

# 31

Rédacteur  
*Robert F. Herrick*

31. LA PROTECTION  
INDIVIDUELLE

### Table des matières

La protection individuelle: généralités et principes . . . . .	<i>Robert F. Herrick</i>	31.2
La protection des yeux et du visage . . . . .	<i>Kikuzi Kimura</i>	31.3
La protection des pieds et des jambes . . . . .	<i>Toyohiko Miura</i>	31.7
La protection de la tête . . . . .	<i>Isabelle Balty et Alain Mayer</i>	31.8
La protection de l'ouïe . . . . .	<i>John R. Franks et Elliott H. Berger</i>	31.11
Les vêtements de protection . . . . .	<i>S. Zack Mansdorf</i>	31.17
La protection respiratoire . . . . .	<i>Thomas J. Nelson</i>	31.23

## ● LA PROTECTION INDIVIDUELLE: GÉNÉRALITÉS ET PRINCIPES

Robert F. Herrick

La protection individuelle dans son ensemble ne saurait être étudiée hors du contexte général des méthodes de prévention des accidents et des atteintes à la santé sur les lieux de travail et des maladies professionnelles. Le présent article procède à une discussion technique des différentes possibilités de protection individuelle, des risques visés et des critères de choix des équipements de protection. Les procédures d'homologation et de certification, ainsi que les normes en vigueur pour les dispositifs et équipements de protection sont résumées. Pour utiliser ces informations, il faut être attentif au fait que *la protection individuelle doit être considérée comme une méthode de dernier recours pour éliminer ou réduire les risques existants sur le lieu de travail*. Dans l'ordre de priorité des méthodes qui peuvent être utilisées pour maîtriser ces risques, la protection individuelle ne vient pas au premier rang. En fait, on n'y a recours que lorsque toutes les mesures techniques de protection visant à réduire les risques (par des méthodes telles que l'isolement, le confinement, la ventilation, la substitution ou la modification des procédés), ainsi que les mesures administratives (par exemple, la réduction de la durée d'exposition) ont été mises en œuvre. Il existe cependant des cas où la protection individuelle est nécessaire, à court ou à long terme, afin de réduire les risques professionnels. Dans ces cas, les équipements et dispositifs de protection individuelle doivent être considérés comme faisant partie intégrante d'un programme englobant une évaluation complète des risques, la sélection et l'adaptation correctes des équipements, la formation et l'éducation des utilisateurs, l'entretien et la réparation des équipements afin d'en assurer la fiabilité, une gestion globale et la participation des travailleurs au programme de protection.

### Les éléments d'un programme de protection individuelle

L'apparente simplicité de certains équipements de protection ne doit pas conduire à sous-estimer les efforts et les coûts qu'implique leur bonne utilisation. Si certains équipements sont relativement simples (par exemple, les gants et les chaussures de protection), d'autres matériels (tels que les appareils de protection respiratoire) peuvent être très complexes. La difficulté de réaliser une protection individuelle efficace est inhérente à toute méthode de réduction des risques fondée sur une modification du comportement humain plutôt que sur une protection intégrée au procédé à risque. Quel que soit le type d'équipement de protection individuelle étudié, il est un certain nombre d'éléments qui doivent figurer dans les programmes de protection individuelle.

### L'évaluation des risques

Pour que la protection individuelle puisse pallier avec efficacité un risque professionnel, il est essentiel de bien comprendre la nature de ce risque ainsi que son lien avec le milieu de travail dans son ensemble. Cela paraît être un truisme; or, l'apparente simplicité d'un grand nombre de dispositifs de protection peut inciter à négliger cette étape d'évaluation. Les conséquences d'une inadéquation des dispositifs et des équipements de protection aux risques et au milieu de travail en général vont de la réticence à porter un équipement mal adapté, voire d'un refus catégorique, à la baisse du rendement en passant par le risque de lésions ou d'accidents mortels. Afin de bien adapter la protection au risque, il est nécessaire de connaître la nature et l'importance (cumulée) des risques (chimiques, physiques et biologiques, notamment), la

durée pendant laquelle le matériel utilisé est censé assurer un certain degré de protection, ainsi que le type d'activité physique qui peut être exercé tout en utilisant ce matériel. Cette évaluation préliminaire des risques constitue une étape essentielle du diagnostic qui doit être menée à bien avant de choisir la protection adéquate.

### La sélection de l'équipement de protection

Le choix de l'équipement dépend de l'évaluation des risques et de la protection assurée et du degré d'exposition subsistant après la mise en place de l'équipement de protection individuelle. Outre ces facteurs liés aux résultats, diverses directives et normes permettent de sélectionner les équipements et, en particulier, les appareils de protection respiratoire. Les critères de sélection pour ce qui est de la protection respiratoire ont été définis dans des publications telles que le *Respirator Decision Logic* de l'Institut national de la sécurité et de la santé au travail (National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)) aux États-Unis (NIOSH, 1987). Les mêmes principes peuvent être appliqués au choix d'autres dispositifs et équipements de protection, en fonction de la nature et du degré du risque, du niveau de protection assuré et de la quantité ou concentration acceptable de l'agent nocif résiduel. Lors du choix des dispositifs et équipements de protection, il importe de bien comprendre qu'ils ne sauraient éliminer totalement les risques. Les fabricants de matériels de protection, tels que les appareils de protection respiratoire et les protecteurs de l'ouïe, fournissent des données sur l'efficacité de ces matériels et, particulièrement, sur les facteurs de protection et d'atténuation. En combinant trois données essentielles — à savoir la nature et la gravité du risque, le degré de protection offert et le niveau admissible d'exposition et de risque durant l'utilisation du matériel de protection — il est possible de sélectionner des équipements et des dispositifs offrant une protection satisfaisante.

