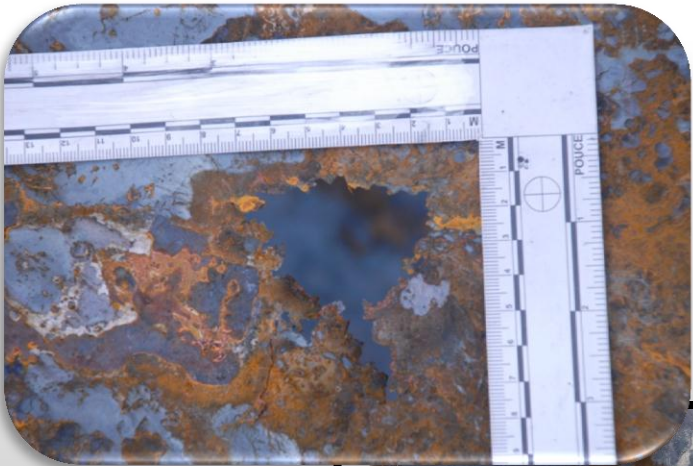


Oxydation

La combustion est une réaction chimique d'oxydoréduction.

L'oxydation de matériaux non combustibles peut créer des lignes de démarcation.

Plus l'exposition à la chaleur est importante et longue, plus les effets de l'oxydation sont prononcés, allant de la modification des couleurs à la modification de la texture (perte de masse).



Le dépôt de particules issus des fumées et contenant des composés acides, ainsi que l'action de l'eau peuvent également entraîner l'oxydation en surface des matériaux exposés.

Oxydation

Le traitement thermique des aciers (trempe, revenu...) est parfaitement maîtrisé dans le monde de la métallurgie pour, entre autres, modifier la couleur d'un métal. En revanche, ce phénomène est beaucoup plus aléatoire dans le cadre d'un incendie, car dépendant de la nature du matériau, de son revêtement, de son état initial, etc...

Les formes observées de décoloration métallique peuvent donc apporter des informations quant à l'intensité, la durée et l'orientation d'exposition thermique, **mais uniquement à titre de comparaison sur un même matériau au cours d'un même incendie**, ou bien avec un matériau identique peu ou pas exposé.



Figure 1.9 Variation de la couleur de l'acier en fonction de la température de revenu

Couleur	Températures		Types de pièces
	(°F)	(°C)	
Bleu foncé	572	300	Ressorts
Violet	536	280	Burins
Rouge-brun	500	260	Alésoirs et ciseaux à bois
Jaune foncé	464	240	Forets, tarauds et filières
Jaune clair	428	220	Grattoirs, outils de tournage et fraiseuses

Oxydation



SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

C1 – Traces de carbonisation

C2 – Traces d'oxydation

C3 – Traces de calcination

C4 – Traces de déformation

C5 – Ecaillage

C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

D1 – Traces produites sur des façades extérieures

D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées

D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds

D4 – Traces produites par la ventilation

D5 – Traces d'embrasement généralisé

D6 – Traces irrégulières sur les planchers

D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire

Calcination

Le terme de calcination est utilisé pour désigner le phénomène de déshydratation du plâtre exposé à un rayonnement thermique.

Une fois calciné, le plâtre devient plus friable et moins dense.

Des changements de couleurs en surface, allant jusqu'à présenter des lignes de démarcation, peuvent survenir, mais le signe le plus significatif d'exposition à la chaleur est la profondeur de calcination.

L'état de calcination du plâtre peut donc être utilisé comme un indicateur d'exposition au rayonnement, sous réserve de tenir compte des notions de durée et d'intensité d'exposition (répartition géographique du potentiel calorifique, ventilation...).

De la même façon, l'interprétation de la profondeur de calcination n'est fiable que pour mettre en évidence, sur une même scène d'incendie, une zone plus longuement et/ou plus intensément exposée au feu qu'une autre.





Calcination



SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

C1 – Traces de carbonisation

C2 – Traces d'oxydation

C3 – Traces de calcination

C4 – Traces de déformation

C5 – Ecaillage

C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

D1 – Traces produites sur des façades extérieures

D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées

D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds

D4 – Traces produites par la ventilation

D5 – Traces d'embrasement généralisé

D6 – Traces irrégulières sur les planchers

D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire

Déformation

La déformation physique d'une matière, causée par un flux thermique, peut générer des zones de niveau de chaleur.

Mais ces démarcations ne doivent être utilisées que pour établir des points de comparaison d'exposition au feu :

- ▮ d'un même matériau (localisation des zones où les sollicitations thermiques ont été plus ou moins sévères).

- ▮ de plusieurs matériaux identiques sur une même scène d'incendie.



Déformation

Les données physico-chimiques peuvent apporter des informations complémentaires relatives à l'ambiance thermique, mais ne peuvent servir à quantifier ni la durée ni l'intensité d'une exposition thermique, car les protocoles expérimentaux sont trop différents des conditions d'un incendie (aspect temporel, environnement, nature d'exposition...).

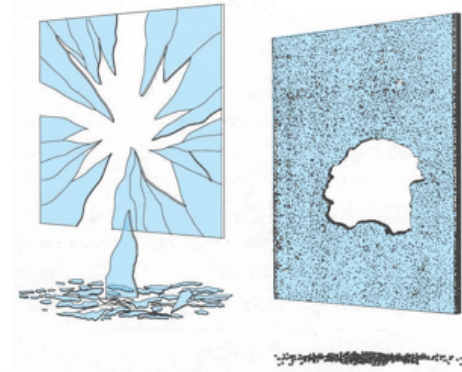
Les exemples abordés concernent :



Les métaux



Les plastiques



Le verre

Déformation



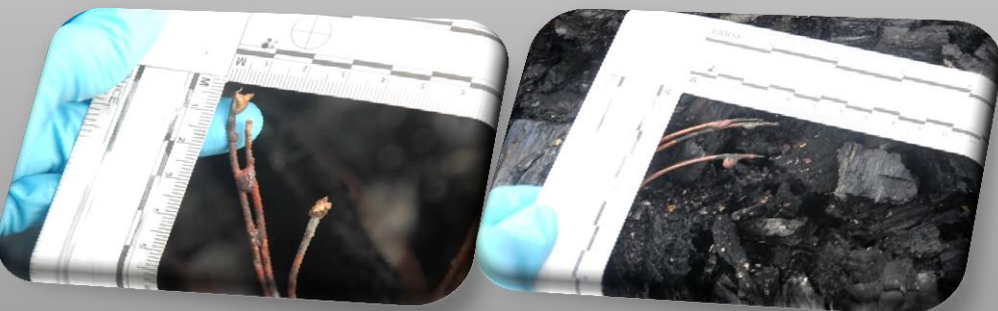
Des points de comparaison liés à la fonte de matériaux en métal sont parfois exploitables, mais il est assez rare, surtout dans les premiers instants d'un incendie, d'atteindre le point de fusion des métaux les plus courants.

Si l'on considère une température moyenne de flamme de 800° C, il est rare que le cuivre fonde au cours d'un incendie (sauf défaut électrique).

