

1. Les matériaux

Les appareils de protection respiratoire sont des équipements de protection individuelle de catégorie III², qui permettent d'assurer la protection du porteur contre les risques pouvant entraîner des lésions irréversibles ou mortelles.

Ils doivent être utilisés conformément aux notices d'emploi des fabricants.

1.1. Les appareils respiratoires isolants autonomes

1.1.1. L'appareil respiratoire isolant à circuit ouvert

Un appareil respiratoire isolant (ARI) autonome à circuit ouvert fonctionne avec une réserve d'air comprimé sous haute pression. Il permet à l'utilisateur d'être alimenté à la demande en air respirable provenant de la (ou des) bouteille(s) portée(s) sur le dos de l'utilisateur.

L'air expiré est rejeté à l'extérieur par l'intermédiaire de la soupape d'expiration du masque.

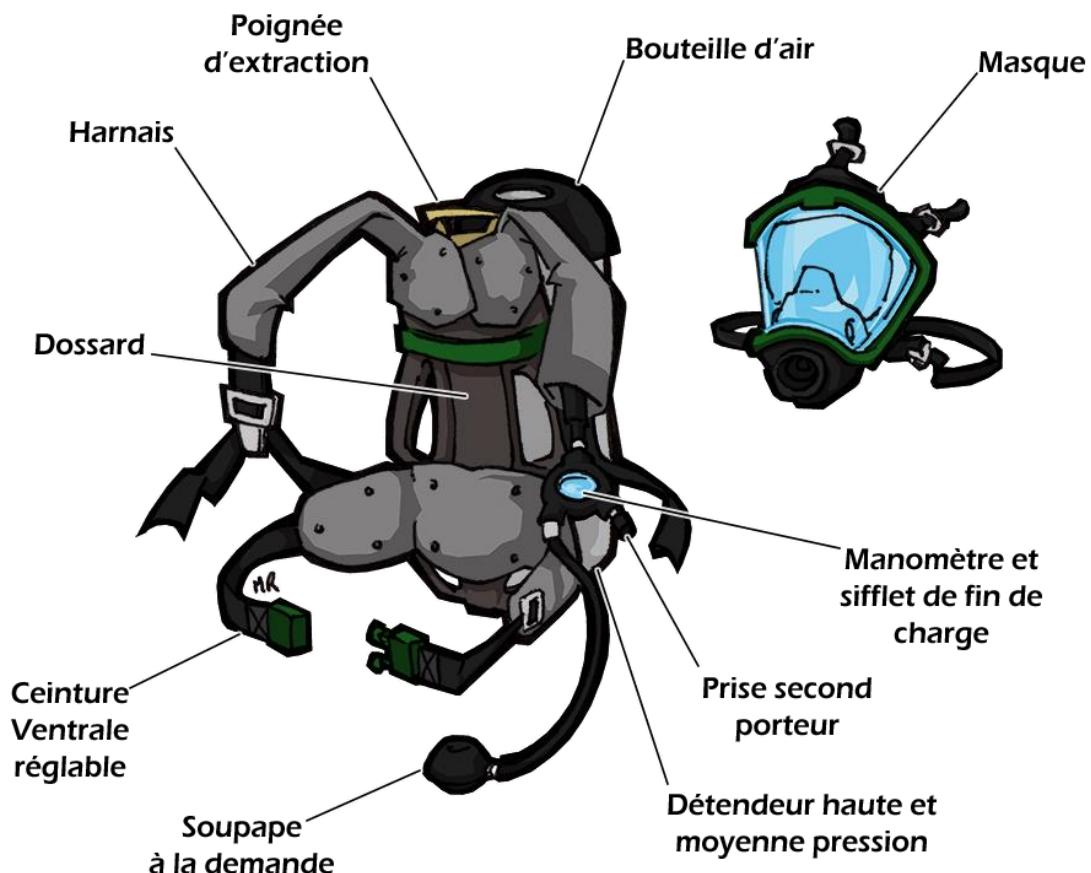


Schéma de principe d'un appareil respiratoire isolant à circuit ouvert
© Matthieu Robert

Un appareil respiratoire isolant à circuit ouvert (ARICO) est obligatoirement constitué de :

- **une réserve d'air** : une ou plusieurs bouteille(s) d'air comprimé, avec ou sans housse de protection, équipée(s) de leur robinet ;

² Règlement 2016/425 ; arrêté du 19 mars 1993 : la catégorie III comprend exclusivement les risques qui peuvent avoir des conséquences très graves comme la mort ou des dommages irréversibles pour la santé.

