

6

La protection respiratoire

par J. Lara, M. Vennes, S. Smith

Les réglementations ou les recommandations sur la santé et la sécurité du travail fixent des valeurs limites d'exposition pour les contaminants. Lorsque leur concentration sous forme de gaz, de vapeurs ou d'aérosols dépasse ces valeurs limites, un risque d'altération de la santé existe, voire même un danger immédiat pour la vie ou la santé. Si le contrôle à la source est impossible parce que ces mesures exigent un délai d'application ou qu'elles ne peuvent être mises en place, ou encore qu'elles ne parviennent pas à ramener les niveaux de contamination sous les valeurs acceptables, l'usage des appareils de protection respiratoire (ou respirateurs¹) est alors nécessaire [1-5]. Nous présentons dans ce chapitre les principaux appareils avec leurs limites d'utilisation et leurs critères de sélection (*cf. organigramme, p. 166*). Pour que le choix et l'utilisation des appareils de protection respiratoire soient efficaces, un plan (ou programme) doit être mis en place qui comprend la formation du personnel et des essais d'ajustement. Les appareils doivent être approuvés par des organismes accrédités, nous décrivons donc les systèmes d'agrément européen et américain et les normes et les règlements s'y rapportant.

Cet ouvrage traite des solvants; nous présentons néanmoins dans ce chapitre la protection respiratoire dans son ensemble. Des exemples plus spécifiques aux solvants seront décrits tout au long de celui-ci. Nous renvoyons le lecteur à la bibliographie pour d'autres informations complémentaires.

■ Normes et règlements

Aux États-Unis, l'agrément des appareils de protection respiratoire utilisés en milieu de travail est réglementé par le 42 CFR, partie 84 (*Code of Federal Regulations*) [6]. L'utilisation, le programme de formation et la sélection de ces appareils sont fixés par la norme 29 CFR, parties 1910 et 1926 de l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) [7]. La conformité aux normes des appareils est vérifiée par le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Cet agrément est

1. Appareil utilisé pour protéger un individu confronté à un risque d'altération de sa santé par l'inhalation d'un air contaminé par des gaz, des vapeurs, des aérosols ou par manque d'oxygène.

accordé par le NIOSH pour un appareil dans son ensemble, aucune modification ni interchangeabilité des pièces n'étant acceptée. Une partie de cette réglementation a été reprise pour établir la réglementation de certaines provinces canadiennes, les équipements utilisés provenant généralement des États-Unis. La réglementation québécoise (RSST) [3], par exemple, renvoie à une liste d'équipements de protection respiratoire issue de celle approuvée par le NIOSH. Il existe des normes aux États-Unis (ANSI Z88.2-1992) [8] et au Canada (CSA Z94.4-93) [9] concernant la sélection, la description et l'utilisation des appareils de protection respiratoire.

L'Union européenne a établi des normes communes permettant la libre circulation des équipements sur son territoire. La directive 89/686/CEE du 21 décembre 1989 fixe les conditions de conception, de mise sur le marché et de libre circulation des équipements de protection individuelle (EPI) parmi les états membres [10]. Cette directive précise également les exigences en matière d'efficacité, de confort, d'ergonomie et d'innocuité des équipements de protection respiratoire et fixe les procédures de certification. La directive 89/656/CEE du 30 novembre 1989, quant à elle, concerne l'utilisation de ces équipements et précise les obligations des employeurs en ce qui concerne l'évaluation du risque, la sélection des EPI et leur entretien, et la formation des travailleurs à leur utilisation [11]. L'agrément des appareils de protection respiratoire se fait par des organismes reconnus par les pays membres de l'Union européenne selon les normes en vigueur. Celles-ci sont issues des travaux du comité technique 79 (CEN/TC 79) et concernent, pour la plupart, les exigences, les essais et le marquage des différents types d'appareils et des filtres [12-42]. Il existe également des normes pour les raccords, les filetages, l'air comprimé de même que pour les définitions, la classification et la nomenclature des composants [43-53]. L'agrément des appareils à pression négative se fait par partie d'équipement, ce qui permet l'interchangeabilité des pièces entre différents appareils. Le tableau 6.1 compare les normes européennes avec la réglementation américaine pour les différents types d'appareils. Les règlements et les normes (appelés réglementation, pour simplifier, dans ce texte) étant en constante évolution, les informations présentées ici ne sauraient bien sûr être exhaustives.

Tableau 6.1 – Comparaison des normes et des équipements de protection respiratoire selon les réglementations européenne et américaine

Type	Europe	États-Unis (42 CFR, partie 84 (6))
Masques complets	EN 136 [17]	Sections I, K, L
Demi-masques et quart de masques	EN 140 [21]	
Cartouches chimiques à pression négative	EN 141 [22]	Section L
Boîtiers filtrants à pression négative		Section I
Contaminants à faible point d'ébullition	EN 371 [35]	
Contaminants spécifiques	EN 372 [36]	Section N
Appareils d'évacuation	EN 403 [40]	Section I
Filtres à particules jetables	EN 149 [29]	Section K
Filtres	EN 143 [24]	
Filtres à haute efficacité		
Appareils de protection respiratoire motorisés avec casque et cagoule	EN 12941 [15]	Section KK
Appareils de protection respiratoire motorisés avec masque	EN 12942 [16]	

■ Description des appareils de protection respiratoire

La connaissance des principaux appareils de protection respiratoire (tableau 6.2) et des limites de leur utilisation permet de choisir celui qui sera le plus approprié à une situation de travail donnée et aux risques qu'elle peut entraîner. Ces appareils fonctionnent selon deux grands principes :

- l'épuration d'air : l'air est nettoyé de ses contaminants en passant par un élément filtrant; ces appareils ne peuvent être utilisés dans des atmosphères présentant un danger immédiat pour la vie ou la santé (DIVS, cf. encadré) ou appauvries en oxygène;
- l'approvisionnement d'air : de l'air neuf est fourni à l'utilisateur par des conduits d'adduction d'air ou des bonbonnes.

Danger immédiat pour la vie ou la santé

Condition dans tout lieu, espace ou zone de travail où l'on retrouve une atmosphère dangereuse qui, respirée, peut entraîner la mort d'une personne non munie d'un appareil de protection respiratoire approprié, avoir, sur sa santé, des effets immédiats et irréversibles ou provoquer chez elle une incapacité de travail. On considère qu'il y a un DIVS (IDLH : *Immediately Dangerous to Life or Health*) chaque fois qu'on est en présence d'une ou de plusieurs des conditions suivantes :

- un contaminant connu à une concentration égale ou supérieure à une concentration constituant un DIVS;
- un contaminant connu à une concentration inconnue, mais potentiellement toxique;
- un contaminant inconnu;
- une insuffisance d'oxygène;
- un espace clos;
- une concentration de contaminants égale ou supérieure à la limite inférieure d'explosivité;
- la lutte contre un incendie.

Les concentrations constituant un DIVS se retrouvent sous l'appellation IDLH dans le *Pocket Guide to Chemical Hazards* publié par le NIOSH. Dans la dernière édition de son guide de poche sur les contaminants chimiques, le NIOSH explique que les concentrations IDLH ont été établies pour être certain que les travailleurs puissent s'échapper sans effets irréversibles sur leur santé en cas d'exposition à des contaminants à la suite d'un bris de l'équipement de protection respiratoire. Les concentrations IDLH des contaminants chimiques sont établies, en tenant compte d'une marge de sécurité, à partir des effets pouvant se produire lors d'une exposition de 30 minutes. Toutefois, cette période de 30 minutes n'implique en aucune façon que le travailleur puisse rester dans le milieu contaminé plus que le temps nécessaire à l'évacuation. Donc, le NIOSH définit une condition d'exposition de type IDLH comme une condition qui présente un risque d'exposition à des contaminants dans l'air susceptibles de causer des effets défavorables, irréversibles, immédiats ou retardés sur la santé, de causer la mort ou encore d'empêcher l'évacuation d'un tel environnement.

● Appareils à épuration d'air (appareils filtrants)

Ces appareils filtrent mécaniquement ou chimiquement l'air ambiant contaminé. Ils sont généralement constitués d'une pièce faciale qui enveloppe de manière

Tableau 6.2 – Principaux appareils de protection respiratoire

<i>Appareils de protection respiratoire à épuration d'air ou appareils filtrants</i>	À filtres à particules, non motorisés (à ventilation libre). À cartouches chimiques, non motorisés. À boîtier filtrant, non motorisés. À filtres à particules, à cartouches chimiques ou à boîtier filtrant, motorisés (ventilation assistée).
<i>Appareils de protection respiratoire à approvisionnement d'air ou appareils isolants</i>	À adduction d'air : – à conduit d'adduction d'air : à la demande, à débit continu ou à surpression; – pour le nettoyage au jet abrasif; – à tuyau flexible (à air libre) : avec soufflante ou sans soufflante. Autonomes : – à circuit ouvert : à la demande, à débit continu ou à surpression; – à circuit fermé : à réservoir d'oxygène comprimé ou à production chimique d'oxygène. Association d'un système à conduit d'air et autonome.

plus ou moins large les voies respiratoires. Chaque respiration de l'utilisateur fait passer l'air à l'intérieur du filtre ou de la cartouche¹ qui retient les contaminants dans le matériau filtrant. L'air doit donc traverser cet élément pour être purifié. Le mode de fonctionnement des appareils à épuration d'air étant à pression négative, l'air ambiant peut en cas de mauvais ajustement passer sur les bords de la pièce faciale. L'utilisateur respire alors des contaminants. Cela se produit également quand l'air passe par des soupapes brisées, quand la membrane phonique ou tout autre élément est endommagé. L'étanchéité du masque peut être diminuée par la présence d'une barbe, de pilosité sur le visage ou de lunettes. L'appareil doit donc être correctement ajusté sur le visage en formant un joint étanche et être en parfait état de marche.

Limites d'utilisation

Les appareils à épuration d'air ne peuvent être utilisés dans des environnements constituant un danger immédiat pour la vie ou pour la santé (DIVS) ou lorsque la concentration en oxygène est inférieure à la concentration minimum acceptable. Il est spécifié dans les normes européennes que la concentration en volume d'oxygène ne doit pas être inférieure à 16 % alors qu'elle est fixée à 19,5 % dans la réglementation américaine. De même, on ne peut les utiliser pour pénétrer dans des milieux où la concentration de contaminants est inconnue.

Les pièces amovibles doivent être posées, réparées et remplacées selon les recommandations du fabricant. L'appareil de protection respiratoire doit être correctement ajusté et maintenu sur le visage.

L'utilisateur peut se référer aux modes d'utilisation et d'entretien du fabricant s'il veut obtenir plus de renseignements sur le produit.

Appareils à filtres à particules

Ces appareils sont utilisés pour se protéger des aérosols, c'est-à-dire des poussières, des fumées et des brouillards. Le filtre est une pièce que l'on peut remplacer ou une pièce permanente. Dans certains cas, les valves ou les filtres ne peuvent être changés; on parle alors d'appareils sans entretien ou de faible entretien qui devront être entièrement remplacés en cas de pièce endommagée. Dans les autres cas, les pièces seront changées suivant les recommandations du fabricant.

1. Composant d'un appareil à épuration d'air qui contient un adsorbant assurant une protection contre un type de gaz ou de vapeur ou une combinaison de ceux-ci.

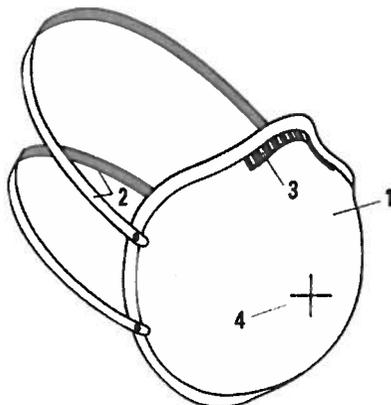


Figure 6.1 - Appareil de protection respiratoire à pièce faciale filtrante (masque jetable).

1- Pièce faciale. 2- Jeu de brides. 3- Bande nasale. 4- Soupape expiratoire.

Il existe aussi un demi-masque où toute la pièce faciale constitue le filtre appelé pièce faciale filtrante (masque jetable). Ce type de masque, spécifique des appareils à filtres à particules, est composé d'un filtre mince qui couvre le nez, la bouche et le menton, et maintenu en place par des liens de fixation et une bande métallique nasale. Les liens passent au-dessus des oreilles et vers le sommet du crâne et sous les oreilles et vers la nuque. Ils peuvent également avoir une valve d'expiration et une bande d'élastomère autour du masque pour un meilleur ajustement sur le visage (figure 6.1). Les limites d'utilisation et d'entretien déjà mentionnées plus haut s'appliquent également à ces filtres.

Ces appareils de protection sont classés selon différents niveaux d'efficacité de filtration et les caractéristiques des aérosols (tableau 6.3). Dans la réglementation américaine, les filtres sont classés en trois catégories représentant la résistance à la dégradation du matériau filtrant par les huiles, soit N, R et P, avec différents degrés d'efficacité de filtration (95 %, 99 %, 99,97 %). Il y a donc neuf classes de filtres : N95, N99, N100, R95, R99, R100, P95, P99, P100. La classe N est utilisée contre des aérosols sans huile et les classes R (résistance aux huiles limitée) et P (résistant aux huiles) contre des aérosols pouvant contenir de l'huile [54].

Il existe deux normes dans la réglementation européenne :

- la norme EN 143 concerne les filtres en forme de boîtier¹ ou cartouche qui s'attachent au masque;
- la norme EN 149 concerne les filtres à particules jetables.