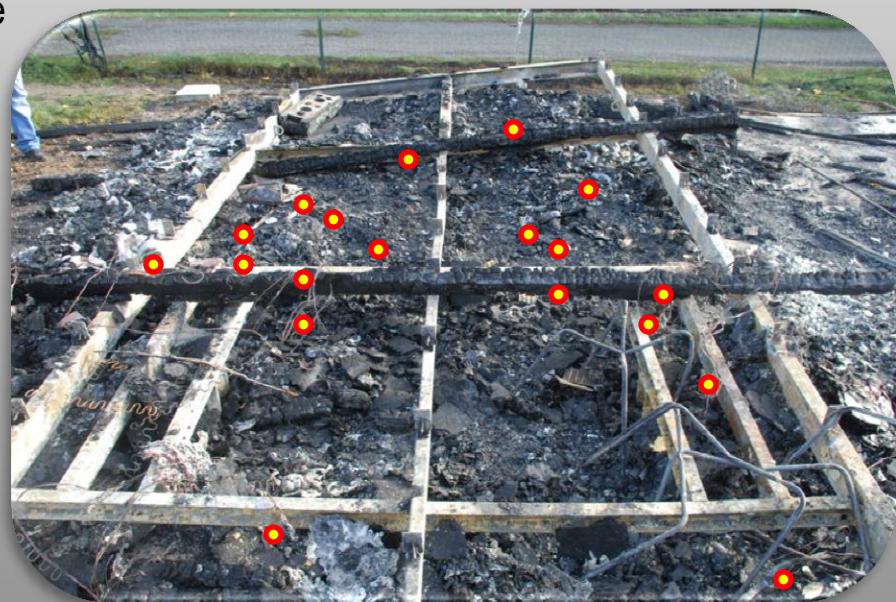
Cependant, la température n'est pas homogène et des conditions particulières de ventilation et de potentiel calorifique peuvent générer des zones à plus de 1000 ° C. Des fusions ponctuelles peuvent donc être observées.

MÉTAL	TEMPÉRATURE DE FUSION (C°)
Acier	1100 à 1500
Aluminium	660
Argent	960
Bronze / Laiton	900 à 1050
Cuivre	1082
Fer	1535
Fonte	1100
Plomb	327
Zinc	420

Température de fusion des métaux les plus courants



Multiplés traces de fusion de conducteurs en cuivre, constatées sur une même scène d'incendie (mobile home protégé par une installation électrique conforme)



Déformation



La flexion et le flambage des poutres et poteaux métalliques se produisent lorsque la température de l'acier atteint environ 500° C.

Associées à des contraintes de pression (poids, dilatation thermique), ces déformations peuvent survenir à des températures encore plus basses (300° C).



Déformation



La présence incontournable de matériaux plastiques dans nos foyers rend particulièrement intéressante l'étude de leur comportement lorsqu'ils sont soumis aux effets du feu.

Il existe deux principales familles de matières plastiques :

Les polymères THERMOPLASTIQUES :

Polymères linéaires ou ramifiés susceptibles de se ramollir sous l'action de la chaleur et de se durcir par refroidissement, et cela un nombre de fois indéfini.

80% de la production en France dont 70% de PE, PP et PVC.



Les polymères THERMODURCISSABLES :

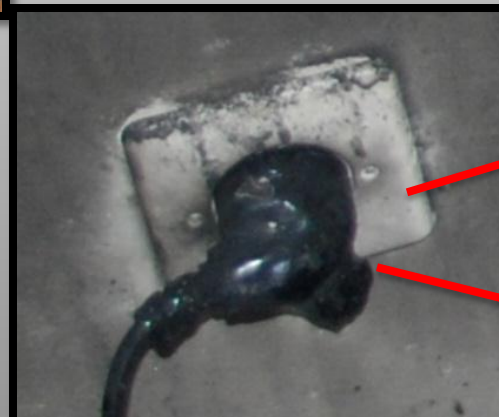
Formés à chaud avec modification chimique, ils deviennent relativement infusibles et intraitables. Il n'est plus possible de les fondre et de les mouler à nouveau : phénoplastes (isolants électriques), aminoplastes et polyuréthanes (mousses isolantes)

POLYMÈRES THERMOPLASTIQUES	TEMP MAX D'UTILISATION (C°)	FUSION (C°)	UTILISATION (EXEMPLES)
Polyéthylène (PE)	80	130	Emballage plastique / bouteille de lait / mobilier de jardin
Polypropylène (PP)	100	145 à 175	Équipement auto / emballage beurre
Polychlorure de vinyle (PVC)	60	125	Tuyauterie / profilé pour fenêtre / récipients / gouttières
Polystyrène (PS)	60	120 à 160	Emballages isolants / panneaux isolants / mobilier
Polycarbonate (PC)	135	220 à 250	Capot de matériel électroménager / interrupteur / prise de courant
Polyamide (PA)	100 à 120	176 à 265	Capot d'appareils ménagers / tapis-moquette / quincaillerie-serrurerie-robinetterie
Acrylonitrile butadiène styrène (ABS)	60	100 à 120	Capotage d'électroménagers / ordinateur

Déformation



Bien que l'incendie ait concerné la totalité de la surface du balcon, des points de comparaison de matériaux thermoplastiques permettent de contribuer à la localisation du point d'origine du feu.

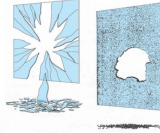


Polymère
thermodurcissable

Polymère
thermoplastique



Déformation



L'interprétation du comportement d'un vitrage ,exposé à une sollicitation thermique, est soumise aux mêmes précautions que pour les autres matériaux ,dans la mesure où les phénomènes observés dépendent de nombreux paramètres : nature , état et épaisseur du verre, gradient thermique vertical, cinétique d'échauffement, nature et contraintes mécaniques de l'encadrement, scénario de refroidissement, etc.

L'observation et l'analyse de la déformation du verre doit donc principalement aider l'investigateur à :

- ➡ déterminer la nature de la déformation : mécanique ou thermique ;
- ➡ établir des points de comparaison de niveau d'exposition aux phénomènes thermiques ;
- ➡ déterminer l'influence de ces déformations sur l'évolution de l'incendie (voir les chapitres D4 et D5 – traces produites par la ventilation et traces d'embrasement généralisé).

Déformation

déterminer la nature de la déformation : mécanique ou thermique

Un bris mécanique présente un schéma caractéristique en toile d'araignée au niveau de la zone d'impact. Si la destruction est plus marquée, les fissures, angulaires, sont nombreuses et ont la forme de segments de droite.



Un bris thermique laisse apparaître des fissures aux arêtes plus arrondies, et ne présente pas de point d'impact.



Déformation

déterminer la nature de la déformation : mécanique ou thermique

La présence au sol de morceaux de verre qui ne présentent pas de traces de dépôt de suies, peut s'expliquer par un acte (de malveillance ?) perpétré avant l'incendie, ou encore par l'action des secours sur des ouvrants non exposés aux fumées.

Un bris mécanique consécutif à un bris thermique laisse apparaître les deux formes d'arêtes (segments droits et arrondis).

Il peut également s'agir d'une chute de l'encadrement de la vitre.
Dans ces deux cas, on observe normalement la présence de suie sur les morceaux situés au sol.



Déformation établir des points de comparaison de niveau d'exposition aux phénomènes thermiques

- Une vitre ordinaire chauffée a tendance à se fissurer lorsqu'elle atteint 150 à 200° C. Cependant, il faut tenir compte de la montée en température, car si elle est progressive, un même vitrage peut résister à une exposition thermique plus importante.
- Lorsqu'une vitre montée dans un cadre est exposée à un rayonnement thermique, une différence de température s'établit entre la surface exposée et la surface protégée par le cadre.

Une différence de température de 70 à 80° C entre le centre de la vitre exposée et la partie qui est protégée par le montant du cadre, peut générer des fissures, également appelées craquelures, prenant naissance à partir du bord de la vitre.

Craquelures observées sur le miroir d'une armoire.



Déformation établir des points de comparaison de niveau d'exposition aux phénomènes thermiques

- Le temps de résistance au feu d'un double vitrage peut être plus long que celui de son support. Ainsi, il est probable que le bris du verre soit provoqué par l'affaissement, voire la chute, d'un châssis en PVC .

- En ce qui concerne le bris du verre, des valeurs de température d'exposition allant de 300 à 450 ° C peuvent être annoncées, mais sont difficilement exploitables dans le cadre d'un incendie.