- **un dossard et un harnais ;**
- **un détendeur HP/MP**; haute pression (HP: 200 ou 300 bar selon les bouteilles), moyenne pression (MP: 6 ou 8 bar), équipé d'un dispositif d'échappement de l'air s'ouvrant automatiquement lorsque la moyenne pression dépasse le seuil autorisé dans le cas d'une anomalie de fonctionnement ;
- **une soupape à la demande (SAD)**: détendeur MP/BP ; moyenne pression (MP: 6 ou 8 bar), basse pression (BP: légèrement supérieure à la pression atmosphérique, pour maintenir une surpression dans la pièce faciale) ;
- **un flexible moyenne pression** reliant le détendeur HP/MP à la SAD ;
- **un manomètre** d'air comprimé pneumatique ou électronique ;
- **un flexible haute pression** reliant le détendeur HP/MP avec le manomètre ;
- **un sifflet de fin de charge** ;
- **un détecteur d'immobilité³** ;
- **une pièce faciale** (masque complet).



Masque à brides



Masque à griffes



Masque à filet

© Matthieu Robert

L'ARI à circuit ouvert peut être équipé de dispositifs optionnels, tels que :

- **un indicateur de température** ;
- **un système d'enregistrement** de données ;
- **un boîtier d'instrument de contrôle et de sécurité (ICS)** avec manomètre et afficheur d'autonomie, qui peut regrouper les dispositifs précédents ;
- **un deuxième raccordement moyenne pression d'entrée** utilisé pour l'alimentation en air du porteur de l'appareil à partir d'une autre source d'air moyenne pression extérieure ;
- **un deuxième raccordement moyenne pression de sortie** utilisée pour l'alimentation en air d'une cagoule ou d'un masque à des fins de sauvetage ;
- **un deuxième raccordement moyenne pression combiné** (entrée et sortie) utilisé pour l'alimentation en air du porteur de l'ARICO à partir d'une autre source d'air moyenne pression extérieure et d'une cagoule ou d'un masque à des fins de sauvetage ;
- **un dispositif by-pass** (permettant une arrivée d'air supplémentaire en cas de besoin)...

L'air comprimé à haute pression (200 ou 300 bar) de la (ou des) bouteille(s) est ramené dans un premier temps à pression moyenne (6 ou 8 bar) par le détendeur HP/MP, puis passé en basse pression (légèrement supérieur à la pression atmosphérique) au moyen de la soupape à la demande.

Le masque complet qui permet la connexion de la soupape à la demande et l'échappement de l'air expiré, couvre la totalité du visage (bouche, nez et yeux). La soupape à la demande est équipée du dispositif by-pass permettant de fournir, lors de l'utilisation, une arrivée d'air supplémentaire dans le masque. Il sert aussi à purger le circuit de l'appareil après son utilisation.

³ Cf. 1.4.1

Les bouteilles employées avec les appareils respiratoires peuvent être métalliques ou composites :

| TYPE DE BOUTEILLE UTILISÉE | COMPOSITION |
|----------------------------|---|
| Type I | Bouteilles métalliques |
| Type II | Bouteilles métalliques renforcées |
| Type III | Bouteilles composites avec liner métallique |
| Type IV | Bouteilles composites avec liner plastique |

L'autonomie d'un appareil respiratoire isolant à circuit ouvert dépend de la quantité d'air disponible ainsi que de la consommation du porteur, qui varie en fonction de l'individu et du travail effectué.⁴



Il convient, pour simplifier, de considérer que la consommation « haute » d'un porteur d'ARICO lors d'un incendie est d'environ 100 l/min (effort intense).

1.1.2. L'appareil respiratoire isolant à circuit fermé

Un appareil respiratoire isolant à circuit fermé permet de régénérer l'air expiré vicié pour le rendre à nouveau respirable. Ce type d'appareil est principalement utilisé dans les interventions nécessitant des autonomies importantes (explorations de longues durées, feux de navires, etc.).