Les efficacités de filtration sont indiquées au tableau 6.3. L'efficacité est mesurée avec les aérosols de sel (chlorure de sodium) ou d'huile (paraffine en Europe ou dioctyl phthalate selon le NIOSH) avec un diamètre moyen qui représente la taille la plus pénétrante possible. Les diamètres aérodynamiques de test se situent entre 0,075 et 0,6 μm . Les aérosols de taille inférieure ou supérieure sont filtrés avec une efficacité plus grande que les limites exigées par l'agrément.

Les contaminants s'accumulent dans le filtre, celui-ci va progressivement se colmater. Il opposera alors une résistance de plus en plus élevée au passage de l'air, sans que son pouvoir de filtration ne soit détérioré. Ceci peut augmenter le risque

1. Composant d'un appareil de protection respiratoire à épuration d'air contenant une quantité d'adsorbant permettant de retenir une plus grande quantité de contaminants qu'une cartouche.

Tableau 6.3 – Classification des filtres à particules*

Type de filtre	Propriété de l'aérosol	Efficacité minimale de l'aérosol le plus pénétrant
Réglementation américaine [54] : tous les types de filtres		
N	Exempt d'huile (solide, aqueux)	N95/95 % N99/99 % N100/99,97 %
R	Exempt d'huile + huileux à un quart de travail	R95/95 % R99/99 % R100/99,97 %
P	Exempt d'huile + huileux, durée sans limite	P95/95 % P99/99 % P100/99,97 %
Réglementation européenne EN 143 [24] : cartouches et boîtiers		
P1 faible efficacité	Exempt d'huile (solide, aqueux)	80 %
P2 efficacité moyenne	Exempt d'huile (solide, aqueux)	94 %
	Huileux	98 %
P3 haute efficacité	Exempt d'huile (solide, aqueux)	99,99 %
	Huileux	99,95 %
Réglementation européenne EN 149 [29] : filtres jetables		
FFP1 faible efficacité	Exempt d'huile (solide, aqueux)	80 %
FFP2S efficacité moyenne	Exempt d'huile (solide, aqueux)	94 %
FFP2SL efficacité moyenne	Exempt d'huile (solide, aqueux)	94 %
	Huileux	98 %
FFP3S haute efficacité	Exempt d'huile (solide, aqueux)	97 %
FFP3SL haute efficacité	Exempt d'huile (solide, aqueux)	97 %
	Huileux	99 %

*Ce tableau n'est pas une comparaison entre les classifications américaine et européenne; il n'existe aucune équivalence entre les colonnes.

que l'air extérieur s'infiltrer sur le pourtour du masque et créer un inconfort dû à la résistance respiratoire. Lorsque la respiration devient inconfortable, le filtre doit être remplacé, ou l'ensemble de la pièce faciale lorsqu'il s'agit d'un appareil de protection respiratoire jetable. C'est cette gêne respiratoire qui détermine le temps de service et la fréquence de remplacement. Si le filtre est endommagé ou pour toute autre considération d'hygiène, le filtre ou l'appareil devra également être remplacé. Les normes s'adressent aux effets de colmatage en définissant les niveaux maximums pour la perte de charge sans ou avec colmatage avec des aérosols de test.

Ce type d'appareil peut aussi être à ventilation assistée (motorisé) ou utilisé en association avec des cartouches chimiques en présence de gaz et de vapeurs. Il peut également être associé avec un système à conduit d'adduction d'air. Il se présente alors sous les formes suivantes :

- quart de masque avec un filtre;
- demi-masque avec un ou deux filtres;
- masque facial complet avec un ou deux filtres;

- pièce faciale filtrante avec ou sans soupape d'expiration (jetable) (figure 6.1);
- en association avec des cartouches chimiques;
- motorisé;
- en association avec des systèmes à adduction d'air.

Appareils à cartouches chimiques

Ces appareils sont équipés d'une ou de plusieurs cartouches pour gaz ou vapeurs contenant un adsorbant¹. Le charbon actif est un des plus utilisés et sert d'adsorbant des vapeurs organiques. La capacité de l'adsorbant est limitée : *lorsque la cartouche est saturée, elle devient inopérante et laisse passer, en partie ou en totalité, les contaminants qui seront respirés par l'utilisateur* [55, 56]. On parle alors de claquage² de la cartouche. Les appareils à cartouches chimiques se présentent sous les formes suivantes :

- embout buccal³ (pour les évacuations seulement);
- quart de masque⁴ (peu fréquent);
- demi-masque (figure 6.2);
- masque complet (figure 6.3);

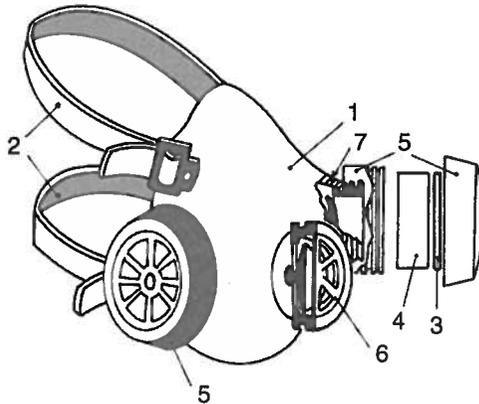


Figure 6.2 – Demi-masque à cartouches chimiques avec préfiltre.

1- Jupe de masque. 2- Jeu de brides. 3- Préfiltre. 4- Cartouche chimique. 5- Contenant des matériaux de filtration.
6- Soupape expiratoire. 7- Soupape inspiratoire.

1. Substance contenue dans les filtres et les cartouches des appareils de protection respiratoire d'épuration d'air afin de débarrasser l'air inspiré des gaz et des vapeurs toxiques par adhérence des molécules à la surface.

2. État d'une cartouche qui a atteint sa saturation complète. Ce phénomène se produit lorsque toute la surface de charbon actif a été utilisée pour adsorber des contaminants. Suite à des essais en laboratoire, des courbes du temps en fonction du pourcentage de claquage pour des concentrations données permettent d'établir le temps à partir duquel la cartouche se sature très rapidement. Ce point permet d'évaluer une durée d'utilisation dans des conditions déterminées.

3. Partie d'un appareil de protection respiratoire qu'on introduit dans la bouche et qui est reliée à un dispositif d'épuration d'air ou à une source de gaz respirable, ou les deux.

4. Partie d'un appareil de protection respiratoire qui recouvre soit le nez et la bouche : quart de masque, le nez, la bouche et le menton : demi-masque; le nez, la bouche et les yeux : masque complet. Porté sur le visage, il est conçu pour être étanche à l'infiltration de contaminants et peut comprendre un serre-tête, des soupapes d'expiration et des raccords pour un dispositif d'épuration d'air ou une source de gaz respirable, ou les deux.

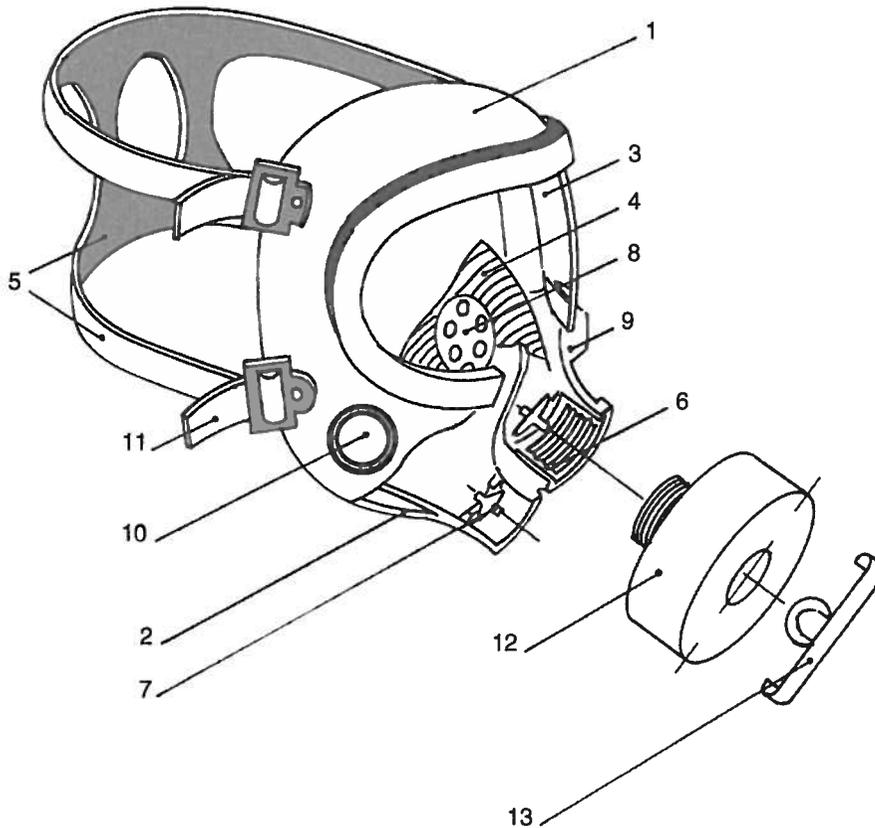


Figure 6.3 – Masque complet à cartouches chimiques.

1- Jupe de masque. 2- Bordure d'étanchéité. 3- Visière. 4- Masque intérieur. 5- Jeu de brides. 6- Raccord.
7- Soupape expiratoire. 8- Soupape inspiratoire du masque intérieur. 9- Soupape inspiratoire. 10- Membrane phonique (optionnel). 11- Boucle d'ajustement. 12- Cartouche à visser. 13- Bouchon.

- avec demi-masque, masque complet, cagoule¹, casque² ou masque souple visière/écran³ et système motorisé;
- avec demi-masque et masque complet combiné à un système d'adduction d'air.

1. Les cagoules sont constituées de matériaux souples recouvrant la tête et le cou et parfois les épaules. Elles comportent un large oculaire et un dispositif d'apport et de répartition de l'air. Les cagoules sont non hermétiques et l'intérieur doit donc être maintenu en pression positive permanente par rapport à l'extérieur pour éviter les infiltrations d'air ambiant. L'excédent d'air est rejeté par un joint périphérique ou bien par une soupape.

2. Les casques sont constitués dans leur partie supérieure d'un élément rigide, étanche et résistant aux chocs pour protéger la tête. Ils peuvent se présenter sous forme d'une cagoule offrant une protection de la tête contre les impacts et les pénétrations. Ils peuvent aussi comporter une visière reliée au contour du visage, parfois au cou et aux épaules par une jupe étanche et souple. L'intérieur de la pièce faciale doit être maintenu en pression positive par rapport à l'air ambiant extérieur pour éviter les infiltrations.

3. Les masques souples/visière-écran sont constitués d'une pièce faciale qui couvre le visage mais n'assure qu'une étanchéité partielle avec celui-ci. Ils ne couvrent pas le cou et les épaules. Ils peuvent ou non protéger la tête et/ou les yeux contre les impacts et les pénétrations.

C'est l'adsorption qui est le mécanisme le plus fréquent pour retirer les gaz et les vapeurs de l'air ambiant dans une cartouche chimique. Les cartouches contiennent un élément actif, généralement un adsorbant en grains comme le charbon actif, qui possède un réseau étendu de pores internes pouvant atteindre la grosseur d'une molécule, offrant ainsi une large surface de contact. Le charbon piège les molécules gazeuses à sa surface ou dans les pores, au contact de l'air chargé en contaminant, au fur et à mesure de son passage dans l'adsorbant jusqu'à saturation complète des sites d'adsorption du charbon. Il peut s'agir d'une adsorption de type physique qui implique une faible énergie d'adsorption. C'est le cas de la plupart des solvants organiques. Pour les gaz et les vapeurs qui sont difficilement adsorbés, le charbon actif peut être imprégné d'un réactif chimique qui le rend plus sélectif. Dans ce cas, il s'agit d'une adsorption de type chimique dans laquelle l'énergie d'adsorption est élevée.

L'utilisation d'un réactif chimique rend le filtre sélectif pour un type de gaz, il faut donc vérifier avec prudence la correspondance entre le(s) contaminant(s) ciblé(s) et le filtre choisi. Il existe aussi des cartouches et des boîtiers ayant la capacité de filtrer plus d'un type de contaminant (des vapeurs organiques et des gaz acides par exemple). En Amérique du Nord, la norme permet dans ce cas que la capacité de la cartouche (mais non celle des boîtiers) pour chaque type de contaminant pris individuellement, soit la moitié de la capacité d'une cartouche pour un contaminant unique.

Les agréments selon les normes européennes et américaines tiennent compte des types de contaminant et des capacités de filtration variables pour les gaz et les vapeurs dans la classification des cartouches et des boîtiers. En Europe, une lettre (A, B, E, K, S, X) indique le type de contaminant pour lequel la cartouche donne une protection (par exemple A pour les vapeurs organiques et K pour l'ammoniac et ses dérivés). Puis la capacité est indiquée par un chiffre (1, 2, 3). Dans le système américain, la terminologie suffit généralement à indiquer la capacité, soit la cartouche qui contient environ 50 grammes d'adsorbant ou le boîtier qui possède une plus grande quantité d'adsorbant soit environ 150 grammes. Les types de contaminants pour lesquels la cartouche offre une protection sont indiqués (descriptions ou parfois abréviations, par exemple pour vapeur organique : OV, *organic vapor*). Un code couleur permet aussi de différencier les cartouches dans les deux systèmes (tableau 6.5).

Appareils à boîtier filtrant (masques à gaz)

Les appareils à boîtier filtrant sont identiques, dans leur fonctionnement et leurs limites d'utilisation, aux appareils de protection respiratoire à cartouches chimiques, mais le boîtier contient une plus grande quantité d'adsorbant, permettant une utilisation plus longue. Ils sont toutefois généralement plus lourds et moins compacts. Ce sont les seuls appareils de protection respiratoire à épuration d'air disponibles pour certains contaminants. Ils sont souvent utilisés pour des situations d'évacuation et se présentent sous deux formes principales :

- le boîtier est fixé à la pièce faciale au niveau du menton;
- le boîtier est fixé à la ceinture ou à un harnais, sur la poitrine ou dans le dos de l'utilisateur.