Il faut en effet rappeler l'importance de tenir compte de critères tels que l'épaisseur du verre, la vitesse de montée en température, l'action de l'eau d'extinction (choc thermique, pression), etc.

Il est donc une fois de plus recommandé de n'établir que des points de comparaison sur un même matériaux, lors d'un même incendie.



Déformation

Cas particulier des ampoules :

Bien que progressivement retirées de la vente depuis 2009 (décembre 2012 pour les derniers modèles), les lampes à incandescence sont encore très présentes dans nos foyers.

Lorsqu'elles ne sont pas détruite par l'incendie ou bien au cours des opérations d'extinction, elles sont susceptibles de fournir des informations quant à l'orientation du flux thermique.

Sous l'effet de la chaleur, le gaz contenu dans l'ampoule (krypton, argon ou gaz halogène selon le modèle) se dilate provoquant ainsi la déformation de la face exposée et ramollie du verre.

L'investigateur doit toutefois s'assurer que la position de l'ampoule n'a pas été modifiée au cours de l'incendie (déformation du support), ou bien au cours de l'extinction, voire du déblai.



SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

C1 – Traces de carbonisation

C2 – Traces d'oxydation

C3 – Traces de calcination

C4 – Traces de déformation

C5 – Ecaillage

C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

D1 – Traces produites sur des façades extérieures

D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées

D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds

D4 – Traces produites par la ventilation

D5 – Traces d'embrasement généralisé

D6 – Traces irrégulières sur les planchers

D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire

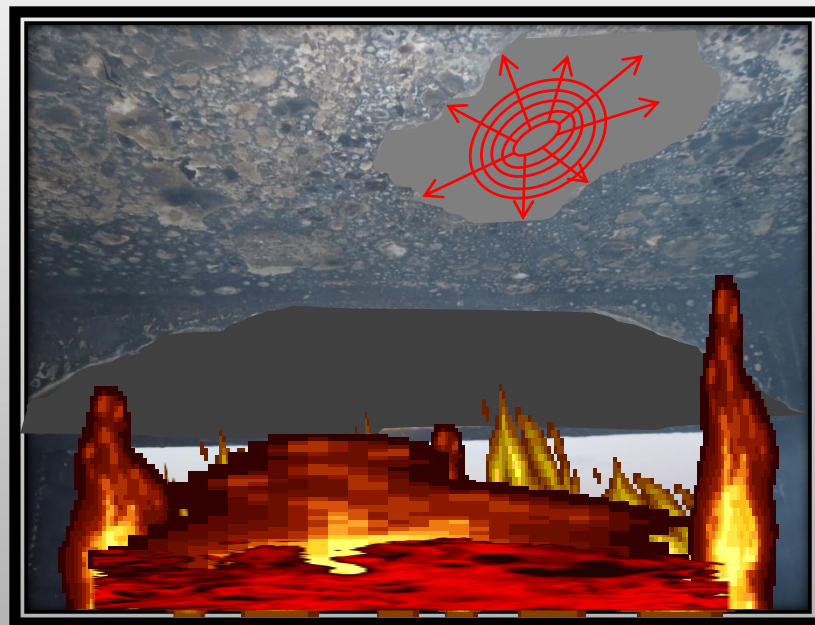
Ecaillage

Le mécanisme d'écaillage du béton est dû à un phénomène de « dilatation thermique empêchée » :

- ① la dilatation thermique causée par l'exposition à la chaleur de l'incendie, entraîne localement des contraintes de compression, parallèles à la surface exposée ;

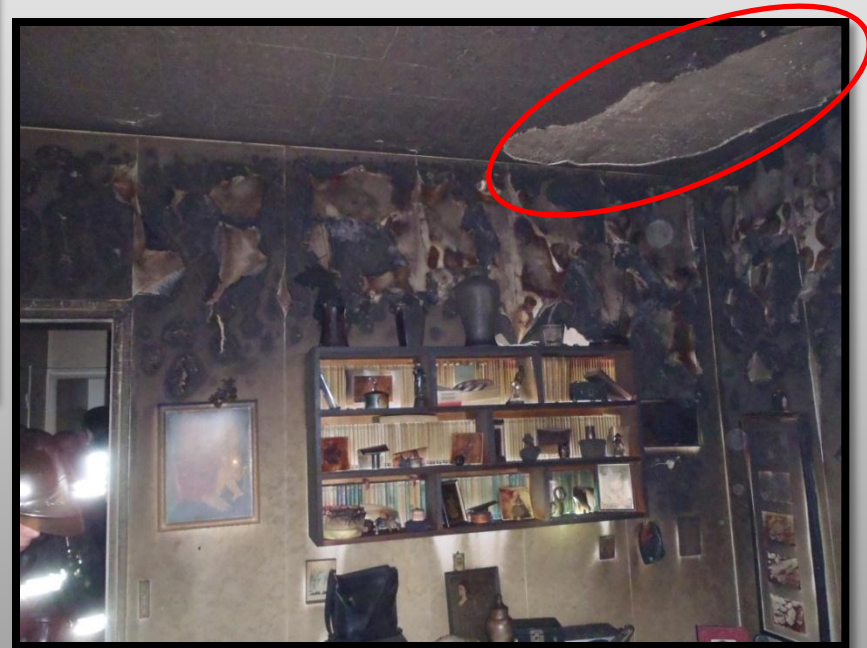


- ② la déshydratation chimique des hydrates à hautes températures, diminue la rigidité et la résistance mécanique du béton, que ce soit en traction ou en compression.



Ainsi, au niveau de la surface chauffée, des micro-fissurations, initiées par les pressions, provoquent la rupture d'une certaine épaisseur du béton.

Ecaillage



SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

C1 – Traces de carbonisation

C2 – Traces d'oxydation

C3 – Traces de calcination

C4 – Traces de déformation

C5 – Ecaillage

C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

D1 – Traces produites sur des façades extérieures

D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées

D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds

D4 – Traces produites par la ventilation

D5 – Traces d'embrasement généralisé

D6 – Traces irrégulières sur les planchers

D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire

Absence de traces

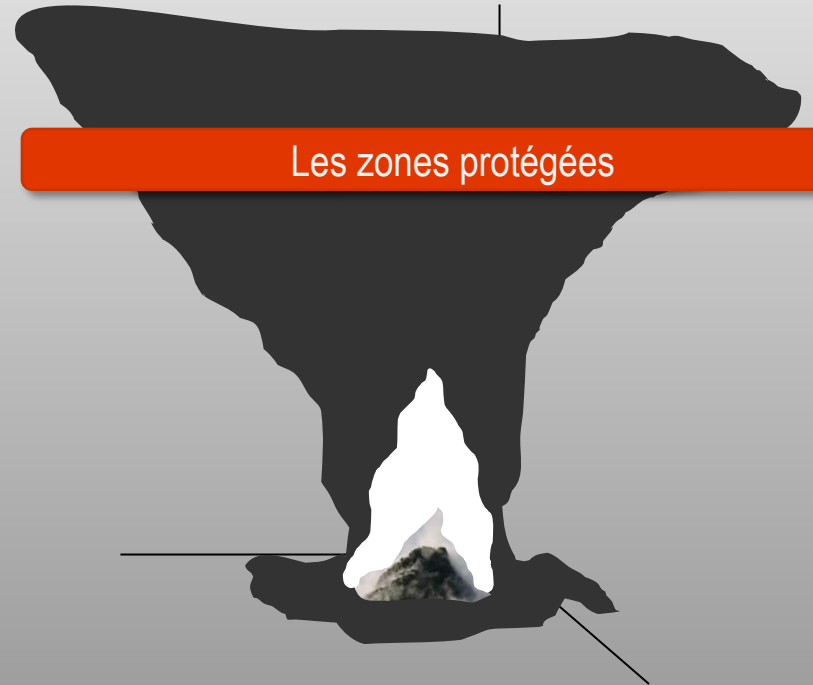
Le relever des traces de combustion et d'effets du feu est indispensable pour déterminer la séquence de l'incendie, la propagation du feu, la localisation du lieu d'origine, etc.