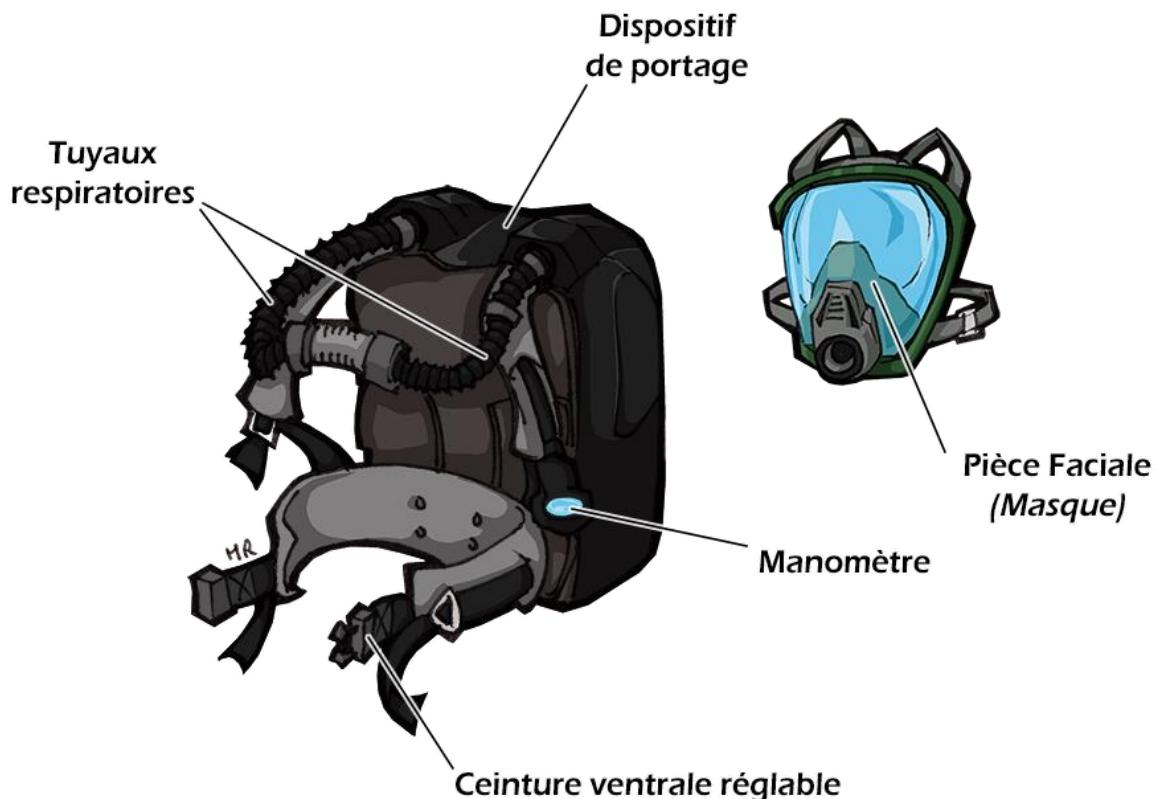


Schéma de principe d'un appareil respiratoire isolant à circuit fermé
© Matthieu Robert

⁴ Un tableau des consommations en air par activité est présenté en annexe A.

Parmi les différents types d'appareils à circuit fermé, les modèles les plus utilisés par les services d'incendie et de secours sont :

- l'appareil à circuit fermé fonctionnant avec une réserve d'oxygène comprimé sous haute pression (principalement 200 bar) et une cartouche de chaux sodée de régénération (absorbeur de dioxyde de carbone) ;
- l'appareil à circuit fermé fonctionnant sans réserve d'oxygène comprimé, avec une cartouche de régénération de dioxyde de potassium (absorbeur du dioxyde de carbone, d'humidité et générateur de l'oxygène) ;
- l'appareil à circuit fermé fonctionnant avec une réserve d'air comprimé sous haute pression (principalement 300 bar) et une cartouche de régénération de dioxyde de potassium (absorbeur du dioxyde de carbone et d'humidité).