### L'adaptation de l'équipement de protection

Tous les dispositifs de protection doivent être bien adaptés afin d'assurer un niveau de protection adéquat. Outre l'efficacité, la bonne adaptation constitue un facteur important pour l'acceptation d'un dispositif de protection et la motivation des utilisateurs. Il y a peu de chances qu'une protection qui ne répond pas aux besoins ou est inconfortable soit utilisée comme prévu. Dans le pire des cas, un équipement mal adapté (des vêtements et des gants, par exemple) peut même se révéler dangereux lors d'un travail effectué à proximité de machines. Les fabricants d'équipements et de dispositifs de protection proposent toute une gamme de tailles et de modèles pour leurs produits, et il importe que les travailleurs soient pourvus d'équipements de protection qui leur conviennent bien.

Dans le cas de la protection respiratoire, des critères particuliers d'adaptation sont définis dans les normes pertinentes telles que celles de l'Administration de la sécurité et de la santé au travail (Occupational Safety and Health Administration (OSHA)) aux États-Unis. Le principe d'une bonne adaptation est valable pour tous les types d'équipements et de dispositifs de protection, qu'ils soient ou non imposés par une norme.

### La formation et l'éducation

Étant donné que les dispositifs de protection supposent, de par leur nature même, une modification du comportement humain afin d'isoler le travailleur de son environnement de travail (et non pas l'isolement de la source de risque elle-même), les programmes de protection individuelle n'auront de succès que s'ils vont de pair avec une formation et une éducation approfondies des travailleurs. Un système qui limite l'exposition à la source (une ventilation par aspiration, par exemple) peut fonctionner avec efficacité sans impliquer directement le travailleur. La protection

individuelle, en revanche, exige l'entière participation et l'engagement total des utilisateurs et de la direction.

Les personnes chargées de l'organisation et de la mise en œuvre du programme de protection individuelle doivent être formées pour pouvoir sélectionner l'équipement adéquat, veiller à ce que cet équipement soit bien adapté, analyser les dangers que l'équipement en question est censé éviter et évaluer les conséquences d'un mauvais fonctionnement ou d'une défaillance éventuelle. Elles doivent également savoir comment réparer et entretenir ce matériel et déceler les détériorations et l'usure consécutives à leur emploi.

Les utilisateurs des équipements et dispositifs de protection doivent bien comprendre la nécessité de se protéger, les raisons pour lesquelles un équipement de protection est utilisé à la place (ou en plus) d'autres moyens de prévention et les avantages qu'ils pourront en tirer. Les conséquences d'une exposition sans protection devraient être clairement expliquées, ainsi que les différentes manières de contrôler le bon fonctionnement de l'équipement. Il est important de familiariser les utilisateurs avec les méthodes d'inspection, d'adaptation, d'utilisation et d'entretien de l'équipement de protection, et de bien les informer de ses limites, notamment en cas d'urgence.

### L'entretien et la réparation

Lors de l'élaboration d'un programme de protection individuelle, il est très important d'évaluer dans sa totalité et de façon précise le coût de l'entretien et de la réparation du matériel. L'efficacité des dispositifs de protection diminue progressivement lorsqu'ils sont normalement utilisés; ils peuvent également subir des dégradations ou des pannes très graves dans certaines situations extrêmes et critiques. Lorsqu'on analyse la rentabilité des équipements de protection individuelle comme moyen de prévention, il faut se rendre compte que le coût de la mise en œuvre d'un programme ne représente qu'une partie des dépenses totales occasionnées par la réalisation du programme sur une longue période. L'entretien, la réparation et le remplacement de l'équipement doivent être considérés comme des coûts fixes inhérents au programme, car ils sont essentiels pour assurer l'efficacité de la protection. Ces considérations devraient inspirer certaines décisions de base, telles que le choix entre les dispositifs jetables ou les dispositifs réutilisables et, dans ce dernier cas, la détermination de la durée d'utilisation raisonnable avant remplacement. Ces décisions peuvent être simples; par exemple, si des gants ou des appareils de protection respiratoire ne sont utilisés qu'une seule fois, mais souvent, il faut bien peser le pour et le contre de la réutilisation des vêtements ou des gants de protection qui ont été contaminés lors d'une utilisation précédente. Ce n'est qu'après mûre réflexion qu'il faut décider de jeter un dispositif de protection onéreux plutôt que de risquer d'exposer le personnel à cause d'une protection amoindrie ou d'un dispositif de protection lui-même contaminé. Les programmes d'entretien et de réparation des équipements doivent être conçus pour faciliter ce genre de décisions.

### Conclusion

Les équipements et dispositifs de protection jouent un rôle très important dans la politique de prévention. Ils peuvent être utilisés avec efficacité, à condition de respecter la place qui leur revient dans la hiérarchie des moyens de prévention. Leur utilisation doit aller de pair avec un programme de protection individuelle qui garantisse que ces équipements et dispositifs fonctionnent comme prévu dans les conditions réelles et que les utilisateurs peuvent s'en servir avec efficacité pendant leur travail.