En outre, l'observation et l'analyse de l'absence de ces mêmes traces, peuvent apporter des informations précieuses sur les flux thermiques ainsi que sur la localisation d'objets, notamment en vue de la reconstitution de la scène d'incendie.

Les exemples abordés concernent :

Le nettoyage par combustion

Les zones protégées



Absence de traces

Le nettoyage par combustion est la disparition des suies et condensats de fumées sur une surface incombustible, le plus souvent par contact direct de flammes ou par rayonnement thermique intense. Ce phénomène est également appelé « traces propres » ou encore « clean burn ».

Cela correspond à une sollicitation thermique du type « température - temps de disparition » :

500° => 150 min

550° => 50 min

600° => 20 min

650° => 8 min

700° => 3 min

(données CNPP 2007)



Le nettoyage par combustion met donc en évidence une zone propre, sur laquelle devraient normalement se trouver des suies, à proximité de zones noircies par les résidus de combustion.

Il peut indiquer la proximité d'un foyer à la base de la zone propre ou à son aplomb.

Il ne doit pas être confondu avec le phénomène d'écaillage, ou encore les traces produites par l'extinction.

Absence de traces

La **zone protégée** résulte de la présence d'un obstacle qui empêche le dépôt des produits de combustion, ou bien qui masque ou modifie les effets du rayonnement thermique.



Absence de traces

Les vêtements situés au sol, dans cette chambre non touchée par l'incendie mais envahie par les fumées, ont protégé le carrelage du dépôt de suies.

Le désordre dans cette pièce était donc antérieur à l'incendie.

Cette observation, parmi d'autres, a contribué à formuler l'hypothèse d'un acte volontaire.



Cas particulier des ombres créées par la chaleur :

Dans cette scène d'exercice, le feu provenait de la zone opposée à l'emplacement du canapé.

Pendant que ce dernier subissait les effets de la propagation du feu, il protégeait parallèlement des effets du rayonnement la surface du mur située derrière son dossier.



Cette zone n'a pas été protégée du dépôt de suies au début de la séquence d'incendie.

Cependant, elle a été protégée pendant un certain temps du rayonnement thermique, ce qui a évité le nettoyage des suies par combustion.

SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

C1 – Traces de carbonisation

C2 – Traces d'oxydation

C3 – Traces de calcination

C4 – Traces de déformation

C5 – Ecaillage

C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

D1 – Traces produites sur des façades extérieures

D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées

D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds

D4 – Traces produites par la ventilation

D5 – Traces d'embrasement généralisé

D6 – Traces irrégulières sur les planchers

D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire

Les traces de combustion et d'effets du feu sur une façade extérieure facilitent bien souvent, en fonction de l'intensité des signes, la localisation du lieu d'origine de l'incendie.



Cette observation, bien que parfois évidente, ne doit pas inciter à tirer de conclusions trop hâtives et respecter la règle des « pièces de puzzle » (recueil de l'ensemble des données avant analyse et formulation d'hypothèse).



Cet incendie a-t-il démarré du rez-de-chaussée ?



Les traces observées sur une façade extérieure peuvent mettre en évidence une propagation du feu par chute de matière incandescente, générant ainsi de nouvelles traces à partir de cette nouvelle source.





Inversement...

L'analyse des traces de combustion et d'effets du feu ne doit pas exclure la réflexion relative à l'absence de telles traces, lorsque l'on devrait « normalement » s'attendre à en observer...

La forme des traces et leur orientation peut donner une indication sur le sens et la force du vent, et ainsi donner des informations importantes sur la ventilation (« tirage »).



SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

C1 – Traces de carbonisation

C2 – Traces d'oxydation

C3 – Traces de calcination

C4 – Traces de déformation

C5 – Ecaillage

C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

D1 – Traces produites sur des façades extérieures

D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées

D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds

D4 – Traces produites par la ventilation

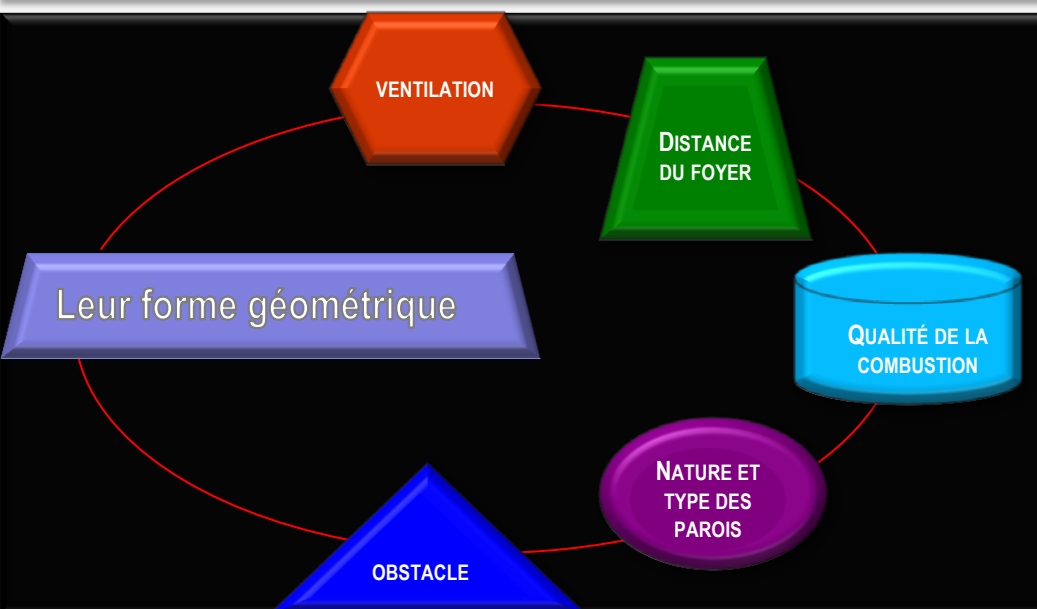
D5 – Traces d'embrasement généralisé

D6 – Traces irrégulières sur les planchers

D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire

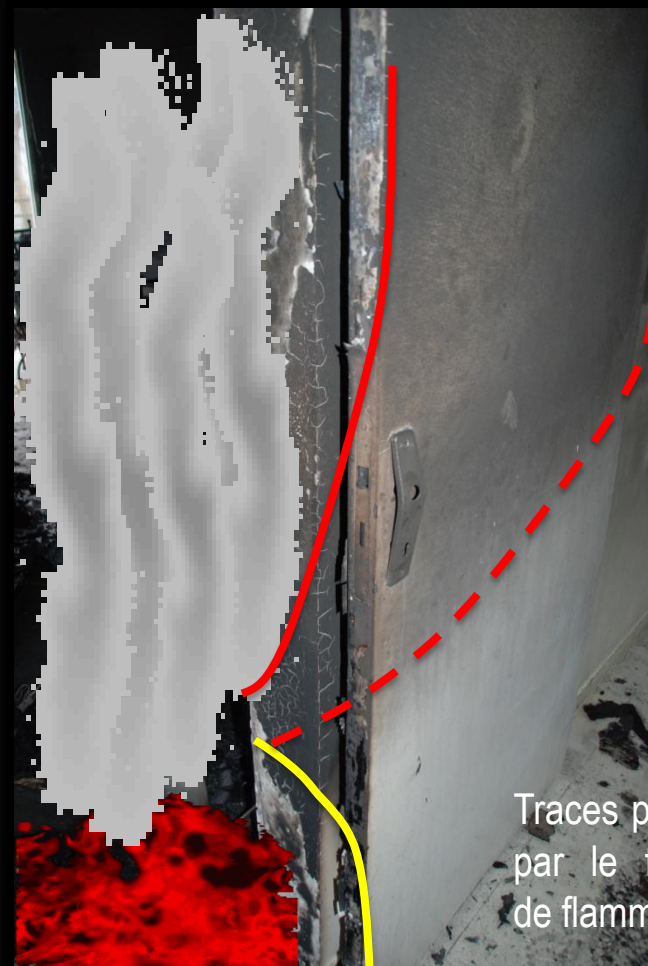
Les traces produites par un faisceau de flamme et de fumées sont classées selon :