De manière générale, un appareil respiratoire isolant fonctionnant à circuit fermé est constitué par :

- **le carter de protection** et de portage avec un harnais ;
- le sac respiratoire ;
- **les tuyaux respiratoires** (inspiration et expiration) ;
- la (ou les) **cartouche(s) régénératrice(s)** (chaux sodée ou dioxyde de potassium) ;
- **la pièce faciale** ;
- **la réserve de gaz comprimé**, qui peut être une bouteille d'air ou d'oxygène comprimé, équipée du robinet (ou un pack de bouteilles) ;
- **le détendeur haute/moyenne pression** (HP/MP) équipé d'un dispositif d'échappement de l'air s'ouvrant automatiquement lorsque la moyenne pression dépasse le seuil autorisé dans le cas d'une anomalie de fonctionnement ;
- **les soupapes** (inspiratoire et expiratoire) ;
- **le manomètre** de gaz comprimé pneumatique ou électronique ;
- **le flexible haute pression** reliant le détendeur haute/moyenne pression avec le manomètre ;
- **le gaz réfrigérant**, destiné à réduire la température de l'air inspiré et diminuer ainsi la contrainte physique de l'utilisateur.
- **un détecteur d'immobilité**.

1.1.3. Les matériels d'assistance respiratoire



© Matthieu Robert

L'assistance respiratoire à une victime au moyen de la cagoule d'évacuation peut être assurée de trois façons par la mise en œuvre :

- d'une cagoule d'évacuation sur la 2^{ème} sortie moyenne pression de l'ARI d'un membre du binôme ;
- d'une cagoule d'évacuation ou d'un masque d'un lot d'assistance en air respirable ;

- d'une cagoule autonome avec une cartouche filtrante.

1.1.4. Les autres types de matériel existants



Appareil respiratoire isolant CO bi-bouteilles



Chariot d'air multi-bouteilles

© Matthieu Robert

1.2. Les appareils de protection respiratoire filtrants



L'utilisation des masques complets avec filtres anti-aérosols (solides ou liquides), filtres anti-gaz et filtres combinés répond à des règles strictes d'utilisation (en particulier une connaissance appropriée du milieu).

1.2.1. La filtration anti-aérosols

Ces filtres sont classés en fonction de leur efficacité :

- les filtres de classe P1 : arrêtent 80% des aérosols ;
- les filtres de classe P2 : arrêtent 94% des aérosols ;
- les filtres de classe P3 : arrêtent 99.95% des aérosols.

Un marquage supplémentaire indique la réutilisation possible à la suite d'une seule utilisation en ambiance de travail sur une période de 8 heures :

- réutilisable (R) ;
- non réutilisable (NR).

Il est important de garder à l'esprit que ces filtres se colmatent au fur et à mesure de leur utilisation, en particulier dans le cas de travaux en ambiance empoussiérée.



Si l'intervenant ressent une augmentation de la résistance au passage de l'air inspiré, détecte la présence d'un contaminant, ou détermine de toute autre manière que l'équipement n'assure plus la protection, il doit quitter la zone dangereuse immédiatement.

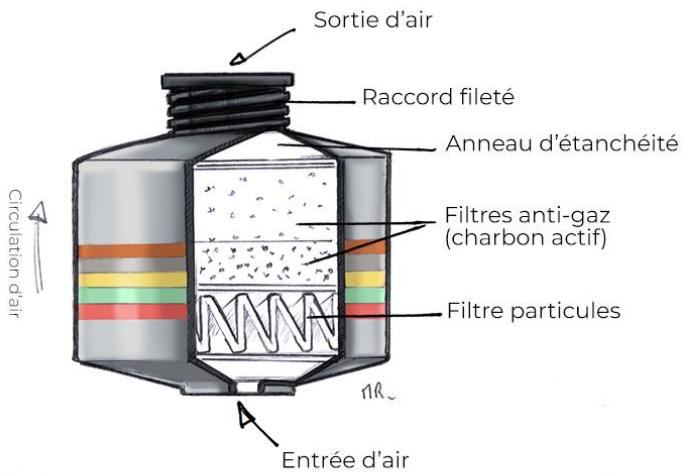
1.2.2. La filtration anti-gaz

Dans certaines conditions, cette technologie de protection respiratoire peut être utile pour se protéger contre des gaz ou des vapeurs.