## LA PROTECTION DES YEUX ET DU VISAGE

*Kikuzi Kimura*

La protection des yeux et du visage comprend les lunettes de sécurité, les lunettes-masques, les écrans faciaux et autres accessoires de ce type utilisés pour se protéger contre la projection de particules, les corps étrangers, les produits chimiques corrosifs, les fumées, les faisceaux laser et les rayonnements. Il faut fréquemment protéger la totalité du visage contre les risques d'irradiation ou les risques mécaniques, thermiques ou chimiques. Parfois, un écran facial peut convenir pour protéger les yeux, mais il est souvent nécessaire d'assurer une protection oculaire spéciale distincte ou complémentaire de la protection faciale.

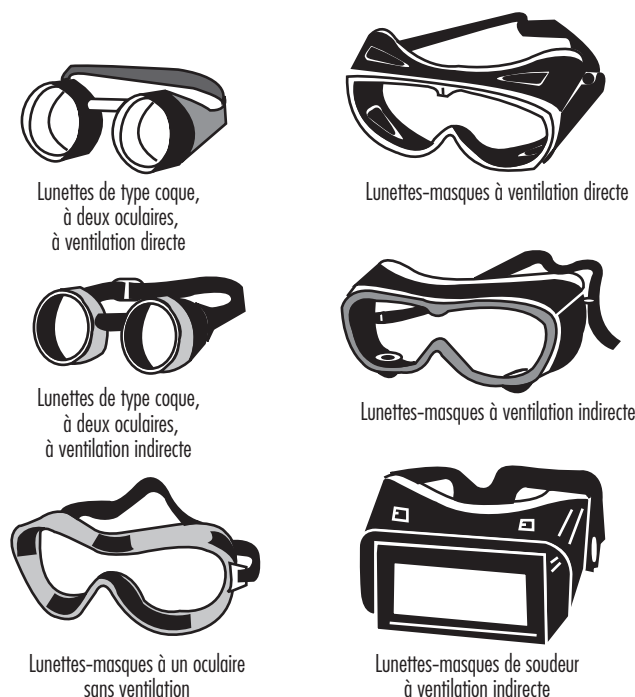
Les protecteurs des yeux et du visage sont indispensables dans de nombreuses activités professionnelles pour se prémunir contre les éclats, les fumées ou les substances corrosives sous forme solide, liquide ou gazeuse produites par des opérations de polissage, de meulage, de coupage, de décapage, de concassage, de galvanisation ou par divers procédés chimiques. Il faut aussi se protéger contre la lumière intense dégagée lors de l'utilisation de lasers, par exemple, et contre les rayonnements ultraviolets ou infrarouges lors des travaux de soudage ou à proximité de fours. Parmi les nombreuses protections des yeux et du visage dont on dispose, il existe toujours un modèle adapté à chaque risque. Pour certains risques graves, on préfère la protection faciale intégrale; on utilise, le cas échéant, des protecteurs ou des écrans faciaux du type cagoule ou casque. Pour une protection spécifiquement oculaire, on peut utiliser des lunettes à branches ou des lunettes-masques.

Le port de protecteurs des yeux et du visage soulève deux difficultés principales: 1) il s'agit d'offrir une protection efficace pendant de longues heures sans que le travailleur ressente trop de gêne; 2) les protecteurs oculaires et faciaux ne sont guère prisés en raison de leur champ de vision réduit. La vision périphérique est limitée par la monture latérale; le pont peut gêner la vision binoculaire et la buée constitue un inconvénient permanent. Il arrive que les travailleurs ne supportent pas les dispositifs protecteurs recouvrant le visage et les enlèvent, surtout dans les climats chauds ou durant le travail en ambiance chaude. Les travaux intermittents de courte durée sont également source de difficultés, car les travailleurs oublient parfois de se protéger ou sont réticents à le faire. Il faut toujours privilégier l'amélioration du milieu de travail par rapport à la protection individuelle. Avant d'utiliser

Figure 31.1 • Modèles courants de lunettes à branches avec ou sans coques latérales



Figure 31.2 • Modèles de lunettes-masques



des protecteurs des yeux et du visage, ou conjointement à leur utilisation, il faut songer à installer des systèmes de protection sur les machines et les outils (y compris des dispositifs de protection par verrouillage), à éliminer les fumées et les poussières par un système d'aspiration, à détecter les sources de chaleur et de rayonnements et les sources de particules projetées telles que les meules et les tours. Lorsqu'il est possible de protéger les yeux et le visage par des cloisons ou des écrans transparents de dimensions et de qualité appropriées, on préférera cette solution à la protection oculaire individuelle.

Il existe six catégories principales de protecteurs des yeux et du visage:

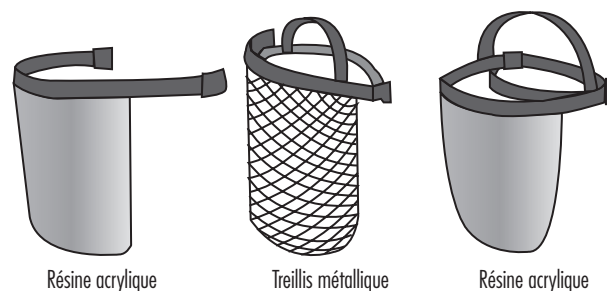
1. les lunettes à branches, avec ou sans coques latérales (voir figure 31.1);
2. les lunettes-masques (voir figure 31.2);
3. les écrans faciaux, couvrant les orbites et la partie centrale du visage (voir figure 31.3);
4. les écrans faciaux avec protecteur frontal (voir figure 31.4);
5. les écrans tenus à la main (voir figure 31.4);
6. les cagoules, y compris les casques de plongée recouvrant la totalité de la tête.