Traces :

en forme de « V »
 en forme de « U »
 en forme de sablier
 en forme de cercle

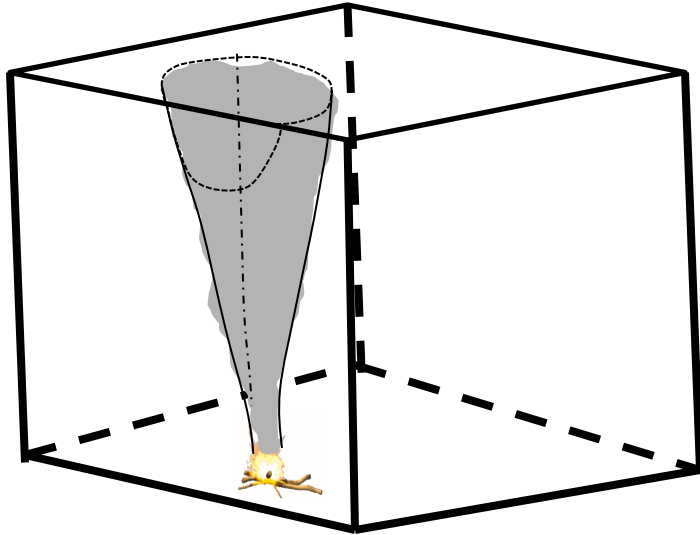
Traces produites par le faisceau de fumées



Traces produites par le faisceau de flamme

Au cours d'un feu, l'élévation de température de la zone proche du foyer modifie la masse volumique de l'air exposé ($T \uparrow$ $P \downarrow$) qui se déplace alors verticalement sous l'effet de la poussée d'Archimède. Les gaz chauds produits par la combustion sont soumis au même phénomène.

Ce mouvement de convection crée des vecteurs de propagation thermique importants vers le haut, faibles sur les côtés et négligeables vers le bas, et forme ainsi un «patron» en forme de cône dans un espace en 3 dimensions.



Ces « patrons » ou « bandeaux » sont matérialisés par des lignes ou des zones de démarcation.

Ces lignes de démarcation sont des frontières qui délimitent les différents niveaux des effets produits par la chaleur et les fumées sur les matériaux.

Sur un plan en 2 dimensions, ce cône peut s'afficher sous la forme d'un «V » dont la pointe localise, sauf exception, le point de départ d'un feu.

Ces traces permettent généralement de définir le ou les points d'origine d'un incendie, mais l'investigateur doit tenir compte de la répartition géographique des charges combustibles, qui joue un rôle important dans la propagation de l'incendie et l'importance des dégâts.



Les traces observées forment un « V ». La pointe de ce dernier, dirigée vers le bas, est-elle liée au point d'origine de l'incendie ou bien à la présence d'une charge combustible significative ?



L'investigateur doit également déterminer avec attention la présence ou non d'une source potentielle à l'emplacement d'un point d'origine, suggéré par l'analyse de ce type de traces .

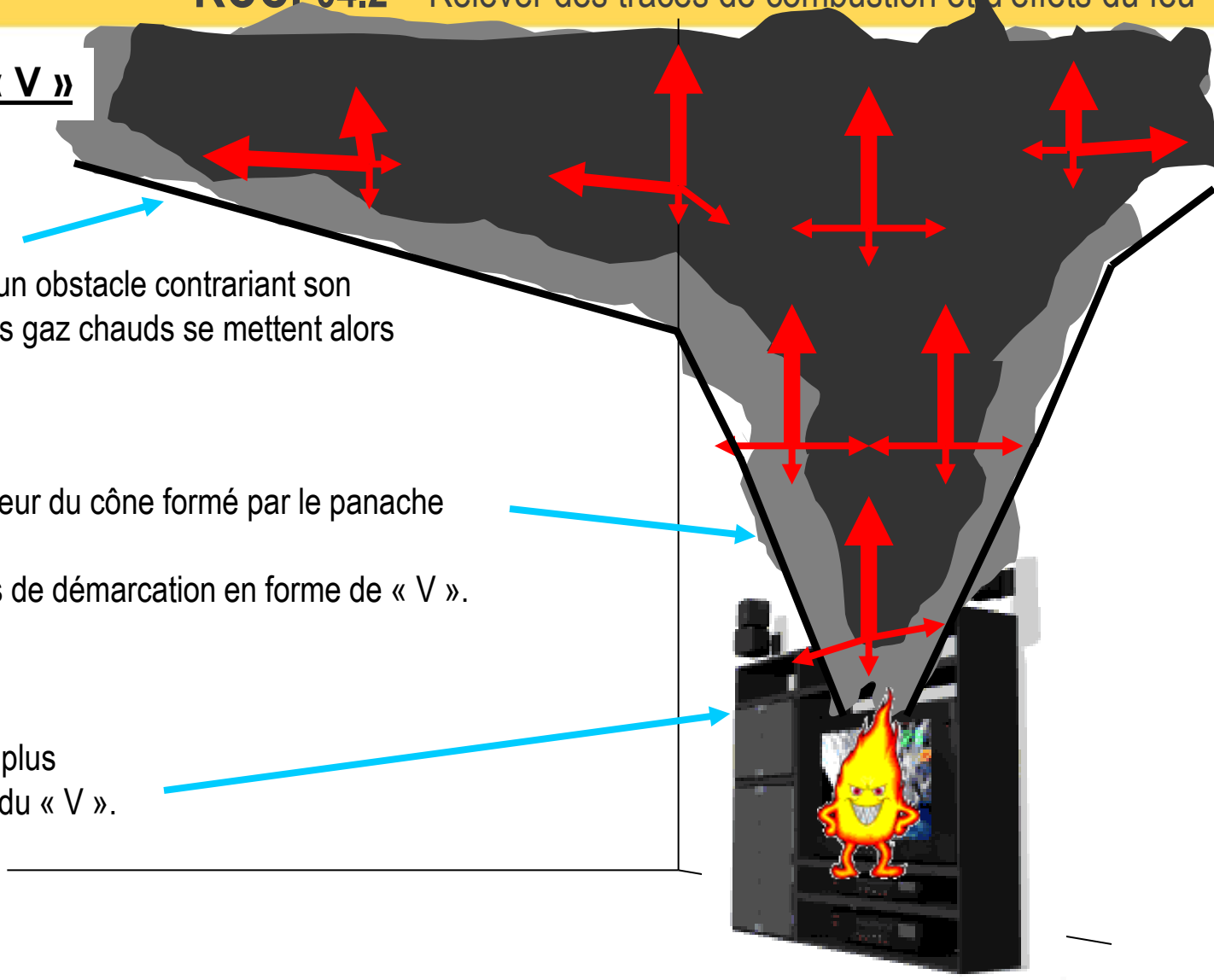
Y a-t-il une source ?
Aurait-elle été déplacée ?...

Traces en forme de « V »

Lorsque le panache rencontre un obstacle contrariant son ascension, tel qu'un plafond, les gaz chauds se mettent alors à se déplacer horizontalement.

Du fait de la convection, la largeur du cône formé par le panache augmente avec la hauteur.
Ce phénomène crée des lignes de démarcation en forme de « V ».