Généralement, ces filtres sont constitués de charbon actif.

L'épuration de l'air inspiré repose sur le phénomène d'adsorption⁵.

Pour certains gaz ou vapeurs, ce charbon actif est dopé par l'ajout de réactifs chimiques.



CARTOUCHE FILTRANTE

© Matthieu Robert

Ces filtres sont désignés par un marquage comportant une lettre et un chiffre, ainsi qu'une bande de couleur spécifique à un gaz ou bien une famille de gaz ou vapeurs.

| TYPE | COULEUR | DOMAINE |
|------|----------------|---|
| A | Marron | Gaz et vapeurs organiques dont le point d'ébullition est supérieur à 65°C |
| B | Gris | Gaz et vapeurs inorganiques |
| E | Jaune | Dioxyde de soufre et autres gaz et vapeurs acides |
| K | Vert | Ammoniac et dérivés organiques aminés |
| HgP3 | Rouge et blanc | Vapeurs de mercure |
| NOP3 | Bleu et blanc | Oxyde et dioxyde d'azote |
| AX | Marron | Gaz et vapeurs organiques dont le point d'ébullition est inférieur à 65°C |
| SX | Violet | Composés spécifiques désignés par le fabricant |

Le phénomène d'adsorption est limité dans le temps.

Le temps réel de protection dépend d'un paramètre déterminant : le temps de saturation⁶, mesuré dans des conditions expérimentales précises, qu'il ne convient pas de comparer avec les conditions opérationnelles.

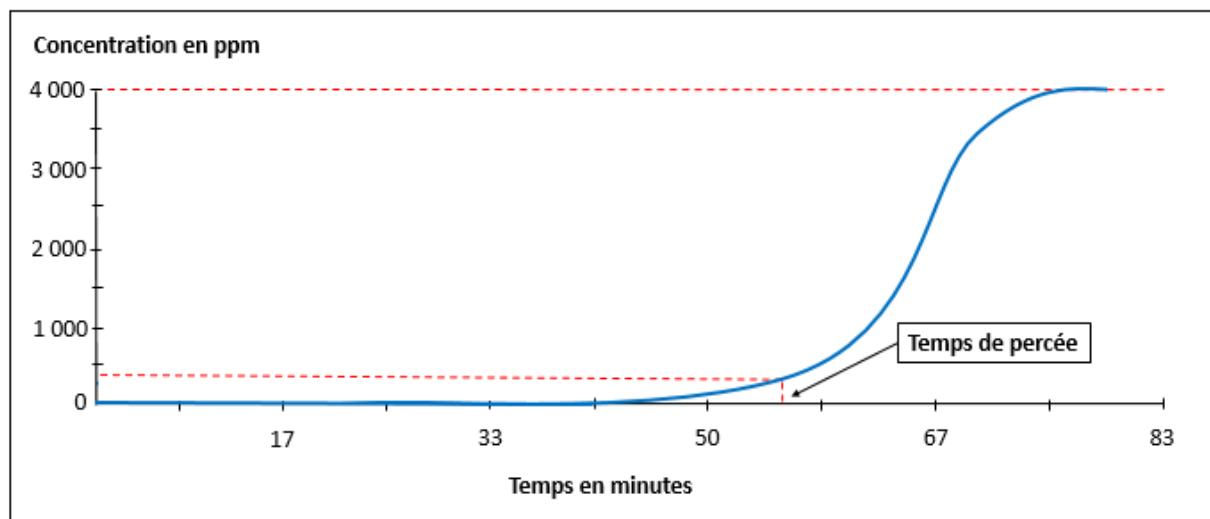
Les tests sont en effet réalisés à une température de 20°C, une humidité relative à 70%, un débit de ventilation à 30 L/min et une concentration connue du gaz d'essai.

Le temps de claquage⁷ est défini comme le temps au terme duquel la concentration de polluant dans l'air filtré dépasse une certaine concentration critique.

⁵ L'adsorption est un phénomène de surface, réalisée ici grâce à la structure microporeuse du charbon actif. C'est la rétention à la surface d'un solide des molécules d'un gaz ou d'une substance en solution ou en suspension. Cf. également le GDO « Prévention des risques liés à la toxicité des fumées ».