Certaines lunettes protectrices peuvent être portées par-dessus des verres correcteurs, mais il est souvent préférable que les verres trempés de ces lunettes soient adaptés suivant les directives d'un oculiste.

### La protection contre des risques spéciaux

**Lésions traumatiques et chimiques.** On emploie des écrans faciaux ou des protecteurs oculaires contre les projections de débris, les fumées, les poussières et les risques chimiques. Les modèles courants comprennent les lunettes à branches (comportant souvent des coques latérales), les lunettes-masques en plastique et les écrans faciaux. Les écrans faciaux avec protecteur frontal sont préconisés lorsque les risques d'accident peuvent venir de plusieurs direc-

Figure 31.3 • Modèles d'écrans faciaux pour le travail en ambiance chaude



tions. Les cagoules et les casques de plongée sont utilisés dans les travaux de sablage et de grenailage. On peut employer des pièces en plastique de divers types, du verre trempé ou des écrans en treillis comme protection contre certains corps étrangers. Des lunettes-masques à oculaires en plastique ou en verre ou des écrans oculaires en plastique, ainsi que des protecteurs du type casque de plongée ou des écrans faciaux en plastique sont utilisés comme protection contre les produits chimiques.

Les matériaux dont on se sert habituellement comprennent les polycarbonates, les résines acryliques et les plastiques renforcés. Les polycarbonates sont efficaces contre les chocs, mais non contre les produits corrosifs. Les résines acryliques sont moins efficaces contre les chocs, mais protègent bien des dangers chimiques. Quant aux plastiques renforcés, ils présentent l'avantage de comprendre un revêtement antibuée qui prévient également les effets électrostatiques. Il est donc possible d'utiliser des protecteurs en matière plastique de ce type non seulement pour les travaux manuels légers ou la manipulation de produits chimiques, mais aussi pour le travail dans des locaux stériles.

**Rayonnement thermique.** Les écrans faciaux ou protecteurs oculaires contre les rayons infrarouges sont principalement employés à

Figure 31.4 • Modèles de masques de soudage

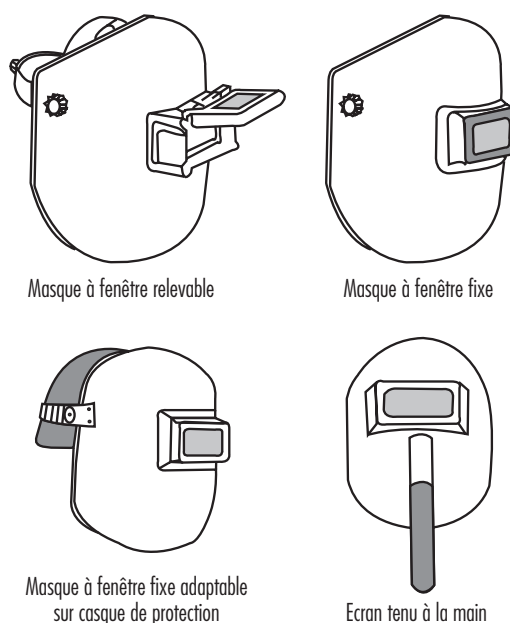


Tableau 31.1 • Spécifications de transmission (ISO 4850-1979)

Numéro d'échelon	Transmission maximale dans l'ultraviolet		Transmission dans le visible		Valeur moyenne maximale du facteur de la transmission infrarouge	
	$\tau$ ( $\lambda$ )		$\tau_v$		$\tau_{NIR}$	$\tau_{MIR}$
	313 nm %	365 nm %	maximum %	minimum %	IR proche (NIR) 1 300 à 780 nm %	IR moyen (MIR) 2 000 à 1 300 nm %
1,2	0,0003	50	100	74,4	37	37
1,4	0,0003	35	74,4	58,1	33	33
1,7	0,0003	22	58,1	43,2	26	26
2,0	0,0003	14	43,2	29,1	21	13
2,5	0,0003	6,4	29,1	17,8	15	9,6
3	0,0003	2,8	17,8	8,5	12	8,5
4	0,0003	0,95	8,5	3,2	6,4	5,4
5	0,0003	0,30	3,2	1,2	3,2	3,2
6	0,0003	0,10	1,2	0,44	1,7	1,9
7	0,0003	0,037	0,44	0,16	0,81	1,2
8	0,0003	0,013	0,16	0,061	0,43	0,68
9	0,0003	0,0045	0,061	0,023	0,20	0,39
10	0,0003	0,0016	0,023	0,0085	0,10	0,25
11	valeur inférieure ou égale au facteur de transmission	0,00060	0,0085	0,0032	0,050	0,15
12	admis pour 365 nm	0,00020	0,0032	0,0012	0,027	0,096
13		0,000076	0,0012	0,00044	0,014	0,060
14		0,000027	0,00044	0,00016	0,007	0,04
15		0,0000094	0,00016	0,000061	0,003	0,02
16		0,0000034	0,000061	0,000029	0,003	0,02

Les tableaux 31.1-31.6 sont tirés de la norme ISO 4850-1979 et sont reproduits avec l'autorisation de l'Organisation internationale de normalisation (ISO). Ces normes peuvent être obtenues auprès de tous les membres de l'ISO ou auprès du Secrétariat central de l'ISO, case postale 56, 1211 Genève 20, Suisse. Les droits d'auteur demeurent la propriété de l'ISO.

proximité des fours et dans les autres travaux en ambiance chaude qui entraînent une exposition à des sources de rayonnement à hautes températures. En principe, il faut également se protéger contre les étincelles et les projections d'objets surchauffés. La plupart du temps, on fait appel à des protecteurs du visage du type casque ou écran facial. Divers matériaux sont employés, y compris les treillis métalliques, des plaques d'aluminium ou de

métal perforées, des écrans en plastique recouvert d'aluminium ou des écrans en plastique doublé d'une couche d'or. Un écran facial à treillis métallique peut réduire le rayonnement thermique de 30 à 50%. Les écrans en plastique recouvert d'aluminium offrent une bonne protection contre la chaleur radiante. Quelques exemples d'écrans faciaux contre le rayonnement thermique sont donnés à la figure 31.3.