Pour que les appareils de protection respiratoire à cartouches chimiques ou à boîtier filtrant soient sûrs et efficaces, il faut respecter les conditions d'utilisation suivantes [5] :

- les concentrations d'exposition ne doivent pas dépasser les limites d'utilisation de la cartouche (tableau 6.4).
- respecter la date de péremption éventuellement indiquée;
- changer les cartouches ou les boîtiers en fonction d'un indicateur de fin de service ou d'une grille horaire; ne pas se fier uniquement à la capacité de

- l'utilisateur de déceler l'odeur du contaminant pour effectuer ce changement;
- s'assurer que le type de cartouche choisi protège contre le contaminant présent dans l'air ambiant; par exemple, une cartouche pour les vapeurs organiques ne sera pas efficace contre les gaz acides;
 - ne pas utiliser les appareils contre des gaz ou des vapeurs pouvant générer des réactions exothermiques avec l'adsorbant.

Tableau 6.4 – Concentration maximum d'utilisation des cartouches chimiques pour certains contaminants selon le 42 CFR partie 84 [6]

Type de cartouche chimique	Concentration maximum d'utilisation en partie par million
Ammoniac	300
Chlore	10
Acide chlorhydrique	50
Méthylamine	100
Vapeurs organiques	1 000*
Dioxyde de soufre	50
Chlorure de vinyle	10

*Sans dépasser la limite constituant un DIVS.

Pour la plupart des solvants, la cartouche qui sera utilisée est celle offrant une protection contre les vapeurs organiques. Il faut parfois tenir compte de limites d'utilisation différentes de celles proposées au tableau 6.4, comme par exemple pour le styrène dont la concentration constituant un DIVS est de 700 ppm. La limite d'utilisation dans ce cas devra être inférieure à 700 ppm.

Voici quelques recommandations concernant l'utilisation des cartouches chimiques :

- elles doivent être stockées dans des contenants scellés pour éviter la contamination, elles continuent en effet de réagir aux contaminants dans l'air même si elles ne sont pas utilisées. Il est préférable de ne pas se servir d'une cartouche déjà débâllée dont on ne connaît pas la date de début d'utilisation ou la durée d'utilisation antérieure. Les cartouches devraient de plus être datées sur le boîtier dès leur ouverture;
- l'utilisation de cartouches saturées présente un risque élevé : en présence de contaminants multiples, surtout de contaminants très volatils comme certains solvants, leur concentration pourrait même être plus élevée à l'intérieur du masque que dans l'air ambiant en raison d'un phénomène de désorption [57] (*cf. infra, p. 154*).

Des cartouches chimiques existent pour un grand nombre de contaminants. Chaque type de cartouche assure une protection contre un contaminant spécifique ou un groupe de contaminants, et ce, jusqu'à une certaine concentration. Il faut s'assurer que c'est la bonne cartouche qui est utilisée et que les limites d'utilisation sont respectées. Un code couleur permet de distinguer les différents types de cartouches (tableau 6.5). Il est important de bien lire l'étiquette sur la cartouche pour être certain de sa bonne utilisation. Il existe de plus en plus de cartouches pour des contaminants multiples.

Un certain nombre de contaminants contre-indique l'usage ordinaire des appareils de protection respiratoire à cartouches chimiques, peu importe la concentration ou la durée d'exposition. Il existe des contaminants ayant des effets reconnus

Tableau 6.5 – Classification des cartouches chimiques

Code couleur et marquage selon les normes européennes [4, 57]		Code couleur pour les cartouches chimiques selon ANSI K13.1-1973 [58] et 42 CFR 84 [6]	
Gaz et vapeurs organiques (point d'ébullition > 65 °C)	Brun (A1 ou 2 ou 3)	Vapeurs organiques	Noir
Gaz et vapeurs inorganiques (sauf CO)	Gris (B1 ou 2 ou 3)	Gaz acides Chlore, Acide chlorhydrique Dioxyde de soufre	Blanc
Gaz, vapeurs acides et dioxyde de soufre	Jaune (E1 ou 2 ou 3)		
Ammoniac et certains dérivés organiques	Vert (K1 ou 2 ou 3)	Ammoniac Méthylamine	Vert
Gaz et vapeurs organiques à bas point d'ébullition	Brun (AX)		
Produits spécifiques			
Oxyde d'azote et aérosol de classe 3 (P3)	Bleu + blanc (NOP3)	Monoxyde de carbone	Bleu
Vapeurs de mercure et aérosol	Rouge + blanc (HgP3)	Vapeurs de mercure et chlore	Vert olive ou orange
<i>Composés spécifiques désignés</i>	Violet (SX)	Chlorure de vinyle	Vert olive avec un indicateur
		Chlore	Blanc avec une bande jaune
		Formaldéhyde	Vert olive
<i>Combinaisons</i>			
En général	Bandes de couleur pour chaque type de contaminant		Bande de couleur différente pour chaque combinaison
Gaz et vapeurs organiques et gaz et vapeurs inorganiques	Brun + gris (AB1 ou A1B1 ou 2 ou 3)	Vapeurs organiques + gaz acides	Jaune
Gaz et vapeurs inorganiques et ammoniac et dérivés organiques aminés	Gris + vert (BK1 ou B1K1 ou 2 ou 3)	Gaz acides + ammoniac + Vapeurs organiques	Brun
		Autres combinaisons	Vert olive
<i>Particules</i>			
Général	P (1 ou 2 ou 3)/ Blanc + bandes de couleur pour les gaz	Particule P100 (y compris particules radioactives)	Pourpre + bandes de couleur pour les gaz

sur la santé (effet cancérigène ou effet sensibilisant) pour lesquels l'utilisation des cartouches est limitée. On trouvera au tableau 6.6 leur liste non exhaustive.

Il existe aussi des cartouches et des boîtiers munis d'un indicateur colorimétrique de fin de service pour certains contaminants comme le mercure, le formaldéhyde et le chlorure de vinyle. Il s'agit de contaminants pour lesquels les

caractéristiques de détection sont faibles ou inexistantes ou dont le seuil de détection olfactive se trouve à une concentration plus élevée que la valeur limite d'exposition.

Tableau 6.6 – Liste non exhaustive de contaminants ayant de faibles caractéristiques de détection ou dont les temps de claquage sont très courts [59]

Acide nitrique	Dioxyde de carbone
Acroléine	Méthanol
Aniline	Monoxyde de carbone
Arsine	Nickel carbonyle
Brome	Oxyde d'azote
Bromure de méthyle (bromométhane)	Peinture contenant de l'uréthane ou autres diisocyanates
Chlorure de méthyle (chlorométhane)	Phosgène
Chlorure de méthylène (dichlorométhane)	Phosphine (boîtier seulement)
Chlorure de soufre	Séleniure d'hydrogène
Chlorure de vinyle (chloroéthylène)	Stibine
Cyanure d'hydrogène	Sulfate de diméthyle
Dérivés nitrés : nitroglycérine, nitrométhane	Trichlorure de phosphore
Diisocyanates (HDI, MDI, TDI)	

Temps de service

Plusieurs paramètres déterminent la capacité de filtration d'une cartouche : la quantité d'adsorbant, l'humidité de l'air, la volatilité et la concentration du solvant. Il est donc important d'estimer la durée de vie, ou temps de service, des cartouches en fonction des conditions environnementales. Les changements de cartouches doivent se faire sur d'autres critères que la détection d'odeurs, de goût ou d'irritation due au contaminant, qui est une pratique dangereuse. Pour la plupart des solvants organiques, il n'existe pas d'indicateur de fin de service. Les cartouches ou les boîtiers doivent alors être changés en fonction d'informations objectives permettant d'être certain de faire ce changement avant la saturation. Dans certains cas, comme pour le formaldéhyde, on ne peut les utiliser pendant plus d'un quart de travail, même si la saturation n'est pas atteinte. Ces informations doivent être consignées dans un programme de protection respiratoire. Les cartouches et les boîtiers filtrants doivent toutefois être remplacés, indépendamment des estimations qui peuvent être faites, dans un des cas suivants : si l'indicateur de fin de service signale que la cartouche est saturée; s'il y a une détection d'odeurs, de goût ou une irritation des yeux, de la gorge ou du nez, si la date de péremption indiquée sur la cartouche est atteinte, ou en fonction de directives d'utilisation réglementaire (p. ex. formaldéhyde, chlorure de vinyle). La fréquence de changement des cartouches peut être établie, entre autres, à partir de données objectives du fabricant, de tests de laboratoire, de modèles de prédiction mathématique ou de simulations en milieu de travail. Les données permettant d'estimer le temps de service de la cartouche en fonction des contaminants présents et des conditions d'utilisation doivent être à la disposition des utilisateurs [7].

Principe de base

L'estimation du temps de service des cartouches en fonction des solvants organiques présents implique de connaître la quantité de charbon actif, les propriétés physico-chimiques du ou des solvants (p. ex. le point d'ébullition), les conditions d'utilisation (température et humidité ambiante, débit respiratoire) et les concentrations du ou des solvants. Ces informations peuvent être obtenues du fabricant de l'appareil utilisé, des organisations industrielles, des fiches signalétiques (FS), des fabricants de produits chimiques, des institutions universitaires, des organismes de recherche, des organismes en SST, et des analyses effectuées dans le milieu de travail. Le tableau 6.7 détaille certaines méthodes qui peuvent être utilisées.

Tableau 6.7 – Principales approches permettant d'estimer le temps de service des cartouches chimiques

<i>Méthodes</i>	<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Essais expérimentaux	Permettent de réduire le coût par une évaluation plus précise du temps de service. Simulation de différentes conditions environnementales (humidité, débit respiratoire, concentration du contaminant). Méthode la plus fiable, surtout pour les contaminants multiples.	Essais longs et onéreux. Complexe à réaliser.
Recommandations du fabricant	Fournissent des résultats pour leur modèle d'appareils de protection respiratoire. Dépendent des connaissances et de l'expertise du fabricant.	Le fabricant ne possède pas toujours ces données. Les résultats ne tiennent pas nécessairement compte des milieux et des conditions de travail.
Modèle mathématique	Peu onéreux et d'utilisation rapide.	Exige certaines connaissances pour réaliser le modèle. Pas aussi fiable que les essais expérimentaux. L'estimation du temps de service est souvent plus courte que dans la réalité en raison d'un facteur de sécurité introduit dans les calculs. Souvent limité à un contaminant unique. Les résultats ne tiennent pas nécessairement compte de tous les milieux et de toutes les conditions de travail.

Détermination expérimentale

Le temps de service peut être déterminé à partir de tests de laboratoire en utilisant des concentrations contrôlées de contaminant. Des courbes de claquage (détection du passage du contaminant à l'intérieur de la cartouche grâce à une méthode analytique) sont obtenues pour différentes concentrations d'un contaminant simple. Les courbes de l'acétone obtenues à des concentrations contrôlées entre 107 ppm et 1 060 ppm sont représentées à la figure 6.4 en lignes pleines, en pourcentage de claquage en fonction du temps (le pourcentage de claquage est le rapport entre la concentration du contaminant dans l'air ambiant et la concentration du contaminant qui traverse la cartouche). À partir de ces données, on peut construire une courbe de durée de vie de la cartouche pour un niveau de 10 % de claquage en fonction du temps d'exposition, cette courbe est représentée en pointillé à la figure 6.4. Ce type de courbe permet d'estimer le temps de service d'une cartouche pourvu que la concentration du contaminant dans l'air soit connue [57, 59, 60, 61]. Le choix du 10 % de claquage du contaminant pour établir le temps de service des cartouches a été déterminé à partir d'expériences. Au-delà de ce pourcentage, la saturation de la cartouche est atteinte très rapidement. Certains fabricants ont mis à la disposition des utilisateurs (sur l'Internet) des outils de calcul de la durée de vie de leurs cartouches en fonction des contaminants et des paramètres du milieu. L'OSHA offre également un service d'aide à ce sujet. Ces estimations ne sont toutefois valables que pour des contaminants simples.

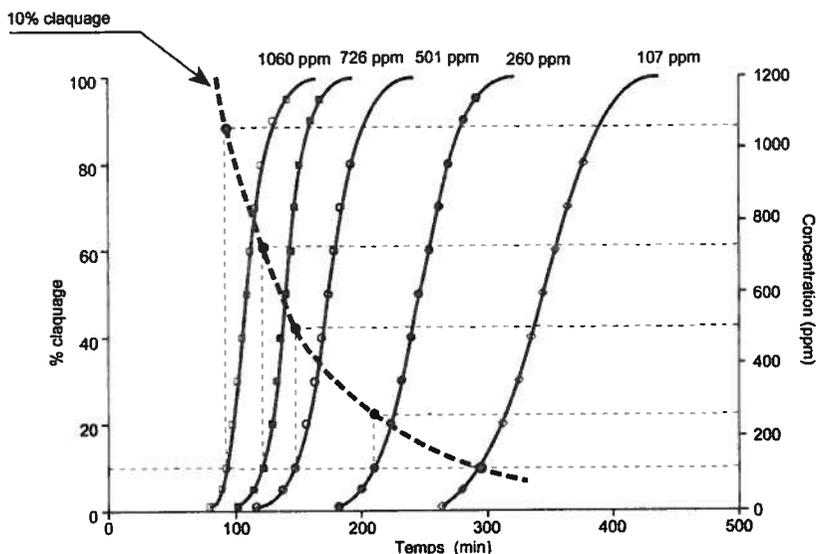


Figure 6.4 – Courbes de claquage et détermination du temps de service à 10 % de claquage pour l'acétone [62].