⁶ Ou temps de claquage ou temps de percée.

⁷ Les temps minimums de claquage sont définis par la norme NF EN 14387 + A1.



Exemple de courbe de claquage (ou de percée)

| TYPE ET CLASSE DE FILTRE | GAZ D'ESSAI | CONCENTRATION DU GAZ D'ESSAI (PPM) | TEMPS MINIMAL DE CLAQUAGE (MIN) |
|--------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| A2 | Cyclohexane | 5000 | 35 |
| B2 | Chlore ⁸ | 5000 | 20 |
| | Sulfure d'hydrogène | 5000 | 40 |
| | Cyanure d'hydrogène | 5000 | 25 |
| E2 | Dioxyde de soufre | 5000 | 20 |
| K2 | Ammoniac | 5000 | 40 |

Exemple pour une cartouche « à spectre large » : (20°C, 70% humidité, ventilation 30l/min) :

Pour travailler en sécurité avec ce type de protection, l'INRS limite leur emploi dans les situations de travail, à une concentration connue inférieure ou égale à 60 fois la valeur limite à court terme (VLCT) propre à chaque toxique.

Le temps de claquage ou de saturation dépend et varie selon les conditions opérationnelles réelles :

- ce temps diminue si la concentration de produit, la température et le débit de ventilation augmentent ;
- le débit ventilatoire utilisé dans la norme (30 l/min) est bien inférieur à la moyenne constatée pour une activité de sapeur-pompier ;
- l'humidité relative du milieu (pluie, brouillard, vapeur), doit aussi être prise en compte. Les molécules d'eau auront tendance à occuper les sites d'absorption du matériau filtrant et donc à diminuer le temps de claquage.

En l'état des connaissances actuelles, il n'est pas possible de définir précisément la durée de vie d'une cartouche en utilisation réelle.



L'usage de ce type de protection doit rester réfléchie, nécessitant la connaissance exacte du polluant, sa toxicité, sa concentration la plus élevée prévisible, etc.

⁸ Exemple : VLCT du Chlore : 0.5 ppm, soit 30 ppm max pour utiliser un filtre à cartouche.

1.3. La ligne de vie

La ligne de vie permet au binôme d'avoir un lien physique et continu avec le point de pénétration. Il est à noter que l'établissement peut être considéré comme la ligne guide dans certaines conditions d'engagement.



Ligne de vie = ligne guide + liaison personnelle.



LIGNE DE VIE PAR ÉTABLISSEMENT



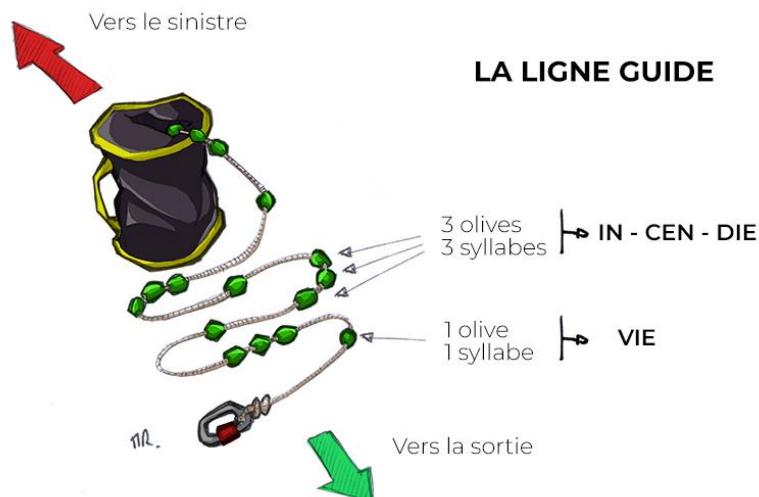
LIGNE DE VIE PAR LIGNE GUIDE

Exemple de ligne de vie avec des lignes guides différentes
© Matthieu Robert

1.3.1. La ligne guide

La ligne guide est une ligne enroulée sur un tambour ou lovée dans un sac, d'une longueur de 50 à 60 mètres et d'un diamètre de 6 à 8 millimètres.