*Soudage.* Des lunettes, casques ou écrans offrant une protection oculaire maximale pour tous les travaux de soudage et de coupe devraient être portés par les opérateurs, soudeurs et aides-

Tableau 31.2 • Numéros d'échelon<sup>1</sup> recommandés pour le soudage aux gaz et le soudobrasage

Travail à effectuer	l = débit d'acétylène en litres par heure			
	l ≤ 70	70 < l ≤ 200	200 < l ≤ 800	l > 800
Soudage et soudobrasage des métaux lourds	4	5	6	7
Soudage avec flux émissifs (alliages légers, notamment)	4a	5a	6a	7a

<sup>1</sup> Selon les conditions d'utilisation, l'échelon immédiatement supérieur ou immédiatement inférieur peut être utilisé.

Source: ISO, 1979.

Tableau 31.3 • Numéros d'échelon<sup>1</sup> recommandés pour l'oxycoupage

Travail à effectuer	Débit d'oxygène en litres par heure		
	900 à 2 000	2 000 à 4 000	4 000 à 8 000
Oxycoupage	5	6	7

<sup>1</sup> Selon les conditions d'utilisation, l'échelon immédiatement supérieur ou immédiatement inférieur peut être utilisé.

Note: 900 à 2 000 et 2 000 à 8 000 litres d'oxygène par heure correspondent sensiblement à l'emploi d'orifices de coupe de 1,5 et 2 mm de diamètre, respectivement.

Source: ISO, 1979.

Tableau 31.4 • Numéros d'échelon<sup>1</sup> de protection recommandés pour le coupage thermique au jet de plasma

Travail à effectuer	I = Intensité du courant en ampères		
	I ≤ 150	150 < I ≤ 250	250 < I ≤ 400
Thermocoupage	11	12	13

<sup>1</sup> Selon les conditions d'utilisation, l'échelon immédiatement supérieur ou immédiatement inférieur peut être utilisé.  
Source: ISO, 1979.

soudeurs. Une protection efficace est nécessaire non seulement contre la lumière intense et le rayonnement, mais aussi contre les chocs au visage, à la tête et au cou. Les protecteurs en plastique renforcé aux fibres de verre ou en nylon sont efficaces, mais assez onéreux. On utilise habituellement les fibres vulcanisées comme matériau de protection. Ainsi que le montre la figure 31.4, les

protecteurs de type masque et les écrans tenus à la main sont employés pour protéger simultanément les yeux et le visage. Les critères d'utilisation de verres filtrants adaptés aux travaux de soudage et de coupage sont exposés ci-après.

*Bandes à large spectre.* Les procédés de soudage et de coupage, ainsi que les fours émettent, dans les bandes ultraviolettes, visibles et infrarouges du spectre, des rayonnements qui peuvent avoir des effets nocifs sur les yeux. On peut se protéger en portant des lunettes à branches ou des lunettes-masques (voir figures 31.1 et 31.2), ou des protecteurs pour le soudage (voir figure 31.4). Dans les travaux de soudage, on se sert généralement d'un masque ou d'un écran tenu à la main, combiné parfois avec des lunettes à branches ou des lunettes-masques. Il est important que l'aide-soudeur soit également protégé.

La transmission et les tolérances de transmission pour diverses teintes de verres filtrants et plaques filtrantes de protection oculaire contre les rayonnements lumineux de forte intensité sont indiquées au tableau 31.1. Des directives pour la sélection de verres filtrants correspondant à un niveau de protection donné sont présentées aux tableaux 31.2 à 31.6.

Tableau 31.5 • Numéros d'échelon<sup>1</sup> recommandés pour le soudage ou le gougeage à l'arc électrique

Utilisation	I = Intensité du courant en ampères																							
	10	15	20	30	40	60	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500				
Electrodes enrobées (soudage à l'arc sous protection gazeuse)				9		10				11					12					13				14
MIG sur métaux lourds <sup>2</sup>								10		11					12						13			14
MIG sur alliages légers								10		11		12			13						14			15
TIG sur tous métaux et alliages	5	9		10		11				12			13			14								
MAG	5					10		11		12				13						14				15
Gougeage arc-air	5									10		11		12		13				14				15

<sup>1</sup> Selon les conditions d'utilisation, l'échelon immédiatement supérieur ou immédiatement inférieur peut être utilisé.

<sup>2</sup> L'expression «métaux lourds» couvre les aciers, les aciers alliés, le cuivre et ses alliages, etc.

Note: les zones hachurées correspondent aux domaines où les procédés de soudage ne sont pas utilisés habituellement dans la pratique actuelle du soudage manuel.

Source: ISO, 1979.

Tableau 31.6 • Numéros d'échelon<sup>1</sup> recommandés pour le soudage au jet de plasma à arc direct

Utilisation	I = Intensité du courant en ampères						
	0,5	1	2,5	5	9	15	30
Soudage au jet de plasma confiné à un arc direct (microplasma transféré)	5	5	6	7	8	9	10

<sup>1</sup> Selon les conditions d'utilisation, l'échelon immédiatement supérieur ou immédiatement inférieur peut être utilisé.