Facteurs réduisant le temps de service

Rythme de travail

Le débit respiratoire est directement lié au rythme de travail, c'est-à-dire que pour un volume inhalé donné un travailleur ayant un rythme respiratoire deux fois plus rapide qu'un autre, aspirera deux fois plus de contaminants dans la cartouche.

Variation dans les cartouches chimiques

Certaines cartouches contiennent plus de charbon actif que d'autres; le temps de service est directement lié à la quantité de charbon, celle-ci est généralement comprise entre 30 et 50 g par cartouche en Amérique du Nord. En Europe, une seule cartouche avec 60 à 90 g de charbon (classe 1) ou 100 à 200 g de charbon (classe 2) peut être utilisée sur un masque. Ces informations sont disponibles auprès des fabricants.

Effet de la température

Des températures élevées peuvent réduire la capacité adsorbante des cartouches chimiques de 1 à 10 % pour chaque augmentation de 10 °C. Dans des conditions normales de température de travail, aucune correction ne devrait toutefois être nécessaire.

Humidité relative

Le temps de service des cartouches chimiques pour les vapeurs organiques pourrait être influencée par un environnement relativement humide (> 65 %), la vapeur d'eau pouvant entrer en compétition avec les vapeurs organiques pour les sites d'adsorption. Plus le point d'ébullition du contaminant est faible, plus l'effet de l'humidité sur le temps de claquage sera grand.

Contaminants multiples

Une cartouche devient inopérante lorsqu'elle est saturée. Elle laisse alors passer une partie ou la totalité des contaminants auxquels elle est exposée. Dans certains cas, lorsqu'il y a plus d'un contaminant dans l'air ambiant, la concentration du contaminant le plus volatil à l'intérieur de l'appareil de protection respiratoire peut même dépasser la concentration à l'extérieur de l'appareil. Des études ont montré que dans le cas de mélanges, tous les contaminants s'adsorbent simultanément à la surface du charbon. S'il y a saturation, le solvant le moins volatil ne trouvant plus de place pour s'adsorber à la surface du charbon actif, va « expulser » le solvant le plus volatil. La concentration de claquage du solvant volatil désorbé s'ajoute à celle du même contaminant provenant de l'air ambiant, qui traverse maintenant la cartouche saturée. La concentration de contaminant à l'intérieur du masque sera alors plus élevée que dans l'air ambiant (figure 6.5).

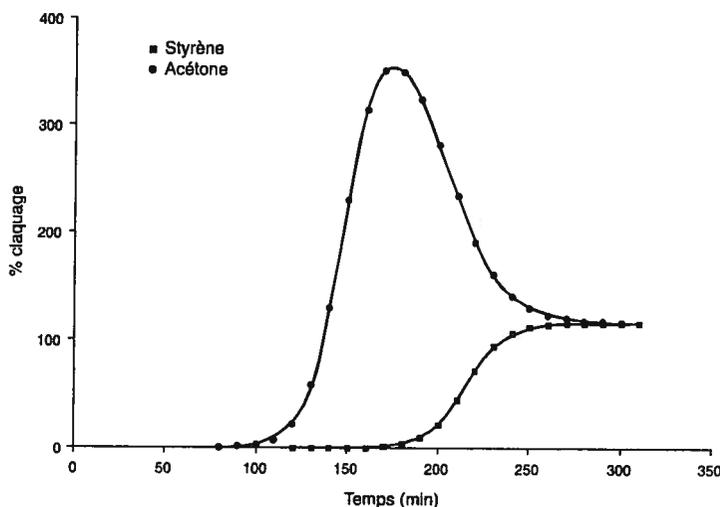


Figure 6.5 – Courbes de claquage pour l'acétone et le styrène avec le mélange 97 ppm/892 ppm acétone/styrène [56].

Ces courbes correspondent au claquage de l'acétone et du styrène pour un mélange binaire composé respectivement de 97 ppm et 892 ppm. Dans ce cas, la concentration de claquage de l'acétone peut être plus de trois fois supérieure à sa concentration dans l'air ambiant. Ce phénomène est général lorsqu'il y a plusieurs contaminants dans l'air ambiant.

Des études ont dégagé des principes permettant de déterminer le temps de service des cartouches en présence de plusieurs contaminants [56, 60, 61] :

- le claquage du contaminant le plus volatil détermine la durée de vie de la cartouche;
- elle est estimée en ajoutant à la concentration de tous les contaminants présents dans l'air celle du contaminant le plus volatil;
- elle est déterminée à partir de la courbe du temps du 10 % de claquage pour la concentration du contaminant volatil calculée à l'étape précédente (cf. *Situation B*, p. 170).

Appareils motorisés à épuration d'air

La ventilation se fait ici grâce à une soufflante qui peut être portée à la ceinture. L'air ambiant peut alors traverser le ou les filtres et la ou les cartouches chimiques de façon continue. Ces systèmes s'adaptent, entre autres, aux demi-masques, aux masques

complets (figure 6.6) ou aux pièces faciales non hermétiques (figure 6.7). Le facteur de protection¹ peut être plus élevé avec ce type d'appareil qu'avec les appareils à filtration non motorisée. Toutefois, selon plusieurs études citées dans le *Guide sur la protection respiratoire* de l'AIHA [1], ceux-ci ne peuvent être considérés comme des appareils à pression positive. Les limitations d'utilisation sont donc les mêmes que pour les appareils filtrants non motorisés. Ils ont pour avantage de faciliter la respiration de l'utilisateur. Selon la réglementation américaine, la soufflante doit fournir au moins 115 L/min pour les pièces faciales ajustées (demi-masque, masque complet) et au moins 170 L/min pour les pièces faciales souples (cagoule, casque, masque souple/visière-écran) [9]. En Europe, pour les appareils avec pièces faciales ajustées, il n'y a pas de débit d'air minimum défini, mais le système doit satisfaire aux exigences d'étanchéité prévues dans la norme EN12942 [16]. Pour les systèmes avec pièces faciales souples (EN12941 [15]), le débit minimal doit être supérieur à 120 L/min, mais une valeur supérieure est en principe choisie par le fabricant pour atteindre le bon niveau de protection visé.

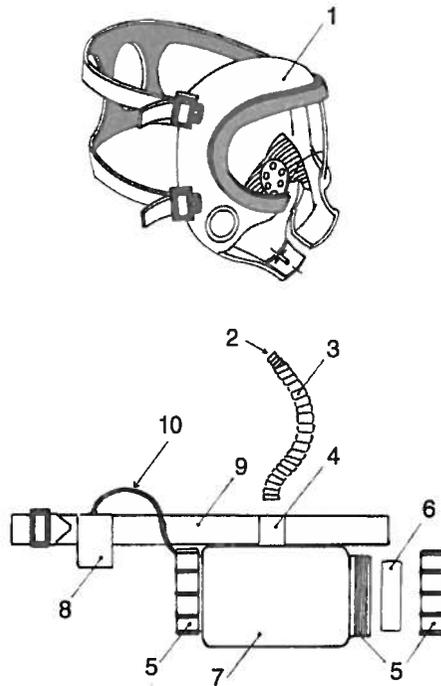


Figure 6.6 – Appareil de protection respiratoire motorisé avec masque complet.

1- Pièce faciale. 2- Raccord à l'équipement. 3- Tuyau respiratoire. 4- Accouplement. 5- Contenant des matériaux filtrants. 6- Filtre. 7- Ventilateur. 8- Batterie. 9- Ceinture. 10- Fil de la batterie.

1. Mesure quantitative de l'ajustement et de l'étanchéité d'un appareil de protection respiratoire particulier par rapport à une personne en particulier. Cette mesure est le rapport de la concentration d'un contaminant présent dans l'atmosphère ambiante à sa concentration dans l'air inhalé par le porteur de l'appareil. Le facteur de protection caractéristique est la valeur recommandée par un organisme, tel que l'Association canadienne de normalisation, qui exprime un indice de sécurité de la protection offerte par un masque respiratoire. Plus le facteur de protection est élevé, plus la protection offerte par le masque est élevée.

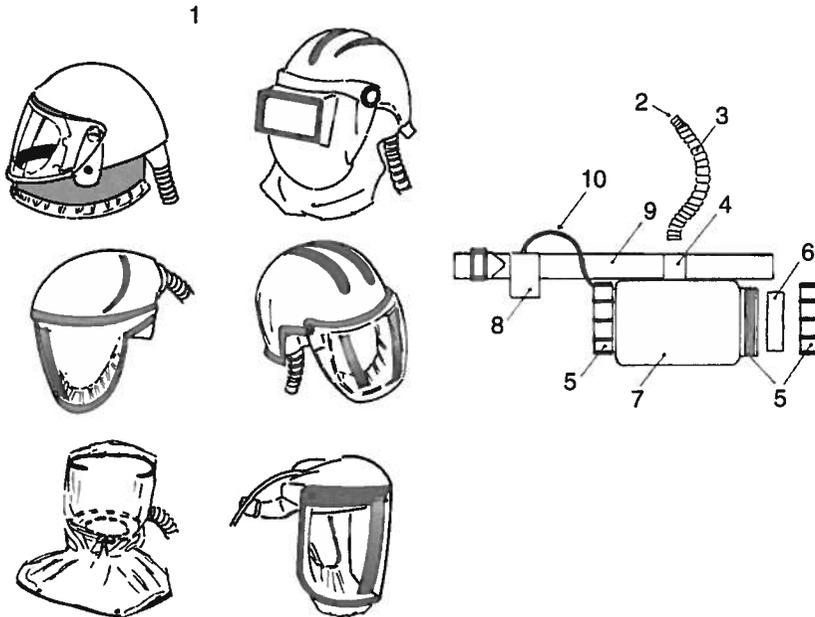


Figure 6.7 – Appareil de protection respiratoire motorisé avec pièce faciale non hermétique.

- 1- Pièce faciale, casque, cagoule ou masque souple visière/écran. 2- Raccord à l'équipement. 3- Tuyau respiratoire. 4- Accouplement. 5- Boîtier de filtre. 6- Filtre. 7- Ventilateur. 8- Batterie. 9- Ceinture. 10- Fil de la batterie.

● Appareils à approvisionnement d'air

L'utilisateur reçoit de l'air neuf ou régénéré qui provient d'une source indépendante de l'air ambiant. Deux grandes catégories existent :

- les appareils à adduction d'air;
- les appareils autonomes.

Appareils à adduction d'air

Ce type d'appareil approvisionne l'utilisateur en air neuf généralement à partir de conduits reliés à un système d'air comprimé ou à des bonbonnes d'air.

Appareil à tuyau flexible avec ou sans soufflante

L'utilisateur reçoit de l'air provenant d'une source non contaminée passant par un tuyau de fort diamètre. Cet appareil est disponible avec soufflante (figure 6.8), motorisée ou non, ou sans soufflante. Dans ce cas, il devra être alors utilisé avec un masque complet. S'il s'agit d'un appareil avec une soufflante motorisée, celui-ci peut aussi être porté avec une cagoule. Lourds et encombrants, ces appareils offrent un faible niveau de protection [5]. Il ne faut pas les confondre avec les appareils à conduit d'adduction d'air utilisés avec une pompe à air ambiant. Ces appareils à adduction d'air ne doivent pas être utilisés dans des atmosphères constituant un DIVS.

Appareil à conduit d'adduction d'air

L'alimentation en air respirable se fait par un système de conduit relié à une source d'air comprimé. Un volume d'air suffisant doit être disponible pour alimenter

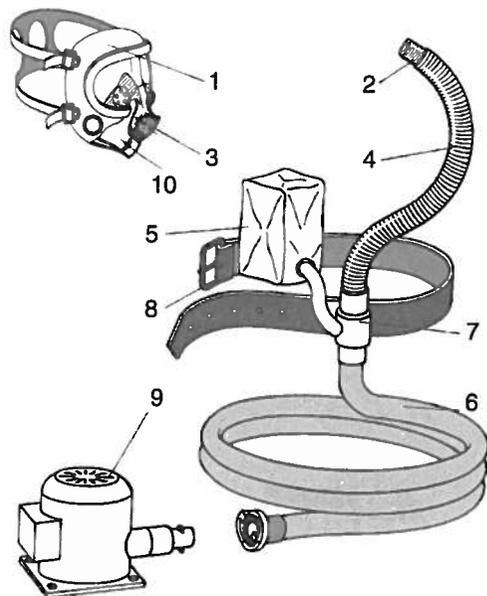


Figure 6.8 – Appareil de protection respiratoire à adduction d'air à tuyau souple avec soufflante.

1- Pièce faciale. 2- Raccord. 3- Soupape inspiratoire. 4- Tuyau respiratoire à basse pression. 5- Sac respiratoire (facultatif). 6- Tuyau d'alimentation en air basse pression. 7- Accouplement. 8- Ceinture ou harnais. 9- Soufflante motorisée. 10- Soupape expiratoire.

tous les appareils branchés à la source avec un débit adéquat. Différents systèmes d'apport d'air existent selon le type d'équipement : à la demande, à débit continu ou à surpression. Le choix se fait en fonction du rythme de travail, du type de pièce faciale et de la source d'air (compresseur ou bonbonnes). Lorsqu'il s'agit d'une alimentation en air à surpression, un masque complet ou un demi-masque doit être utilisé; lorsque l'alimentation en air est à débit continu, on peut utiliser des casques, des gougles, des masques complets et des demi-masques.

Apport d'air à la demande

Une soupape actionnée par l'utilisateur au début de l'inspiration assure le passage de l'air dans la pièce faciale ajustée. Celle-ci est sous pression négative au moment de l'inhalation, ce qui la rend plus vulnérable à une infiltration de contaminants présents dans l'air ambiant. Pendant l'expiration, une pression positive se crée à l'intérieur de la pièce faciale et la soupape d'alimentation se ferme. Une pression minimale n'étant pas maintenue, ce système ne peut être considéré à pression positive (figure 6.9).