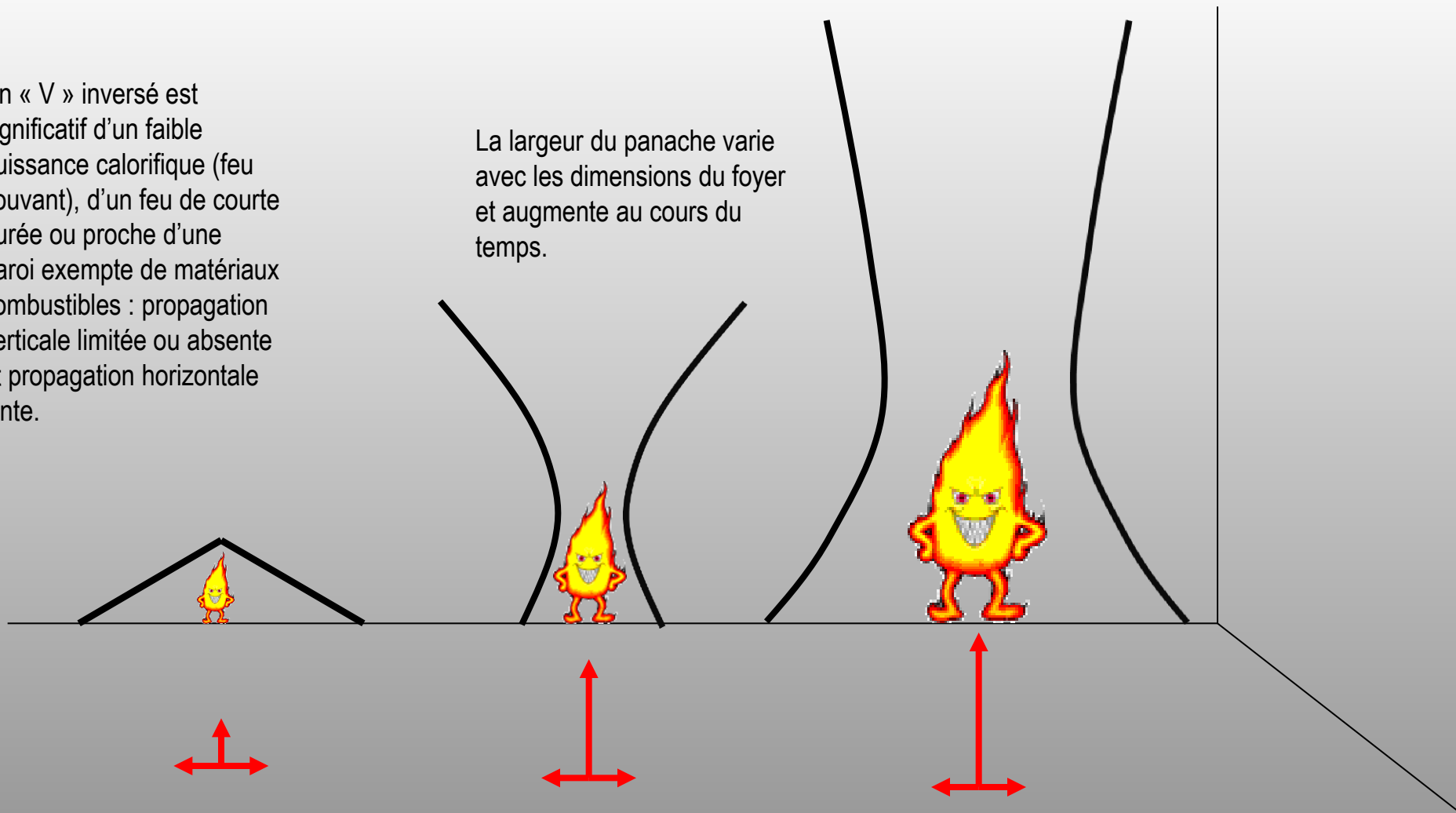
Les signes de destruction sont plus marqués au niveau de la base du « V ».



Plusieurs formes de « V » peuvent être observées selon la vitesse de propagation de l'incendie (nature et disposition des matériaux en présence, conditions de ventilation...).

Un « V » inversé est significatif d'un faible puissance calorifique (feu couvant), d'un feu de courte durée ou proche d'une paroi exempte de matériaux combustibles : propagation verticale limitée ou absente et propagation horizontale lente.

La largeur du panache varie avec les dimensions du foyer et augmente au cours du temps.





Foyer primaire

Trace de combustion en forme de « V » inversé provoqué par la chute d'une faible charge combustible (matière incandescente issue du 1^{er} foyer).

Foyer secondaire

Deux faisceaux de flammes en forme de « V » => propagation ou foyers distincts ?



La pointe basse d'une trace de faisceau de flammes en forme de « V » correspond à un foyer d'incendie mais pas forcément au foyer d'origine.

Il peut s'agir d'un foyer secondaire issu d'une propagation.

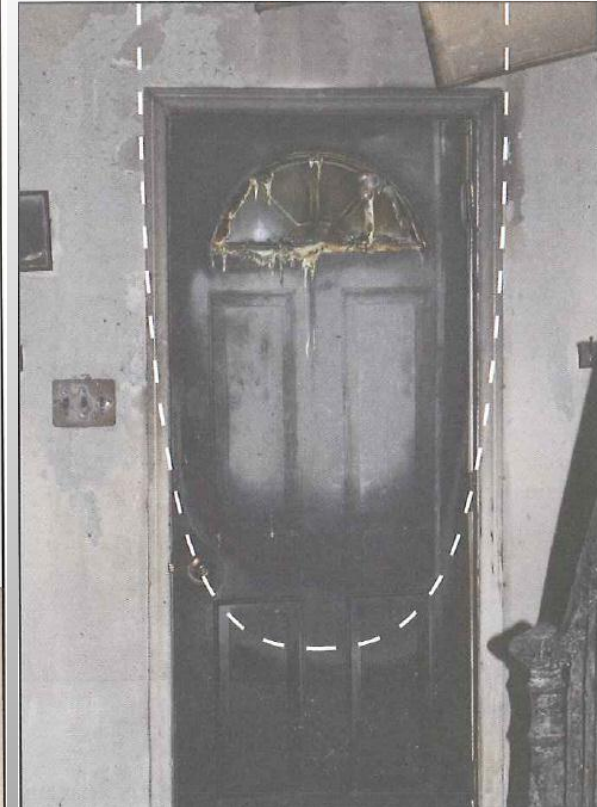
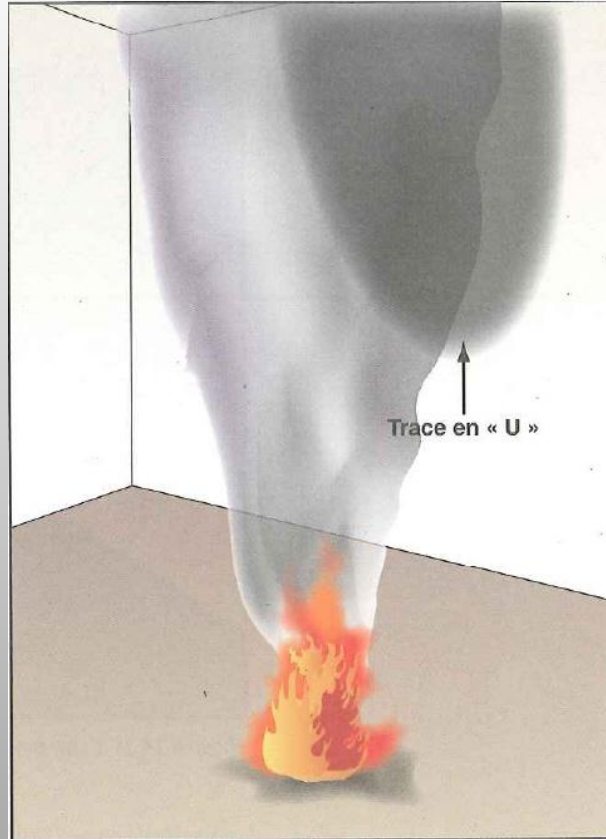
La présence de plusieurs foyers d'incendie nécessitera de déterminer le lien de propagation, entre eux et avec le foyer d'origine, de façon à définir s'il s'agit de foyers secondaires ou bien de foyers multiples.