Note: les zones hachurées correspondent aux domaines où les procédés de soudage ne sont pas utilisés habituellement dans la pratique actuelle du soudage manuel.

Source: ISO, 1979.



Récemment, des plaques filtrantes faites de surfaces de cristal soudées, dont la teinte fonce sitôt que l'arc apparaît, ont été mises au point. Cette modification pratiquement instantanée de la teinte peut ne prendre que 0,1 milliseconde. La bonne visibilité offerte par ces plaques en dehors des opérations de soudage peut encourager leur utilisation.

*Faisceaux laser.* Il n'existe aucun type de filtre offrant une protection contre toutes les longueurs d'onde laser. Or, la longueur d'onde des lasers varie selon leur type. Il y a des lasers qui produisent des rayons de diverses longueurs d'onde et d'autres dont les rayons changent de longueur d'onde en passant à travers un système optique. En conséquence, les entreprises qui utilisent des lasers ne devraient pas compter sur les seuls dispositifs de protection des lasers pour prévenir les lésions oculaires. En fait, les utilisateurs de lasers ont souvent besoin d'une protection oculaire. Ils peuvent choisir entre différents types de lunettes, comme ceux illustrés par les figures 31.1 et 31.2. Chaque type de lunettes permet une atténuation maximale pour une longueur d'onde laser spécifique. Le degré de protection diminue rapidement pour les autres longueurs d'ondes. Il est essentiel de choisir des protecteurs oculaires qui correspondent bien au type de laser utilisé, à sa longueur d'onde et à sa densité optique. Le rôle de la protection oculaire est de protéger contre les reflets et la diffusion de la lumière, et il faut prendre les plus grandes précautions pour prévoir et éviter l'exposition aux rayonnements nocifs.

Lorsqu'on propose à des travailleurs des protecteurs des yeux et du visage, il faut veiller à en améliorer le confort et l'efficacité. Leur adaptation et leur réglage doivent être confiés à un personnel formé à cet effet. Chaque travailleur devrait être le seul utilisateur de son appareil de protection, mais le nettoyage et l'élimination de la buée peuvent être effectués en commun dans les grandes entreprises. Le confort revêt une importance particulière dans le cas des protecteurs de type casque et cagoule, car ils peuvent s'échauffer au point de ne plus être supportables. Pour pallier cet inconvénient, on peut prévoir une adduction d'air frais. Si la nature des risques le permet, il est préférable, pour des raisons psychologiques, de laisser les opérateurs choisir eux-mêmes entre les différents types de dispositifs de protection.

Ceux-ci devraient faire l'objet de vérifications régulières afin de s'assurer qu'ils sont en bon état et qu'ils offrent une protection satisfaisante à tout moment, même lorsqu'ils sont utilisés avec des verres correcteurs.

## ● LA PROTECTION DES PIEDS ET DES JAMBES

*Toyohiko Miura*

Les lésions aux pieds et aux jambes frappent les travailleurs de nombreuses branches d'activité. Les chutes d'objets pesants peuvent atteindre les pieds, notamment les orteils, à n'importe quel poste de travail, mais plus particulièrement dans les industries lourdes comme l'industrie minière, la métallurgie, la construction mécanique, le génie civil ou le bâtiment. Les brûlures des membres inférieurs par du métal en fusion, des étincelles ou des produits chimiques corrosifs sont fréquentes dans la sidérurgie, les fonderies, les usines de produits chimiques, etc. Des dermatoses et des eczémas peuvent être causés par des acides, des alcalis et d'autres substances. Les travailleurs peuvent également heurter du pied certains objets ou marcher sur des objets tranchants faisant saillie, notamment dans l'industrie de la construction.

Grâce aux améliorations apportées au milieu de travail, les lésions des pieds par perforation ou laceration causées par les clous qui dépassent du sol ou par d'autres objets pointus sont

Figure 31.5 • Chaussures de protection



devenues plus rares, mais les accidents dus au travail sur des surfaces humides ou mouillées demeurent courants, surtout lorsque le travailleur est mal chaussé.

### Les types de protection

Le type de protection des membres inférieurs dépendra des risques rencontrés. Dans certaines industries légères, on pourra se contenter de chaussures ordinaires de bonne qualité. Il faut combattre la tendance, assez répandue parmi le personnel féminin, de porter au travail des chaussures confortables (vieilles pantoufles, sandales, etc.) ou des talons trop hauts ou éculés qui peuvent provoquer des accidents.

Si des sabots ou des chaussures de protection suffisent dans bien des cas, des bottes ou des bottillons sont parfois indispensables (voir figures 31.5, 31.6 et 31.7). La hauteur de la tige (couvrant la cheville, le mollet ou la cuisse) dépend du risque, mais on doit aussi tenir compte des exigences de confort et de mobilité. C'est pourquoi des chaussures et des guêtres seront, parfois, préférables à des bottes. Les chaussures et les bottes de protection peuvent être en cuir, en caoutchouc, en caoutchouc synthétique ou en matière plastique; elles peuvent être cousues, vulcanisées ou moulées. Les orteils, très vulnérables, doivent être protégés par un embout en acier, si nécessaire. Pour ne pas nuire au confort, cet embout doit être assez fin et léger; c'est en général une coquille d'acier au carbone. De tels embouts peuvent être adaptés à de nombreux types de bottes et de chaussures. Dans certaines professions où les chutes d'objets sont fréquentes, on pourra munir les chaussures de sécurité d'une cambure métallique protégeant le cou-de-pied.