Apport d'air à débit continu

L'alimentation en air dans la pièce faciale est à débit constant et permet en principe de maintenir une pression positive en continu (certaines conditions de travail entraînant des débits respiratoires élevés ou des manœuvres acrobatiques pourraient compromettre le maintien de cette pression). Ces appareils sont d'usage courant pour la peinture, le soudage et le nettoyage au jet abrasif. Les pièces faciales

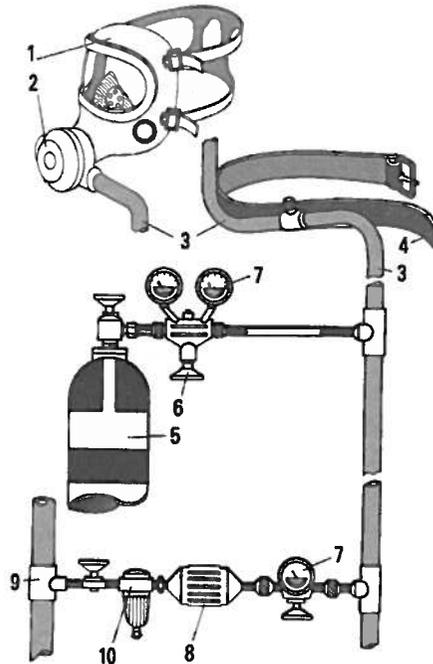


Figure 6.9 – Appareil de protection respiratoire à aduction d'air à la demande.

1- Pièce faciale. 2- Soupape à la demande. 3- Tube d'alimentation en air comprimé, moyenne pression. 4- Ceinture ou harnais. 5- Bouteille d'air comprimé. 6- Détendeur. 7- Manomètre. 8- Filtre. 9- Conduit d'air comprimé. 10- Séparateur.

hermétiques requièrent une alimentation en air d'au moins 115 L/min et les casques et les cagoules d'au moins 170 L/min [1] (figure 6.10).

Apport d'air à surpression (pression positive)

L'alimentation en air se fait en fonction de la demande respiratoire. Un régulateur et une soupape d'expiration évitent que l'appareil soit sous pression négative au moment de l'inspiration, ce qui maintient la pression positive et évite les infiltrations d'air contaminé. À la limite, il pourrait y avoir une fuite d'air vers l'extérieur de la pièce faciale. Ces appareils fonctionnent uniquement avec des demi-masques ou des masques complets et l'approvisionnement en air doit provenir d'une source d'air comprimé.

Appareil pour le nettoyage ou le décapage au jet abrasif

C'est un appareil à conduit d'adduction d'air équipé d'éléments de protection supplémentaires pour la tête et le cou. Il protège l'utilisateur de l'impact et de l'abrasion provenant du rebondissement des matériaux abrasifs et des pièces travaillées. Il peut être constitué d'une pièce faciale ajustée, d'une cagoule et (ou) d'un casque. On se sert de plastique, de verre, de tiges ou de feuilles métalliques pour protéger la visière de la pièce faciale et la fenêtre de la cagoule ou du casque contre les produits d'abrasion. Dans la réglementation américaine, ces appareils sont désignés comme des appareils de protection respiratoire de type CE [6].

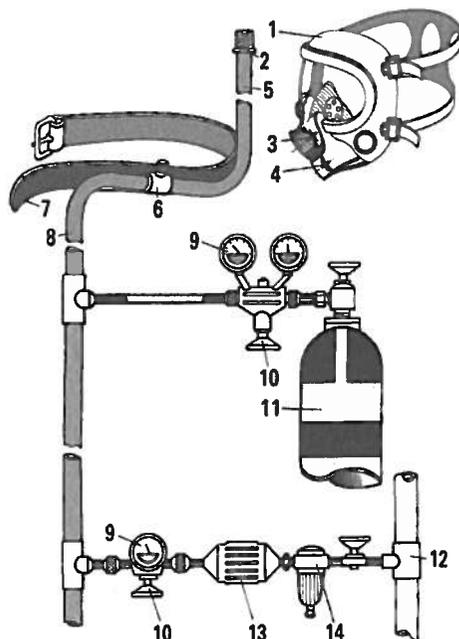


Figure 6.10 – Appareil de protection respiratoire à adduction d'air à débit continu.

- 1- Pièce faciale. 2- Raccord. 3- Soupape inspiratoire. 4- Soupape expiratoire. 5- Tuyau respiratoire basse pression. 6- Accouplement et robinet de réglage du débit continu. 7- Ceinture ou harnais. 8- Tube d'alimentation en air comprimé moyenne pression. 9- Manomètre. 10- Détendeur. 11- Bouteille d'air comprimé. 12- Conduit d'air comprimé. 13- Filtre. 14- Séparateur.

Certains éléments doivent être pris en compte lors de l'utilisation des appareils de protection respiratoire à adduction d'air [5] :

- suivre les instructions du fabricant concernant le débit d'air, la longueur et le diamètre des conduits; la longueur du conduit dépend aussi du besoin de mobilité et des risques d'enroulement;
- les utiliser avec, entre autres, des demi-masques, des masques complets, des cagoules, des casques, des masques souples/visière écran;
- ne pas s'en servir dans des milieux où l'oxygène est insuffisant ou dans des situations constituant un DIVS (sauf, dans certains cas, pour les appareils à pression positive combinés à un système autonome auxiliaire);
- former les utilisateurs et effectuer des essais d'ajustement;
- les raccords de branchement à l'air comprimé respirable doivent être incompatibles avec les branchements vers toute autre source de gaz ou d'air non respirable;
- la qualité de l'air comprimé respirable doit respecter la norme en vigueur [63, 64]; la quantité d'alimentation en air dépend du nombre de travailleurs, du maintien du débit requis et des recommandations du fabricant.

L'appareil doit être inspecté avant chaque utilisation pour s'assurer de sa propreté, vérifier, s'il y a lieu, les raccords des conduits, s'assurer du bon fonctionnement des soupapes, déceler et réparer les fissures, les soupapes et les pièces en caoutchouc ou en silicone si nécessaire.

Appareils autonomes

L'utilisateur reçoit de l'air neuf ou régénéré à partir de bonbonnes d'air comprimé, d'oxygène ou d'un système de production d'oxygène. Ces appareils sont indépendants de l'air ambiant et permettent à l'utilisateur de transporter sa réserve d'air, d'oxygène ou l'équipement à autoproduction. Il existe trois types d'appareils :

- à circuit ouvert¹ à la demande ou à surpression, alimenté en air comprimé par une ou des bonbonnes (figure 6.11);

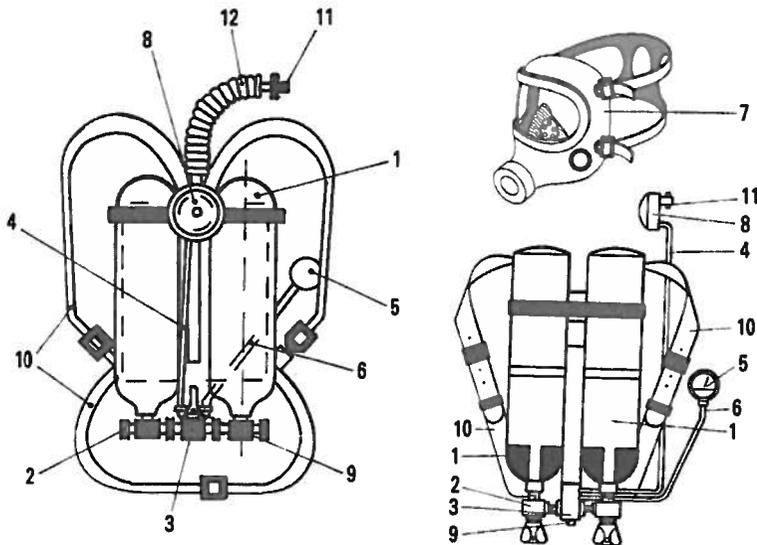


Figure 6.11 – Appareil de protection respiratoire autonome à circuit ouvert.

- 1- Bouteille d'air comprimé. 2- Robinet de bouteille. 3- Détendeur. 4- Raccord moyenne pression. 5- Manomètre.
6- Tube du manomètre. 7- Pièce faciale. 8- Soupape à la demande. 9- Alarme. 10- Harnais. 11- Raccord à l'équipement. 12- Tuyau respiratoire.

1. L'air exhalé est rejeté sans recirculation dans l'environnement en passant à travers une ou plusieurs soupapes intégrées au masque. Dans le type d'appareil à la demande, une soupape d'adduction d'air assure le passage de l'air respirable dans le masque à l'inspiration et à l'expiration, une pression positive se crée à l'intérieur du masque et la soupape se ferme. Le masque se retrouve donc sous pression négative au moment de l'inhalation, ce qui le rend plus vulnérable à une infiltration du ou des contaminants présents dans l'air ambiant. Une pression minimale n'étant pas maintenue, ce système n'est pas considéré à pression positive. Les appareils autonomes à la demande sont considérés comme désuets. Une pièce faciale dont la soupape d'expiration est prévue pour un mode de fonctionnement à la demande ne peut être utilisée avec un régulateur à surpression car l'air circulerait en continu et viderait rapidement la réserve d'air. Dans le cas des appareils de protection respiratoire autonomes à surpression, une pression positive est maintenue à l'intérieur du masque à l'aide de régulateurs et de soupapes d'expiration, ce qui assure un meilleur facteur de protection. Les appareils de protection respiratoire peuvent être munis d'un dispositif qui permet au porteur de choisir le mode à la demande ou à surpression. Dans ce cas, le mode de fonctionnement à la demande ne devrait être utilisé qu'au moment de mettre ou d'enlever l'appareil, et ce, en dehors de la zone à risque.

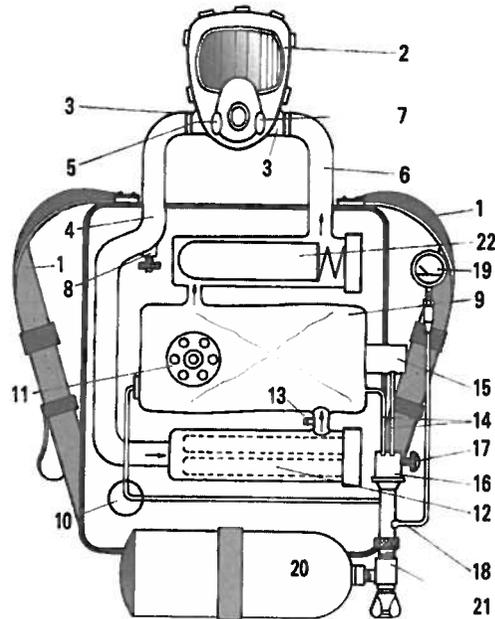


Figure 6.12 – Appareil de protection respiratoire autonome à oxygène à circuit fermé.

- 1- Harnais. 2- Pièce faciale. 3- Raccord. 4- Tuyau respiratoire. 5- Soupape expiratoire. 6- Tuyau inspiratoire. 7- Soupape inspiratoire. 8- Boîte à salive. 9- Sac respiratoire. 10- Alarme. 11- Soupape de sécurité. 12- Cartouche de régénération. 13- Dispositif de purge. 14- Tubulure d'alimentation en oxygène. 15- Soupape à la demande. 16- Détendeur. 17- Robinet d'additionnel. 18- Tubulure du manomètre. 19- Manomètre. 20- Bouteille d'oxygène. 21- Robinet de bouteille. 22- Réfrigérant.

- à circuit fermé¹ avec une réserve en oxygène liquide ou comprimé² pour régénérer de l'air respirable (figure 6.12);
- à circuit fermé avec un système à production chimique d'oxygène³ (ou à autoproduction, appelé aussi « oxygène chimique solide »).

1. Les appareils de protection respiratoire à circuit fermé, en anglais *rebreather*, sont souvent utilisés dans l'exploitation minière souterraine. L'air exhalé est partiellement ou intégralement remis en circulation. Le dioxyde de carbone expiré ainsi qu'une partie de la vapeur d'eau sont fixés dans une cartouche de régénération et l'oxygène consommé est remplacé à partir de la réserve emportée. L'oxygène peut être emmagasiné sous forme gazeuse (appareil à oxygène gazeux comprimé), liquide (appareil à oxygène liquide) ou en composé chimique (production chimique d'oxygène).

2. Lorsque l'utilisateur inspire, l'oxygène gazeux passe du réservoir au masque par des conduits, des clapets de retenue et des régulateurs. Le gaz expiré traverse une couche d'extraction de l'anhydride carbonique pour ensuite circuler de nouveau dans le système. L'oxygène gazeux à haute pression provient d'une bouteille à air comprimé et passe dans un détendeur puis dans un réservoir. Dans le cas de l'oxygène liquide, il est transformé en oxygène gazeux à basse pression puis acheminé dans un réservoir.

3. Ces appareils, aussi appelés à oxygène chimique solide, sont en général pourvus d'une cartouche de superoxyde de potassium (KO_2) qui assèche l'air, fixe le dioxyde de carbone par réaction chimique, tout en libérant de l'oxygène. Cet oxygène passe dans un sac respiratoire où l'utilisateur puise l'air qu'il inspire. Le gaz respiré retourne au boîtier filtrant et le processus reprend jusqu'à épuisement des produits chimiques qui produisent l'oxygène.