Traces en forme de « U »

Des traces en **forme de « U »** sont possibles et très semblables aux formes en « V », cependant, elles apparaissent plus en hauteur sur des surfaces verticales.

Elles sont produites lorsque la zone de flammes est plus éloignée de la surface verticale, par conséquent, le panache a plus d'espace pour se disperser avant d'atteindre les murs.

La trace en « U » laissée sur le mur commence donc à une certaine hauteur, et a pu être créée par un feu situé au niveau du sol mais à une certaine distance.

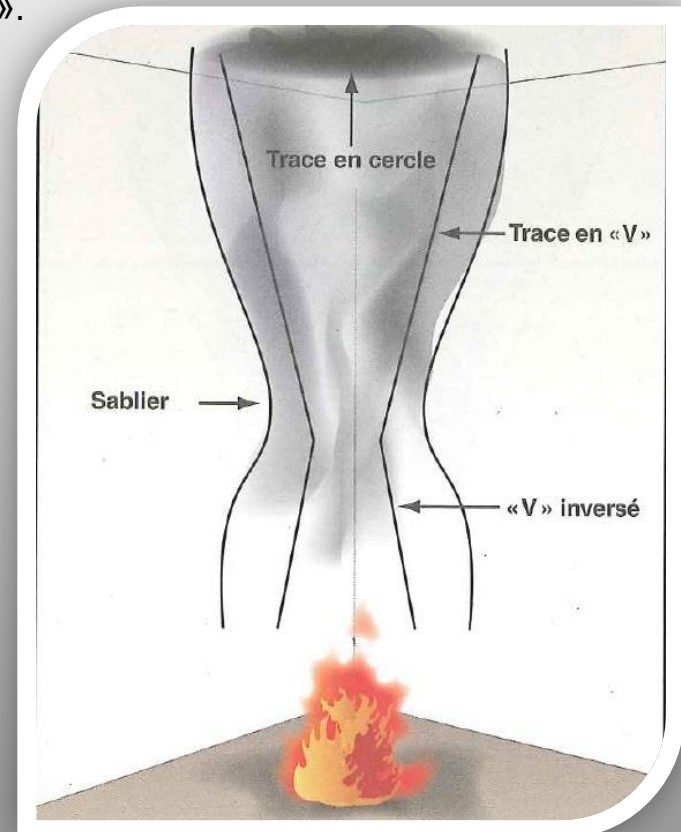


Traces en forme de sablier

Il s'agit généralement d'un foyer de faible intensité qui brûle à proximité d'une surface verticale.

La zone de flamme laisse alors une trace en forme de « V » inversé alors que la zone de fumées et de gaz chauds située juste au-dessus forme une trace en forme de « V ».

L'ensemble de ces traces forme un sablier.



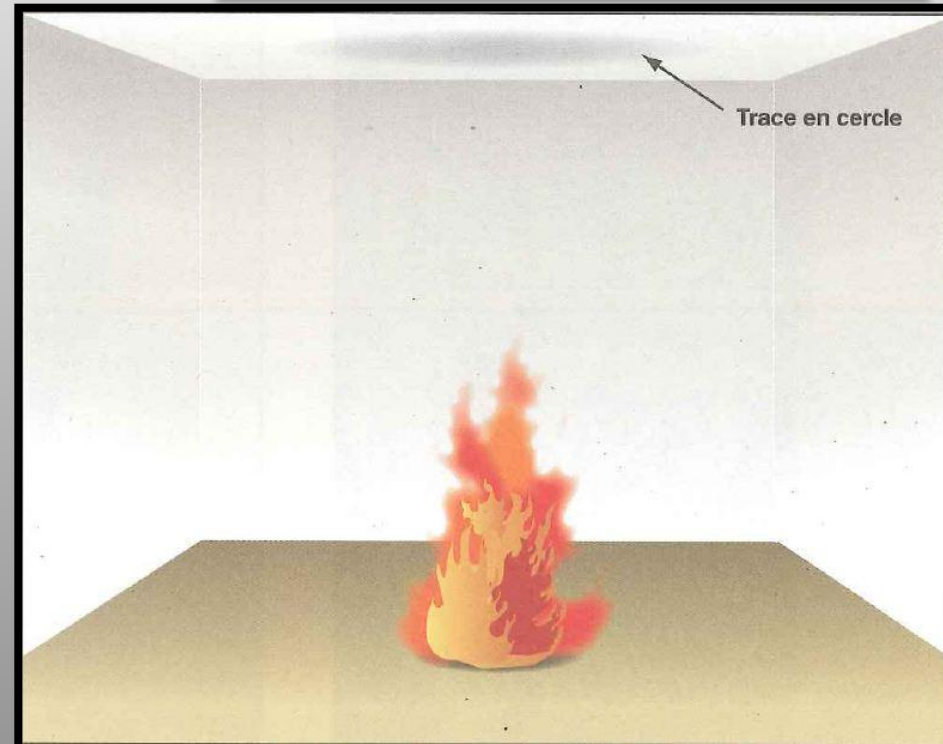
Traces en forme de cercle

Les traces circulaires apparaissent directement sur des surfaces situées au-dessus d'un feu (table, plafond...).

Si le flux de chaleur véhiculé par la convection n'est pas déplacé (ventilation), alors le centre de la trace circulaire doit normalement présenter une épaisseur de carbonisation plus importante ou d'autres types de dégâts mesurables.

Ces traces circulaires peuvent également délimiter une zone de combustion sans résidus ou trace propre (voir C6).

Ainsi, l'investigateur peut généralement s'appuyer sur l'emplacement de ces traces en forme de cercle pour déterminer l'endroit où était situé le foyer au sol.



SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

C1 – Traces de carbonisation

C2 – Traces d'oxydation

C3 – Traces de calcination

C4 – Traces de déformation

C5 – Ecaillage

C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

D1 – Traces produites sur des façades extérieures

D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées

D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds

D4 – Traces produites par la ventilation

D5 – Traces d'embrasement généralisé

D6 – Traces irrégulières sur les planchers

D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire

Le flux thermique porté par les gaz de combustion peut causer des dommages aux surfaces et objets situés dans la partie supérieure d'un local, ou bien sur le trajet de ces gaz chauds.

Des lignes de démarcation sont alors généralement créées soit par le rayonnement et/ou la conduction de la chaleur portée par ces fluides, soit par le dépôt de suies.

Du fait du gradient thermique provoqué par la convection, et selon la nature combustible ou non du matériau exposé, il est possible de remarquer les effets induits par la chaleur (carbonisation, déformation...) et ceux induits par les suies.



SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

C1 – Traces de carbonisation

C2 – Traces d'oxydation

C3 – Traces de calcination

C4 – Traces de déformation

C5 – Ecaillage

C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

D1 – Traces produites sur des façades extérieures

D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées

D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds

D4 – Traces produites par la ventilation

D5 – Traces d'embrasement généralisé

D6 – Traces irrégulières sur les planchers

D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire

En tant qu'élément incontournable du triangle du feu, la ventilation (comburant) régule par sa présence la croissance et l'intensité de la combustion. Elle a donc une incidence directe sur les traces de combustion et effets du feu produits au cours d'une séquence d'incendie.

L'état des ouvrants (portes, fenêtres...) a une incidence significative sur le cheminement des gaz chauds et donc sur la propagation de l'incendie.