Lorsque le sol risque d'être humide et glissant, on a recours à des semelles à reliefs antidérapants en caoutchouc ou en matière synthétique; le choix du matériau de la semelle importe plus que le dessin des empreintes; son coefficient de frottement doit être élevé. Des semelles renforcées, résistantes à la perforation, sont nécessaires, notamment sur les chantiers de construction; on peut obtenir le même résultat en plaçant des semelles métalliques à l'intérieur des chaussures.

Lorsqu'il existe un danger d'électrocution, les chaussures devraient être soit entièrement cousues ou collées, soit directement vulcanisées de façon à éviter l'emploi de clous ou de tout autre

Figure 31.6 • Bottes de protection contre la chaleur



matériau conducteur d'électricité. S'il y a un risque de formation d'électricité statique, la chaussure sera munie d'une semelle conductrice en caoutchouc.

Les chaussures à double usage sont devenues courantes: il s'agit de chaussures ou de bottes ayant à la fois des propriétés antistatiques et la capacité de protéger l'utilisateur d'un choc électrique s'il entre en contact avec une source d'électricité basse tension. Dans ce cas, la résistance électrique entre la semelle intérieure et la semelle extérieure doit être contrôlée afin que la protection soit effective pour une certaine plage de tensions.

Par le passé, on se souciait uniquement de la sécurité et de la résistance à l'usure. De nos jours, on tient également compte du confort du travailleur, de la légèreté et même de l'esthétique; les baskets de sécurité en sont un exemple. Le modèle et la couleur de la chaussure peuvent même jouer un rôle dans son utilisation: elle est considérée alors comme un emblème de l'entreprise.

Les bottes en caoutchouc synthétique offrent une bonne protection contre les produits chimiques: le matériau ne devrait pas accuser une chute de résistance à la traction ou un allongement de plus de 10% après immersion pendant quarante-huit heures dans une solution d'acide chlorhydrique à 20% à la température ambiante.

En présence d'un risque de brûlure par des métaux en fusion ou des produits chimiques, il importe que les chaussures ou les bottes n'aient pas de languette et que les attaches puissent être facilement défaits; pour cette raison, les attaches devraient être ramenées sur le haut de la chaussure et non glissées à l'intérieur.

Pour protéger contre les risques de brûlure, on peut utiliser des protège-tibias, des guêtres ou des jambières en caoutchouc ou en métal assurant la protection de la jambe au-dessus de la chaussure. Des genouillères peuvent être nécessaires, notamment lorsque le travailleur doit se mettre à genoux, par exemple pour effectuer certains moulages en fonderie. Près des sources de chaleur intense, on portera des chaussures, des bottes ou des jambières aluminisées.

Figure 31.7 • Baskets de sécurité



### L'utilisation et l'entretien

Toutes les chaussures de protection devraient être tenues propres et sèches; on devrait les remplacer dès que le besoin s'en fait sentir. Si les mêmes bottes en caoutchouc sont portées par plusieurs personnes, on devrait les faire désinfecter à chaque changement afin de prévenir la propagation des infections. Le port de bottes ou de chaussures trop serrées ou trop lourdes peut provoquer des mycoses.

L'emploi plus ou moins répandu des chaussures de protection dépendra de la manière dont elles auront été acceptées; on l'a bien compris de nos jours, où l'on accorde de plus en plus d'importance à l'esthétique. Le confort demeure impératif; les chaussures devraient être aussi légères que possible, compte tenu du but recherché: celles pesant plus de 2 kg par paire devraient être écartées.

Dans bien des cas, les employeurs sont légalement tenus de fournir ce type de protection aux travailleurs. Lorsque les employeurs sont animés par un esprit de progrès et ne se contentent pas de satisfaire à leurs obligations légales, les fabricants d'articles de sécurité trouvent souvent très pratique de passer un accord avec eux pour ouvrir un point de vente sur le lieu de travail. Il sera sans doute plus commode pour les travailleurs d'acheter et d'utiliser des équipements de protection de meilleure qualité si ceux-ci leur sont offerts au prix de gros ou si des facilités de paiement leur sont consenties. On pourra ainsi contrôler plus aisément le type des équipements qui sont achetés et employés. Relevons cependant que, aux termes de nombreuses conventions et de maints règlements, la fourniture de vêtements et d'équipements de protection individuelle incombe à l'employeur.

## LA PROTECTION DE LA TÊTE

*Isabelle Balty et Alain Mayer*

### Les lésions de la tête

Ces lésions sont assez courantes dans l'industrie; elles représentent de 3 à 6% de l'ensemble des blessures d'origine professionnelle dans les pays industriels. Elles sont souvent graves et se traduisent



par des arrêts de travail de trois semaines en moyenne. Les lésions sont généralement dues à des chocs causés par des objets anguleux tels que des outils ou des boulons tombant d'une hauteur de plusieurs mètres; il arrive aussi que les travailleurs se cognent la tête en tombant ou qu'ils heurtent un obstacle.

On distingue plusieurs types de lésions:

- perforation du crâne due à l'impact d'une force considérable sur une très petite surface, par exemple en cas de contact direct avec un objet pointu ou tranchant;
- fracture du crâne ou des vertèbres cervicales survenant lorsqu'une force considérable est exercée sur une surface plus importante, poussant le crâne au-delà de sa limite d'élasticité ou comprimant la région cervicale de la colonne vertébrale;
- lésions cérébrales sans fracture du crâne dues à un déplacement brusque du cerveau à l'intérieur du crâne pouvant provoquer une contusion, une commotion, une hémorragie cérébrale ou des troubles circulatoires.