Limites d'utilisation

Les appareils de protection respiratoire autonomes sont utilisés en cas de déficit en oxygène, de concentrations élevées ou inconnues de gaz ou de vapeurs, en présence de particules toxiques ou en situation d'urgence. Les appareils sont homologués pour l'entrée et la sortie dans une atmosphère dangereuse ou uniquement pour l'évacuation et cet agrément porte sur l'ensemble du système (selon les normes européennes et américaines). Seuls les appareils à pression positive peuvent être utilisés dans les situations constituant un DIVS. En situation d'urgence, tous les appareils autonomes sont utilisables pour l'évacuation. Les appareils à circuit ouvert ont jusqu'à 60 minutes d'autonomie, les appareils à circuit fermé jusqu'à 4 heures. Les appareils ayant moins de 15 minutes d'autonomie ne peuvent être utilisés que dans les situations d'évacuation d'urgence. Tous les équipements, sauf ceux d'évacuation, doivent comporter un indicateur de temps de service pour signifier qu'il ne reste que 20 % à 25 % de la réserve d'air. Les instructions du fabricant en ce qui concerne le choix, l'utilisation, l'entretien et le chargement des bonbonnes doivent être suivies. L'air utilisé pour remplir les bonbonnes doit respecter les normes relatives à la qualité de l'air comprimé respirable [53, 63, 64]. Ces appareils sont d'un maniement complexe, les utilisateurs doivent donc recevoir une formation spécifique [5, 9].

Association d'un appareil à adduction d'air avec un système autonome auxiliaire

Les appareils à adduction d'air peuvent être associés à une réserve autonome d'air dans les situations comportant le risque de perdre la source d'air, laissant l'utilisateur sans protection. Ces appareils ne peuvent pas être utilisés dans des situations DIVS. L'association d'un système à adduction d'air avec un système autonome permet de pénétrer dans une atmosphère pauvre en oxygène ou à concentration élevée en gaz et en vapeurs et de l'évacuer si l'alimentation par le conduit d'air fait défaut. Lorsqu'une personne doit entrer dans une atmosphère DIVS, l'appareil de protection respiratoire autonome doit avoir une réserve d'air d'au moins 15 minutes et pas plus de 20 % de cette réserve ne doit être utilisée. Il est également possible d'utiliser cette réserve pour se déplacer temporairement d'une ligne d'air à l'autre dans une atmosphère dangereuse [5].

■ Sélection d'un appareil de protection respiratoire

Une description plus complète des appareils de protection respiratoire peut être consultée dans différents ouvrages dont le *Guide des appareils de protection respiratoire de l'IRSST* [65]. Nous proposons maintenant une démarche simplifiée pour sélectionner un appareil. Plusieurs organigrammes de sélection détaillés existent : le *NIOSH Respirator Decision Logic* se trouve dans un guide sur la protection respiratoire en milieu industriel publié par le NIOSH [5], le guide de sélection des appareils à filtre à particules approuvés par le 42CFR, partie 84 [54], la norme CSA [9], au Québec *Le Guide pratique de protection respiratoire de l'IRSST* [62] et en France le guide de l'INRS [4].

La figure 6.13 résume les critères de sélection d'un appareil de protection respiratoire.

Le choix d'un bon appareil de protection respiratoire est essentiel pour assurer la protection du travailleur. Plusieurs critères de sélection permettent de faire de ce choix.

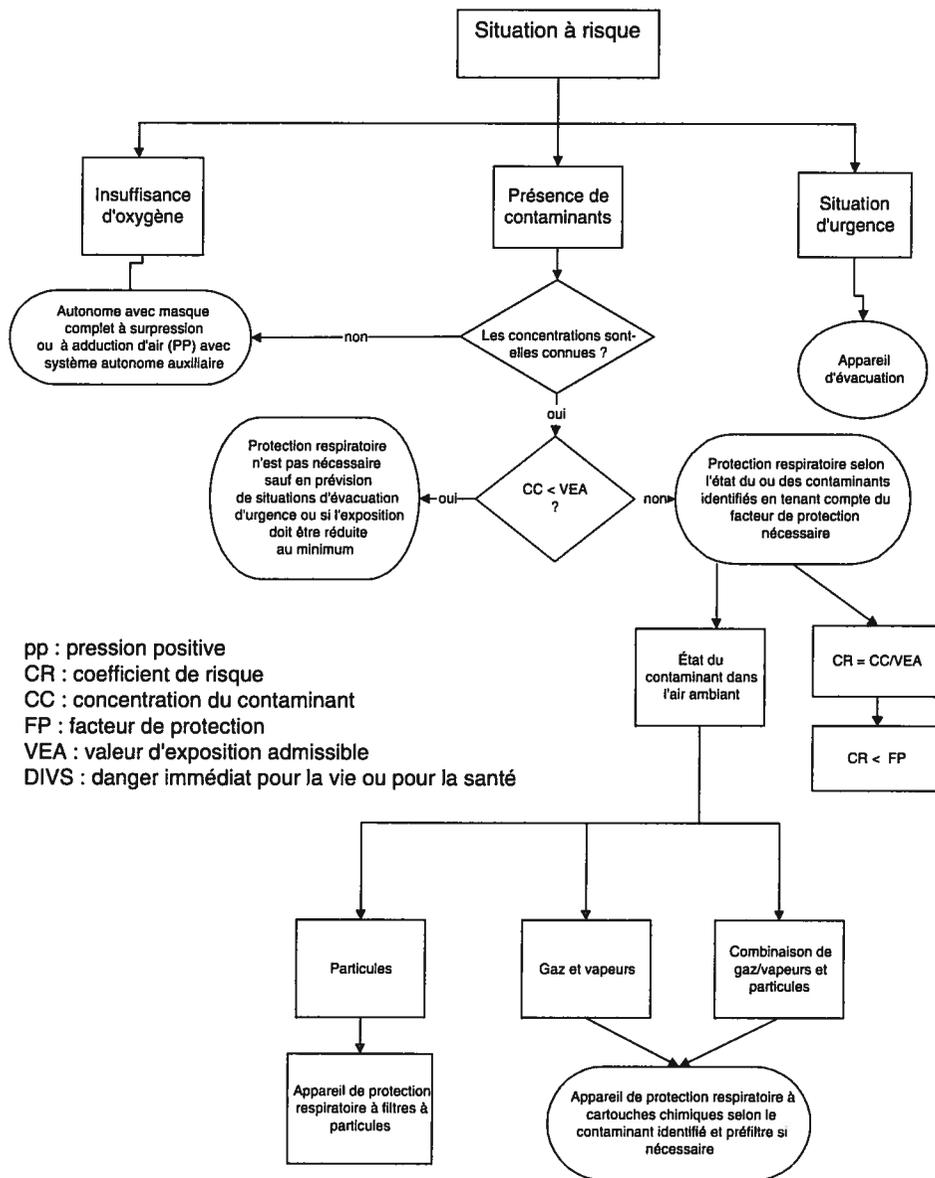


Figure 6.13 – Organigramme simplifié pour la sélection d'un appareil de protection respiratoire.

Niveau d'oxygène dans l'air

La zone de travail doit contenir suffisamment d'oxygène. Les normes européennes spécifient que la concentration en volume d'oxygène ne doit pas être inférieure à 16 % ; les normes américaines la fixent à 19,5 %.

Types de contaminants présents ou potentiellement présents

Les contaminants et les paramètres physiques, chimiques et toxicologiques les concernant doivent être identifiés.

État physique des contaminants dans l'air ambiant

La forme sous laquelle se présente le contaminant doit être établie : poussière, fumée, brouillard, gaz ou vapeur ; ce qui peut influencer le choix du type de matériau filtrant à utiliser. Un ou plusieurs contaminants peuvent, dans certains cas, être présents sous des états différents. En présence de poussières et de vapeurs, un appareil associant les deux types de protection est indispensable.

Concentration des contaminants dans l'air et évaluation du risque

Des échantillons des poussières, des fumées, des brouillards, des gaz et des vapeurs présents dans le milieu de travail doivent être prélevés et des analyses par des méthodes reconnues seront réalisées. Une fois les résultats obtenus, certaines références peuvent être consultées pour évaluer les risques pour la santé en fonction du contaminant présent :

- le NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards [66] ;
- les fiches toxicologiques ;
- les fiches signalétiques de données de sécurité ;
- les fiches d'information établies par les fabricants d'appareils ;
- les valeurs des contaminants dans l'air qui ne peuvent être dépassées dans la zone respiratoire du travailleur.

Conditions d'exposition

L'humidité, la température ambiante et la pression sont des éléments intervenant dans le choix d'un appareil de protection respiratoire ou d'une pièce faciale. Le bon fonctionnement de celui-ci ou la fréquence du changement des éléments filtrants (filtre, cartouche, boîtier filtrant) sont également des points importants. Ce choix peut également être influencé par les conditions de travail comme la tâche à accomplir, sa durée et sa fréquence, la mobilité nécessaire, la quantité d'efforts déployés et le confort de l'utilisateur.

La configuration physique des lieux peut influencer le choix de l'appareil de protection respiratoire. Une zone de travail étroite peut restreindre l'utilisation des appareils autonomes, il sera alors plus facile de porter un appareil à adduction d'air avec une réserve autonome. De même, il sera difficile d'utiliser des conduits d'adduction d'air en présence de machines mobiles pouvant abîmer les conduits non protégés.

Les températures très froides sont sources de difficultés lors de l'utilisation d'appareils de protection respiratoire : masques embués, durcissement des pièces en matériaux souples, valves collées. Certaines mesures peuvent diminuer les effets sur les appareils, comme l'installation d'un déflecteur interne détournant l'air exhalé en évitant qu'il entre en contact avec la visière froide du masque et l'embue. De même, les utilisateurs recevront une formation complète concernant l'utilisation et les capacités des appareils à ces températures extrêmes, particulièrement pour les appareils autonomes [9].

Dans certaines conditions de travail, la communication verbale est nécessaire, mais les difficultés de compréhension peuvent provoquer des mouvements faciaux exagérés, un déplacement du masque et une diminution de l'étanchéité. Certains équipements facilitent la communication : appareils possédant une membrane phonique ou un diaphragme de communication.

Le choix de la pièce faciale (p. ex. demi-masque, masque complet, cagoule) dépend des essais d'ajustement, du rythme de travail, du type d'activité, du risque d'irritation des yeux et d'absorption des contaminants par la peau.

Facteur de protection

Le niveau de protection offert par l'appareil est un facteur de choix déterminant. Ce niveau de protection, appelé facteur de protection, est défini comme le

rapport des concentrations de contaminant mesurées à l'extérieur de l'appareil de protection respiratoire (C_e) et à l'intérieur de celui-ci (C_i) :

$$FP = C_e/C_i$$

Chaque catégorie d'appareils a un facteur de protection qui indique son niveau d'efficacité. Plus le facteur de protection est élevé, meilleur est le degré de protection offert par l'appareil. Les recommandations et les estimations des facteurs de protection peuvent être différentes d'un pays à l'autre pour une même catégorie d'appareil. Il est donc important de consulter des sources d'information pertinentes. À titre d'exemple, le tableau 6.8 donne les facteurs de protection recommandés aux États-Unis et au Canada.

Tableau 6.8 – Facteurs de protection caractéristiques de différents appareils (selon les normes CSA Z94.4-93 [9] et ANSI Z88.2-1992 [8])

Types d'appareil de protection respiratoire	Types de masque				
	Quart de masque	Demi-masque ¹	Masque complet	Casque/cagoule	Masque souple
Épuration d'air	5	10	100		
Autonome à circuit ouvert à la demande ²		10	100		
À conduit d'adduction d'air à la demande		10	100		
Épuration d'air à ventilation motorisée		50	1 000 ³	1 000 ³	25
À conduit d'adduction d'air à surpression (pression positive)		50	1 000		
À conduit d'adduction d'air à débit constant		50	1 000	1 000	25
Appareil autonome à circuit ouvert à surpression (pression positive)			4		
Appareil autonome à circuit fermé (pression positive)			4		
Appareil de protection respiratoire pour l'évacuation ⁵					
Appareil de protection respiratoire à épuration d'air combiné à un appareil de protection respiratoire à adduction d'air ⁶					
À conduit d'adduction d'air combiné à un appareil de protection respiratoire autonome ⁶					

1. Selon la norme ANSI Z92.2-1992, un facteur de protection de 10 peut être attribué aux pièces faciales filtrantes (masques jetables) et aux demi-masques avec pièce en élastomère.

2. Les appareils autonomes à la demande ne doivent pas être utilisés pour les situations de lutte contre un incendie ni dans des atmosphères DIVS.

3. Les facteurs de protection caractéristique indiqués le sont pour des appareils munis de filtres à haute efficacité et pour des adsorbants (cartouches et boîtiers). Dans le cas de filtres pour la poussière, le facteur de protection caractéristique sera de 100. Avec la nouvelle norme 42 CFR, Partie 84, les appareils à épuration d'air à ventilation motorisée utilisant des filtres ne seront approuvés que pour des filtres à haute efficacité.

4. Les appareils autonomes assurent le facteur de protection le plus élevé mais, en simulation de travail, tous les utilisateurs n'obtiennent pas cette performance d'un facteur de protection de 10 000. C'est pourquoi on ne peut accorder un FPC définitif à cette catégorie d'appareils. Lorsque l'évaluation des concentrations dangereuses est possible, on devrait utiliser un FPC d'au plus 10 000.

5. Les facteurs de protection caractéristique ne s'appliquent pas aux appareils d'évacuation.

6. Le facteur de protection caractéristique des appareils combinés devrait être établi d'après le mode d'utilisation.

Coefficient de risque

Le coefficient de risque (CR) définit le facteur de protection minimum à obtenir et est déterminé par la concentration du contaminant dans l'air (CC) divisée par la valeur limite d'exposition (VLE).

$$CR = CC/VLE$$

Le facteur de protection du respirateur devra être supérieur à cette valeur.