Cette ligne doit comporter des repères de progression qui facilitent le travail du binôme.



. © Matthieu Robert

Ces repères signifient :

- 1 olive isolée en 2^{ème} = en direction de la sortie (1 olive, 1 syllabe : « vie ») ;
- 3 olives successives en 2^{ème} = en direction du sinistre (3 olives, 3 syllabes : « in-cen-die »).



Lors du conditionnement de la ligne guide dans un sac, il est important de s'assurer du bon sens celle-ci

La ligne guide peut-être aussi réalisée au moyen d'une lance d'incendie alimentée.

1.3.2. La liaison personnelle

La liaison personnelle permet le déplacement le long de la ligne guide tout en assurant un lien constant entre les intervenants.

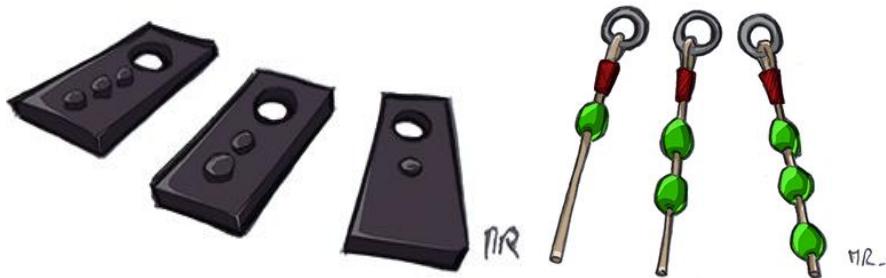
D'une longueur totale de 6 mètres et d'un diamètre de 4 millimètres, elle peut être utilisée en version courte (1,25 mètres) ou en version longue (6 mètres).



Exemples de liaisons personnelles
© Mathieu Robert

1.3.3. Les dispositifs de dérivation

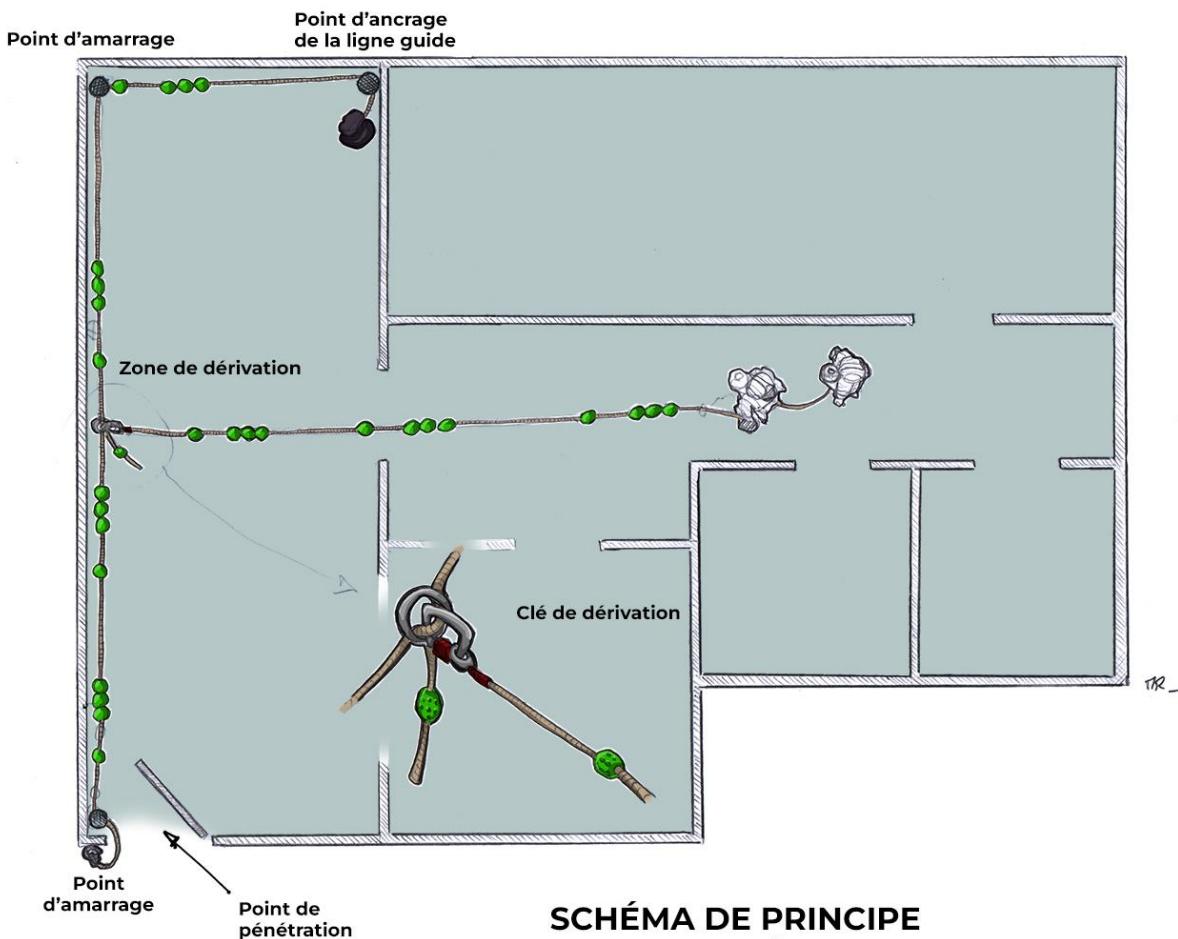
Des dispositifs de dérivation permettent des ramifications le long de la ligne guide principale.