L'analyse de la ventilation est donc essentielle pour interpréter les traces de combustion et d'effets du feu, et notamment leur localisation en plus de leur intensité.

Feu contrôlé par la ventilation :

Un feu sous-ventilé est régulé par la présence initiale du comburant ou bien par un apport extérieur (fenêtre, porte).

L'intensité des traces de combustion est ainsi généralement localisée autour du foyer primaire en cas de faible propagation, **et à proximité des ouvrants** en cas de propagation à d'autres charges combustibles.

Feu contrôlé par le combustible :

En revanche, un feu bien ventilé est régulé par la présence ou non de combustible (propagation rapide, voire embrasement généralisé). **L'intensité des traces de combustion est donc associée à la localisation des charges combustibles dans la zone ventilée.** Cela peut ainsi masquer l'intensité des traces associées au foyer d'origine.



SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

C1 – Traces de carbonisation

C2 – Traces d'oxydation

C3 – Traces de calcination

C4 – Traces de déformation

C5 – Ecaillage

C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

D1 – Traces produites sur des façades extérieures

D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées

D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds

D4 – Traces produites par la ventilation

D5 – Traces d'embrasement généralisé

D6 – Traces irrégulières sur les planchers

D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire

Les dégâts associés à l'embrasement généralisé d'un local sont considérables et rendent très difficile la tâche de l'investigateur de localiser le foyer d'origine de l'incendie, notamment en se basant uniquement sur l'analyse des effets du feu.

En effet, l'intensité des effets peut se produire dans un laps de temps relativement court, et plus l'incendie persiste dans le temps, plus la gravité des dégâts est significative en tout point du local concerné.

Les conditions extrêmes d'un embrasement généralisé ont pour conséquence :

- d'effacer ou de transformer les traces initiales résultant de la croissance du feu ;
- d'associer la gravité des destructions à la répartition des charges combustibles, indépendamment donc de l'emplacement du foyer d'origine.



SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

C1 – Traces de carbonisation

C2 – Traces d'oxydation

C3 – Traces de calcination

C4 – Traces de déformation

C5 – Ecaillage

C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

D1 – Traces produites sur des façades extérieures

D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées

D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds

D4 – Traces produites par la ventilation

D5 – Traces d'embrasement généralisé

D6 – Traces irrégulières sur les planchers

D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire

Les traces irrégulières sur les planchers peuvent être formées de nombreuses façons, aussi il est nécessaire d'examiner la relation entre la nature du sol, la présence initiale de charge combustible, la chute éventuelle de matériaux en feu, etc.

Pour cela, il est souvent nécessaire d'effectuer un déblai qui permet de mettre à nu le sol afin de pouvoir observer la nature des traces présentes et mettre en évidence le **plus bas niveau de carbonisation**.



L'investigateur peut également remarquer :

des traces en forme de traînées

Lorsque des liquides inflammables sont utilisés pour une mise à feu, en étant répandus au sol, ils créent des traces en forme de traînées.

Ces traces sont plus ou moins visibles selon la nature combustible de sol, mais elles restent tout de même détectables sur des matériaux non combustibles.

La confirmation de leur présence et la nature de leur utilisation (intentionnelle ou accidentelle) sont du ressort des forces de l'ordre (auditions, détectations, prélèvements, analyses en laboratoire).



L'investigateur peut également remarquer :

des traces en forme de selle

La combustion d'un plancher peut creuser les solives qui le supportent en créant une trace concave en forme de selle.

L'orientation de cette trace permet de définir le sens de propagation du feu depuis le dessus du plancher ou bien le dessous.



SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

C1 – Traces de carbonisation

C2 – Traces d'oxydation

C3 – Traces de calcination

C4 – Traces de déformation

C5 – Ecaillage

C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

D1 – Traces produites sur des façades extérieures

D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées

D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds

D4 – Traces produites par la ventilation

D5 – Traces d'embrasement généralisé

D6 – Traces irrégulières sur les planchers

D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire

Au cours des opérations d'extinction, les actions entreprises peuvent effacer, modifier voire créer des traces de combustion et d'effet du feu.

L'action des lances à incendie peut modifier les courants de convection des gaz chauds et des fumées et ainsi créer de nouvelles traces.

Ce phénomène peut d'autant plus se produire du fait de l'utilisation de la ventilation par pression positive.

Enfin, des surfaces exposées au fumées et initialement recouvertes de suies peuvent avoir été nettoyées par la projection d'eau au cours de l'extinction.



L'interprétation de ces traces, créées ou modifiées, est subordonnée à l'étude des procédures opérationnelles mises en œuvre, à la nature et à l'emplacement des moyens d'extinction, etc.



Merci pour votre attention

Avez-vous des questions ?

SOMMAIRE

A – Introduction

B – Objectifs pédagogiques

C – Nature des traces de combustion et d'effets du feu :

C1 – Traces de carbonisation

C2 – Traces d'oxydation

C3 – Traces de calcination

C4 – Traces de déformation

C5 – Ecaillage

C6 – Absence de traces

D – Types de relevé des traces de combustion et d'effets du feu :

D1 – Traces produites sur des façades extérieures

D2 – Traces produites par un faisceau de flammes et de fumées

D3 – Traces produites par les couches de gaz chauds

D4 – Traces produites par la ventilation

D5 – Traces d'embrasement généralisé

D6 – Traces irrégulières sur les planchers

D7 – Traces produites par l'extinction

E – Glossaire

GLOSSAIRE :

ALTERATION :

Toute action ayant pour conséquence la destruction ou la modification (déformation ,déplacement...) des traces et indices d'une scène d'incendie.

GLOSSAIRE :



CALCINATION :

Dans une structure de gypse, évaporation de l'eau libre et de l'eau chimiquement liée au matériau ; désigne également les transformations physiques et chimiques subies par le gypse lui-même.

CHARGE COMBUSTIBLE :

Un feu sous-ventilé est régulé par la présence ou non du comburant. L'intensité des traces de combustion est ainsi généralement localisée autour du foyer primaire (faible propagation du feu).

CONDUCTION :

Transfert de chaleur s'effectuant par l'intermédiaire de matières solides ; le transfert s'effectue du chaud vers le froid.

CONVECTION :

Transfert de chaleur s'effectuant de bas en haut, par l'intermédiaire de gaz et de liquides, par vagues ou courants. La fumée chaude est un bon exemple de la convection.

CONDUCTIVITE :

Aptitude d'un corps à transmettre la chaleur.

CAUSE D'INCENDIE :

Circonstances, conditions ou actions qui permettent la rencontre d'une combustion, 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.

COMBUSTION PAR BRAISE :

Combustion d'un matériau solide sans flamme mais avec émission de lumière.

CAUSE DIRECTE :

Cause directement responsable des effets sans contribution d'une autre cause.

GLOSSAIRE :



CHARGE COMBUSTIBLE :

Un feu sous-ventilé est régulé par la présence ou non du comburant. L'intensité des traces de combustion est ainsi généralement localisée autour du foyer primaire (faible propagation du feu).

CRAQUELURES :

Formation de petites fissures sur une vitre, par exemple une fenêtre ou un miroir, attribuable à la chaleur du feu. Il est possible que ce phénomène survienne lorsqu'une partie de la vitre est plus exposée au rayonnement thermique qu'une autre (par exemple surface de la vitre protégée par son encadrement).

CONTAMINATION :

Action ou élément, extérieur ou non, pouvant souiller tout ou partie d'une scène d'incendie et modifier ainsi l'interprétation des traces et indices observés.

GLOSSAIRE :



DEBIT CALORIFIQUE :

Quantité d'énergie calorifique dégagée par unité de temps par un matériau pendant sa combustion dans des conditions spécifiques.

GLOSSAIRE :



TERME :

Texte

TERME :

Texte