L'utilisateur

Pour l'utilisateur, les paramètres suivants sont à prendre en compte :

- son état de santé;
- ses connaissances sur l'utilisation des appareils de protection respiratoire;
- la surcharge de travail occasionnée par le port d'un appareil de protection respiratoire.

Respirateur pour les gaz et les vapeurs : exemples de sélection

Situation A

Une évaluation des contaminants dans l'air est effectuée lors de la fabrication d'articles en fibre de verre. On constate que le mouleur est exposé à 200 ppm de styrène. Quel respirateur choisir? Les conditions de température et d'humidité sont normales. Le travailleur a une charge de travail moyenne et un rythme respiratoire régulier (16 à 20 respirations à la minute).

Il faut tout d'abord s'assurer :

- qu'il y a suffisamment d'oxygène pour qu'un appareil de protection respiratoire à épuration d'air (filtrant) puisse être utilisé;
- que le contaminant n'est pas un produit cancérigène;
- que les concentrations sont connues.

On compare ensuite la valeur mesurée à la limite d'exposition maximale autorisée. Dans cet exemple, nous utiliserons la valeur de 50 ppm selon les recommandations du *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards*. Les concentrations présentes étant plus élevées que les concentrations admises, l'utilisation d'un respirateur est nécessaire.

La concentration DIVS pour le styrène est de 700 ppm [66]. La concentration présente est inférieure à la concentration DIVS, il n'est donc pas obligatoire d'utiliser les respirateurs autonomes. La voie cutanée, y compris les yeux, contribue de façon potentiellement significative à l'exposition globale. Il faut donc prévoir une protection de la peau et des yeux, entre autre, en portant un masque facial complet.

Détermination du coefficient de risque et du facteur de protection

Dans cet exemple, le coefficient de risque pour le styrène est de 200 ppm/50 ppm = 4. Le facteur de protection du respirateur choisi doit être plus élevé que le coefficient de risque. Selon cette seule valeur, un demi-masque est approprié, mais comme il faut tenir compte de la protection des yeux, un masque complet est recommandé.

Le contaminant présent dans l'air étant sous forme de vapeur, l'utilisation de cartouches chimiques pour les vapeurs organiques est recommandée. Selon l'agrément du NIOSH, ces cartouches sont autorisées pour une concentration maximale de 1 000 ppm sans dépasser la concentration DIVS, c'est-à-dire 700 ppm dans le cas du styrène.

Temps de service des cartouches

À partir de la concentration du contaminant, du type de cartouche et de la charge de travail, on peut établir une courbe de temps de service de la cartouche (figure 6.14).

À partir de cette courbe, le temps de claquage de la cartouche est estimé à environ 21 heures d'utilisation. Il faut donc prévoir les changements de cartouches en fonction de cette valeur, toutes les autres conditions étant identiques (humidité et température normales, rythme de travail). La fréquence de changement est une estimation. La détection d'odeur ou une irritation des voies respiratoires implique de changer les cartouches plus tôt.

Situation B

Dans une situation de travail, plusieurs contaminants peuvent être présents. On mesure dans la zone de travail 200 ppm de styrène, comme dans l'exemple précédent, et en plus 600 ppm d'acétone.

La même démarche que dans la situation A est utilisée. Après avoir vérifié la quantité d'oxygène dans l'air, la cancérogénéité et les concentrations de contaminant, on compare les valeurs mesurées aux limites maximales d'exposition. Pour l'acétone, cette valeur est de 750 ppm. La concentration de l'acétone est inférieure à la valeur d'exposition maximale autorisée, mais la présence de 200 ppm de styrène crée les mêmes conditions que dans la situation A. Les concentrations présentes étant plus élevées que les concentrations admises, l'utilisation d'un respirateur est nécessaire.

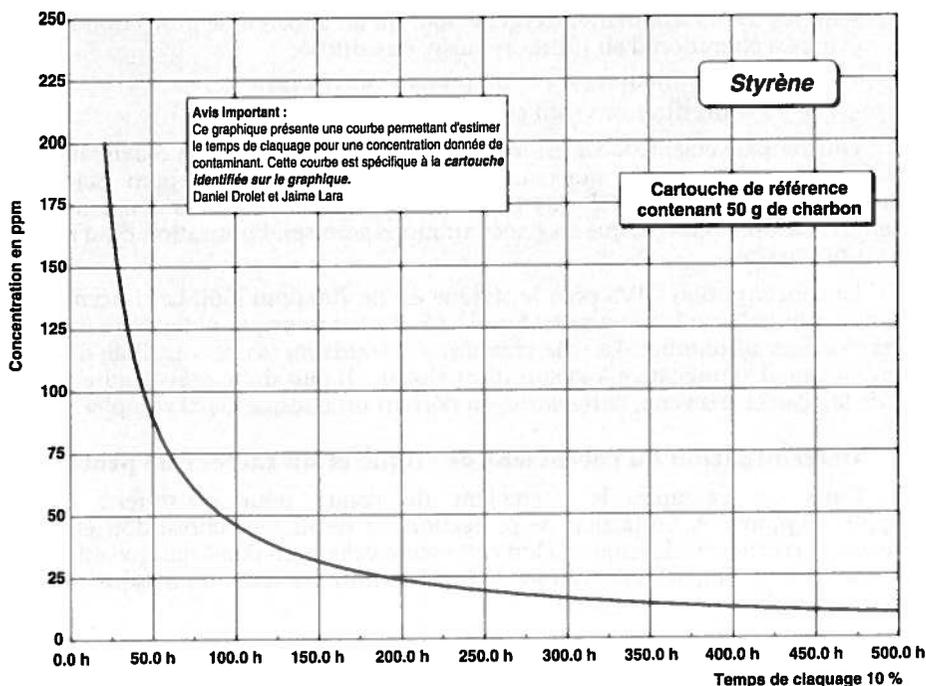


Figure 6.14 – Courbe de claquage du styrène [62].

La concentration DIVS pour l'acétone est de 2 500 ppm et celle du styrène de 700 ppm. Les concentrations présentes sont inférieures à leurs concentrations DIVS respectives, l'utilisation d'un respirateur autonome n'est donc pas obligatoire. Comme dans l'exemple A, il faut prévoir une protection de la peau et des yeux en portant un masque facial complet.

Détermination du coefficient de risque et du facteur de protection

Selon le même raisonnement que dans l'exemple A, on choisira un appareil à épuration d'air avec cartouches chimiques et masque complet.

Temps de service

La présence d'acétone entraîne des changements importants dans l'estimation du temps de service des cartouches chimiques. Dans le cas de mélanges de solvants, tous les contaminants s'adsorbent simultanément à la surface du charbon. Lorsqu'il ne reste plus de place, le solvant le plus volatil claqué la cartouche. L'acétone est plus volatile que le styrène (le point d'ébullition de l'acétone étant plus bas que celui du styrène). Pour évaluer cette durée, on additionne la concentration du styrène à celle de l'acétone et l'évaluation se fait comme si nous avions 800 ppm d'acétone.

La figure 6.15 permet d'évaluer le temps de claquage de l'acétone à une concentration de 800 ppm. Ce qui donne une durée d'environ 2,5 heures d'utilisation, nettement inférieure à la situation A. Les changements de cartouches se feront en fonction de cette valeur, toutes les autres conditions étant identiques (humidité et température normales, rythme de travail). La grille horaire de changement de cartouche est basée sur une estimation. La détection d'odeur ou une irritation des voies respiratoires entraînera un changement des cartouches plus précoce.

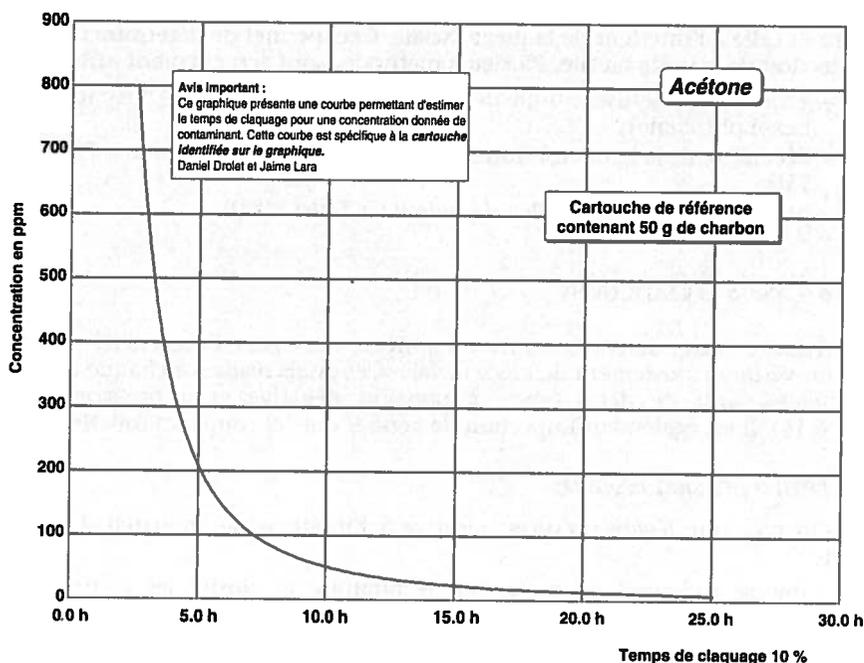


Figure 6. 15 – Courbe de claquage de l'acétone additionné de styrène [62].

■ Essais d'ajustement

Pour être efficace, un appareil doit être parfaitement ajusté sur le visage en formant un joint étanche, l'air contaminé ne devant pas pénétrer à l'intérieur de la pièce faciale par les bords du masque.

Lors du choix d'un appareil, des essais d'ajustement doivent être réalisés. Il en sera de même avant chaque utilisation, en cas de changements dans les conditions physiques de l'utilisateur (perte ou gain de poids significatif, cicatrice, modifications de la dentition) ou si un nouvel appareil est choisi.

● Essais d'ajustement qualitatifs

Ces essais consistent à exposer l'utilisateur à une fumée irritante, une vapeur odorante ou une autre substance appropriée. Celui-ci doit détecter l'infiltration de cette substance à l'intérieur du masque. Ces tests permettent de vérifier les capacités de l'utilisateur à détecter une odeur ou un goût en cas de mauvais ajustement de la pièce faciale ou d'infiltration. On utilise les substances suivantes :

- acétate d'isoamyle¹;
- saccharine;
- bitrex;
- fumée irritante.

● Essais d'ajustement quantitatifs

Ces tests consistent à exposer l'utilisateur à une atmosphère contenant un agent d'essai et à en mesurer l'infiltration. Ils permettent de quantifier le facteur de protection réel de l'appareil. On compare la concentration du contaminant dans l'air ambiant et celle à l'intérieur de la pièce faciale. Ceci permet de déterminer le facteur de protection de la pièce faciale. Plusieurs méthodes sont actuellement utilisées :

- génération d'aérosol : huile de maïs, chlorure de sodium, DEHP (di-2-éthylhexyl phthalate);
- décompte de la condensation des nucléis (*PortaCount : Respirator Fit Tester* de TSI);
- pression négative contrôlée (*Dynatech Fit Tester 3000*).

● Essais d'étanchéité

Avant d'entrer dans une zone contaminée, des essais d'étanchéité sont effectués pour vérifier l'ajustement de pièce faciale. Ces essais réalisés à chaque utilisation de l'appareil sont de deux types, à pression négative et à pression positive (figure 6.16). Il est également important de vérifier que les soupapes fonctionnent.

Essai à pression négative

On crée une légère pression négative à l'intérieur de l'appareil de la façon suivante :

- mettre l'appareil de protection respiratoire et ajuster les courroies pour qu'elles soient serrées sans provoquer de gêne;

1. Produit utilisé dans les essais d'ajustement qualitatifs et possédant une odeur de banane qui permet de déceler les infiltrations de contaminants dans le masque. On l'utilise généralement à une concentration de 100 ppm.

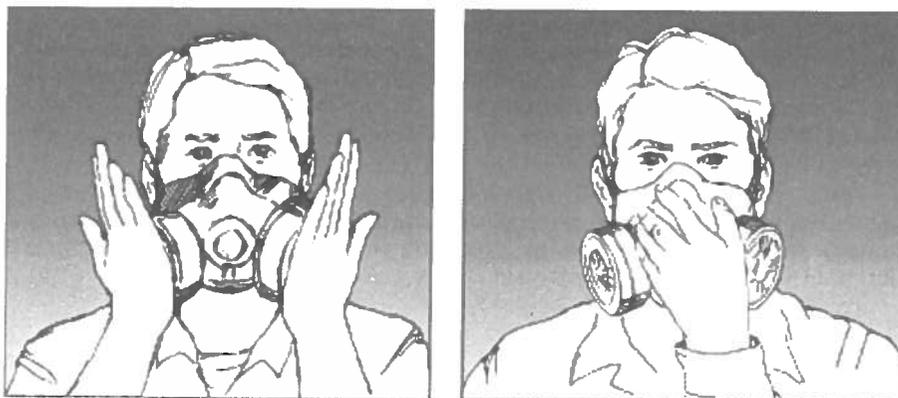


Figure 6.16 – Essais d'étanchéité à pression négative et à pression positive.

- recouvrir les orifices des cartouches avec les mains ou un sac en plastique; dans certains cas, il peut être nécessaire de les retirer pour recouvrir la soupape intérieure; avec un appareil motorisé ou à adduction d'air, il faut débrancher le conduit ou fermer l'arrivée d'air;
- inhaler légèrement pour créer un vide;
- retenir la respiration pendant dix secondes ou selon les instructions du fabricant.

Si l'essai est réalisé correctement et que l'ajustement est bon, la pièce faciale doit s'affaisser légèrement vers le visage et rester dans cette position. L'air ne doit pas s'infiltrer à l'intérieur. Si tel n'est pas le cas, il faut réajuster le masque et recommencer l'essai. Il est également possible que la taille de la pièce faciale ou le modèle d'appareil ne convienne pas.