Plaquettes de dérivation
Clés de dérivation
© Matthieu Robert

Les dérivations sont principalement utilisées lors de reconnaissance de grands volumes. Il est à noter que jusqu'à 3 dérivations peuvent être effectuées sur la ligne guide.





Exemple de dérivation
© Mathieu Robert

1.3.4. Les dispositifs facilitant la progression

L'amarrage de la liaison personnelle au tuyau ne doit pas être un frein à la progression des intervenants.

Il existe des dispositifs qui facilitent la progression sur le tuyau.

L'utilisation des tuyaux en « O » ne doit pas entraver l'amarrage. Il est déconseillé de pénétrer dans les volumes avec des réserves qui peuvent compliquer les cheminements et le coulisement des colliers d'amarrage.



Exemple de dispositif © Matthieu Robert

1.4. Les autres accessoires utilisés avec les appareils respiratoires

1.4.1. La balise de sécurité et de détresse

La balise de sécurité et de détresse permet d'assurer une veille pendant l'utilisation de l'appareil de protection respiratoire. Elle est à la fois :

- **un détecteur d'immobilité**, dispositif de sécurité permettant d'alerter de l'immobilité ou de la détresse du porteur si le manque de mouvement dépasse une période donnée

- en émettant simultanément des signaux sonores et lumineux ;
 - **une sonde thermique**, système configuré pour contrôler la température et avertir le porteur du dépassement de la température limite d'exposition programmée.

1.4.2. Les moyens de communication

La sécurisation des binômes est réalisée notamment par la mise en œuvre de systèmes de communication. Selon les modèles, ces systèmes doivent permettre d'assurer dans toutes les situations et à tout moment :

- la communication propre au binôme ;
 - la communication entre les binômes ;
 - la communication avec le contrôleur, gestionnaire du point de pénétration.

Ces moyens de communication peuvent être de différents types :

- les signaux sonores ;
 - les signaux visuels ;
 - les moyens radios.



© Mathieu Robert

1.4.3. Le tableau de gestion des personnels⁹

La première colonne destinée à recevoir les noms de chaque binôme peut être remplacée par un espace accueillant les plaquettes patronymiques de ces derniers.

Le tableau peut comporter d'autres informations (rappels d'instructions et consignes propres au service d'incendie et de secours par exemple), sans toutefois surcharger l'outil qui doit rester simple d'emploi et de lecture aisée. Une montre et/ou un chronomètre peuvent compléter utilement le tableau.

© Nicolas Comes

⁹ Le terme de « tableau de gestion des personnels » est préféré à celui de « tableau de gestion des reconnaissances », car cet outil peut être utilisé dans d'autres configurations (mise en place d'un sas, d'une zone de soutien de l'intervenant, etc.)