Essai à pression positive

Cet essai doit être réalisé après l'essai d'étanchéité à pression négative :

- recouvrir l'ouverture de la soupape d'expiration avec la paume de la main;
- souffler légèrement de l'air dans la pièce faciale;
- tenir une dizaine de secondes ou suivre les instructions du fabricant.

Si l'étanchéité est bonne, la pièce faciale bombe légèrement. Sinon, il faut réajuster l'appareil de protection respiratoire et recommencer l'essai.

La configuration de certaines pièces faciales ne permet pas de réaliser ce type d'essai. Il faut alors se référer aux recommandations du fabricant.

■ Entretien, nettoyage et stockage des appareils

Le programme général de protection respiratoire doit établir un programme d'entretien, de nettoyage et de stockage des appareils. Ce programme doit également fixer la formation des utilisateurs et du personnel. Il doit contenir les éléments suivants :

- entretien, nettoyage et désinfection des appareils de protection respiratoire;
- vérification, mise à l'essai et réparation des appareils;
- stockage;

- tenue des registres.

Les utilisateurs doivent vérifier, avant et après chaque utilisation, l'appareil qui leur a été confié. Une fois les opérations de nettoyage et de désinfection faites suivant les recommandations du fabricant et les normes en vigueur [9], on doit vérifier que l'appareil est en bon état de fonctionnement, si des réparations s'imposent ou s'il doit être mis hors service.

Le stockage des appareils doit les protéger contre la poussière, le soleil, la chaleur, l'humidité excessive, les produits chimiques, les dommages mécaniques, l'ozone, le froid extrême, la vermine, l'huile, la graisse, la déformation des pièces en caoutchouc ou en élastomère.

● Programme de protection respiratoire

Le programme de protection respiratoire comprend :

- une formation du personnel à l'entretien, l'inspection, le nettoyage et l'évaluation des appareils;
- une sélection des appareils en fonction du risque;
- une utilisation des appareils selon les recommandations du fabricant;
- des essais d'ajustement;
- un contrôle environnemental;
- si possible, une évaluation du facteur de protection dans le milieu de travail permettant de confirmer le facteur de protection attendu de l'appareil utilisé;
- une explication des risques pour la santé.

Ce programme décrit de façon précise les différentes étapes permettant d'assurer la sécurité et la santé des travailleurs. Ces procédures écrites sont accessibles et disponibles à tout moment et régulièrement mises à jour. Ce programme doit sensibiliser le personnel à l'importance de la protection respiratoire.

Il est de la responsabilité de l'employeur de s'assurer de la bonne qualité du milieu de travail et de la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs. Un responsable de l'application du programme de protection respiratoire est nommé; il a pour fonction d'évaluer le milieu de travail, d'identifier les risques et d'apporter si besoin les corrections nécessaires à leur élimination. Si l'utilisation d'appareils de protection s'avère nécessaire, ce responsable pourra se faire assister par des spécialistes dans le choix des appareils et le suivi du programme de protection. Il devra ensuite vérifier la bonne application du programme, la disponibilité des appareils et leur fonctionnement, les procédures d'urgence, les besoins en formation et la sensibilisation du personnel.

L'employé est responsable de l'utilisation et de l'entretien de son appareil de protection et doit se conformer aux instructions et à la formation reçues. Il doit prendre toutes les précautions pour éviter de l'endommager et signaler immédiatement tout bris ou mauvais fonctionnement. L'employé devrait se sentir responsable de sa sécurité et de sa santé et de celles des autres travailleurs.

■ Formation

Tout utilisateur d'appareils de protection respiratoire doit suivre une formation lui permettant de comprendre le risque auquel l'exposent les contaminants de son milieu de travail et la protection qu'offre l'appareil utilisé. Ceci s'applique également aux appareils servant à l'évacuation et aux situations d'urgence. La formation reçue par chaque employé sera consignée dans un registre.

Bibliographie

1. AIHA. — *Respiratory Protection. A Manual and Guideline*. American Industrial Hygiene Association, AIHA Press, Fairfax, 1993.
2. DiNardi S.R. — *The Occupational Environment. Its Evaluation and Control*. American Industrial hygiene Association, AIHA Press, Fairfax, 1997.
3. Gouvernement du Québec. — *Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST)*. Éditeur officiel du Québec, Québec, 2001.
4. INRS. — *Les Appareils de protection respiratoire, choix et utilisation*. Institut national de recherche et de sécurité, Paris, 1994.
5. NIOSH. — *Guide to Industrial Respiratory Protection* (DHHS/NIOSH Pub. No. 87-116), National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, 1987.
6. DHHS. *Code of Federal Regulations, 42 CFR, Part 84, Respiratory Protective Devices*. Department of Health and Human Services, Washington, 1996.
7. OSHA. — *United States Department of Labor. Occupational Safety and Health Standards for General Industry, 29 CFR Part 1910.1017*. Occupational Safety and Health administration, Washington, 1993.
8. ANSI. — *American National Practices for Respiratory Protection (ANSI Z88.2-1992)*. American National Standard Institute, Washington, 1992
9. CSA. — *Choix, entretien et utilisation des appareils de protection respiratoire (norme CSA Z94.4-93)*. Association canadienne de normalisation, Toronto, 1993.
10. Directive 89/686/CEE. — *Équipements de protection individuelle*. Journal officiel des communautés européennes L399 du 30 décembre 1989 (modifié en 1993 et 1996).
11. Directive 89/656/CEE. — *Prescriptions minimales de sécurité et de santé pour l'utilisation par les travailleurs au travail d'équipements de protection individuelle*. Journal officiel des communautés européennes L393 du 30 décembre 1989.
- Normes du Comité européen de normalisation (CEN), (www.cenorm.be), Comité technique 79
12. EN 1061 : 1996 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire pour l'évacuation. Appareils de protection respiratoire isolants autonomes à circuit fermé. Appareils d'évacuation à oxygène chimique (NaClO₃). Exigences, essais, marquage.
13. EN 1146 : 1997 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire pour l'évacuation. Appareils de protection respiratoire isolants autonomes à circuit, à air comprimé avec cagoule (appareils d'évacuation à air comprimé avec cagoule). Exigences, essais, marquage.
14. EN 12083 : 1998 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Filtres avec tuyaux respiratoires (filtres non montés sur un masque). Filtres à particules, filtres antigaz et filtres combinés. Exigences, essais, marquage.
15. EN 12941 : 1999 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Appareils filtrants à ventilation assistée avec casque ou cagoule. Exigences, essais, marquage.
16. EN 12942 : 1999 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Appareils filtrants à ventilation assistée avec masques complets, demi-masques ou quarts de masques. Exigences, essais, marquage.
17. EN 136 : 1998 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Masques complets. Exigences, essais, marquage.
18. EN 137 : 1993 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Appareils de protection respiratoire autonome à circuit ouvert, à air comprimé. Exigences, essais, marquage.
19. EN 138 : 1994 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Appareils de protection respiratoire à air libre avec masque complet, demi-masque ou ensemble embout buccal. Exigences, essais, marquage.
20. EN 139 : 1994 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Appareils de protection respiratoire à adduction d'air comprimé avec masque complet, demi-masque ou ensemble embout buccal. Exigences, essais, marquage.
21. EN 140 : 1998/A1 : 1992 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Demi-masques et quarts de masques. Exigences, essai, marquage (amendement 1 : 1992).
22. EN 141 : 2000 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Filtres antigaz et filtres combinés. Exigences, essais, marquage.

23. EN 142 : 1989 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Ensembles embouts buccaux. Exigences, essais, marquage.
24. EN 143 : 2000 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Filtrés à particules. Exigences, essais, marquage.
25. EN 145 : 1997 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Appareils autonomes à circuit fermé, à oxygène comprimé. Exigences, essais, marquage.
26. EN 145-2 : 1992 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Appareils de protection respiratoire autonomes à circuit fermé, à oxygène comprimé pour utilisation particulière. Exigences, essai, marquage.
27. EN 146 : 1991 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Appareils filtrants contre les particules à ventilation assistée avec casques ou cagoules. Exigences, essais, marquage.
28. EN 147 : 1991 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Appareils filtrants contre les particules à ventilation assistée avec masques complets, demi-masques ou quarts de masques. Exigences, essais, marquage.
29. EN 149 : 1991 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Demi-masques filtrants contre les particules. Exigences, essais, marquage.
30. EN 1827 : 1999 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Demi-masques sans soupape inspiratoire et avec filtres démontables, contre les gaz, contre les gaz et les particules, ou contre les particules uniquement. Exigences, essais, marquage.
31. EN 250 : 2000 (CEN/TC 79). — Appareils respiratoires. Appareils de plongée autonomes à air comprimé et à circuit ouvert. Exigences, essais, marquage.
32. EN 269 : 1994 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Appareils de protection respiratoire à air libre à assistance motorisée avec cagoule. Exigences, essais, marquage.
33. EN 270 : 1994 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Appareils de protection respiratoire à adduction d'air comprimé avec cagoule. Exigences, essais, marquage.
34. EN 271 : 1995 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Appareils de protection respiratoire isolants à adduction d'air comprimé ou à air libre à ventilation assistée avec cagoule utilisés pour les opérations de projection d'abrasifs. Exigences, essais, marquage.
35. EN 371 : 1992 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Filtrés antigaz AX et filtres combinés contre les composés organiques à bas point d'ébullition. Exigences, essais, marquage.
36. EN 372 : 1992 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Filtrés antigaz SX et filtres combinés contre certains composés spécifiques désignés. Exigences, essais, marquage.
37. EN 400 : 1993 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire pour l'évacuation. Appareils de protection respiratoire autonomes à circuit fermé. Appareils d'évacuation à oxygène comprimé. Exigences, essais, marquage.
38. EN 401 : 1993 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire pour l'évacuation. Appareils de protection respiratoire autonomes à circuit fermé. Appareils d'évacuation à oxygène chimique (KO₂). Exigences, essais, marquage.
39. EN 402 : 1993 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire pour l'évacuation. Appareils de protection respiratoire autonomes à circuit ouvert, à air comprimé avec masque complet ou ensemble embout buccal. Exigences, essais, marquage.
40. EN 403 : 1993 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire pour l'évacuation. Appareils filtrants avec cagoule pour l'évacuation d'un incendie. Exigences, essais, marquage.
41. EN 404 : 1993 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire pour l'évacuation. Appareil d'évacuation à filtre. Exigences, essais, marquage.
42. EN 405 : 1992 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Demi-masques filtrants à soupapes contre les gaz ou contre les gaz et les particules. Exigences, essais, marquage.
43. EN 136-10 : 1998 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Masques complets pour utilisation particulière. Exigences, essais, marquage.
44. EN 132 : 1998 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Définitions.
45. EN 133 : 1990 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Classification.
46. EN 134 : 1998 (CEN/TC 79). Appareils de protection respiratoire. Nomenclature des composants.

47. EN 135 : 1998 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Liste de termes équivalents.
48. EN 144-1 : 2000 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Robinet de bouteille. Raccord de queue fileté.
49. EN 144-2 : 1998 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Robinets de bouteille à gaz. Partie 2 : Raccordements de sortie.
50. EN 148-1 : 1999 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Filetages pour pièces faciales. Raccord à filetage standard.
51. EN 148-2 : 1999 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Filetages pour pièces faciales. Raccord à filetage central.
52. EN 148-3 : 1999 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Filetages pour pièces faciales. Raccord à filetage M 45 x 3.
53. EN 12021 : 1998 (CEN/TC 79). — Appareils de protection respiratoire. Air comprimé pour appareil de protection respiratoire isolant.
54. NIOSH. — *NIOSH Guide to the Selection and Use of Particulate Respirators Certified Under 42 CFR 84*. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, 1996.
55. Revoir W.H., Bien C.T. — *Respiratory Protection Handbook*. Lewis Publishers, New York, 1996.
56. Lara J., Yoon H.Y., Nelson J.H. — The Test of Time : Take Two. *Occupational Health and Safety*, 1994, 9, 7, 16-24.
57. HSE. — *The Selection, Use and Maintenance of Respiratory Protective Equipment. A Practical Guide*. Health and Safety Executive, 1998.
58. ANSI. — *American National Practices for Respiratory Protection (ANSI-K13.1-1973)*. American National Standard Institute, Washington, 1973.
59. OSHA. — *Respiratory Protection Program Guidelines. Directives CPL 2-2.54A, July 14, 2000*. Occupational Safety and Health Administration, Washington, 2000 (www.osha-slc.gov).
60. Lara J., Yoon Y.H., Nelson J.H. — The Service Life of Respirator Cartridges with Binary Mixtures of Organic Vapors, *Journal of the International Society for Respiratory Protection*, 1995, 13, 7-26.
61. Yoon Y.H., Nelson J.H., Lara J. — Respirator Cartridge Service Life : Exposure to Mixtures. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1996, 57, 809-819.
62. Lara J., Vennes M. — *Guide pratique de protection respiratoire*. Commission de la santé et de la sécurité du travail, Québec, 2002. (www.prot.resp.csst.qc.ca/GuidePratique.shtml).
63. CSA. — *Compressed Breathing Air and Systems. CSA Z180.1/00*. Association canadienne de normalisation, Toronto, 2000.
64. Compressed Gas Association. Inc. — *Air Specification G-7.1*. New York, 1972.
65. Lara J., Vennes M. — *Guide des appareils de protection respiratoire utilisés au Québec*. Commission de la santé et de la sécurité du travail, Québec, 2000. (www.prot.resp.csst.qc.ca/GuideTM.shtml).
66. NIOSH. — *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards*. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, 1994.