Bien qu'ils soient d'une importance fondamentale, les paramètres qui interviennent dans ces divers types de lésions sont malaisés à comprendre et ont donné lieu à de vives controverses. Certains spécialistes considèrent que la force exercée constitue le facteur principal; d'autres affirment que c'est une question d'énergie cinétique ou de quantité de mouvement; d'autres encore voient un lien entre la lésion cérébrale et l'accélération, le taux d'accélération ou un indice de choc spécifique comme HIC (lésions de la tête), GSI (indice de gravité GADD) ou WSTC. Dans la plupart des cas, il est probable que tous ces facteurs jouent un rôle. On peut en conclure que notre connaissance des mécanismes des chocs à la tête est encore fort incomplète et sujette à caution. La tolérance aux chocs à la tête est déterminée par des expériences réalisées sur des cadavres ou des animaux, et il n'est pas facile d'extrapoler les résultats à des sujets humains vivants.

D'après les résultats des analyses d'accidents survenus dans l'industrie de la construction, il semble que les lésions à la tête dues à des chocs se produisent lorsque la quantité d'énergie mise en œuvre dépasse 100 J environ.

Les autres types de lésions sont moins fréquents, mais ne devraient pas pour autant être négligés: ils comprennent les brûlures causées par la projection de liquides chauds ou corrosifs ou de matières en fusion, ou les chocs électriques dus à un contact accidentel de la tête avec des pièces conductrices dénudées.

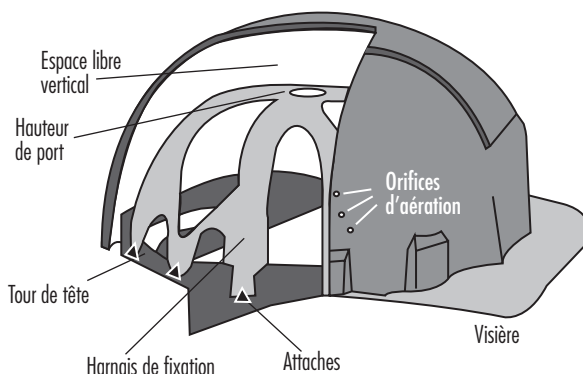
### Les casques de protection

La fonction principale d'un tel casque est de protéger la tête contre les chocs mécaniques. Il peut en outre offrir une protection contre d'autres risques, thermiques et électriques, par exemple.

Pour atténuer les effets des chocs à la tête, un casque de protection devrait répondre aux critères suivants.

1. Il devrait limiter la pression exercée sur le crâne en répartissant la charge sur la plus grande surface possible. Pour ce faire, il convient d'équiper le casque d'un harnais suffisamment grand pour s'adapter à diverses formes de crânes, ainsi que d'une calotte dure assez solide pour empêcher que la tête n'entre directement en contact avec des objets tombant accidentellement et pour la protéger en cas de collision avec une surface dure (voir figure 31.8). La coque devrait donc résister à la déformation et à la perforation.
2. Grâce à sa forme arrondie et lisse, il devrait permettre de dévier la trajectoire des objets qui tombent. Un casque comportant des nervures en relief a tendance à stopper les objets qui tombent et non à les détourner; il absorbera donc un peu plus d'énergie cinétique qu'un casque lisse.
3. Il devrait dissiper et disperser l'énergie transmise, de telle façon que celle-ci ne soit pas entièrement transmise à la tête et

Figure 31.8 • Éléments constitutifs d'un casque de protection



au cou. Le harnais, qui doit être solidement fixé à la calotte afin de pouvoir absorber un choc sans se détacher, répond à cette exigence. Il devrait également être assez souple pour pouvoir supporter une déformation lors d'un impact sans entrer en contact avec la surface intérieure de la calotte. Cette déformation, qui absorbe la plus grande partie de l'énergie d'un choc, est limitée par la distance minimale qui sépare la calotte du crâne et par l'élongation maximale du harnais avant qu'il ne cède. La rigidité du harnais, on le voit, résulte d'un compromis entre la quantité maximale d'énergie qu'il est supposé absorber et la vitesse acceptable de transmission du choc à la tête.

D'autres critères peuvent naturellement s'appliquer aux casques destinés à des tâches particulières: protection contre les projections de métal en fusion dans la métallurgie, protection contre les chocs électriques par contact direct, etc.

Les matériaux utilisés pour la fabrication des casques et des harnais devraient conserver leurs qualités protectrices pendant longtemps et dans toutes les conditions climatiques prévisibles (y compris l'exposition au soleil, à la pluie, à la chaleur, aux températures inférieures à 0 °C, etc.). Les casques devraient également présenter une bonne résistance aux flammes et ne pas se briser s'ils tombent d'une hauteur de quelques mètres sur une surface dure.

### Les essais de résistance

La norme internationale ISO 3873-1977 (ISO, 1977) a été publiée à la suite des travaux d'un sous-comité spécialement chargé des casques de sécurité pour l'industrie. Approuvée par la quasi-totalité des membres de l'ISO, elle énonce les principales caractéristiques des casques de sécurité et indique les méthodes d'essais correspondantes. On peut décomposer ces essais en deux groupes (voir tableau 31.7).

1. *Essais obligatoires*, qui s'appliquent à tous les types de casques, quel que soit l'usage prévu: capacité d'absorption des chocs, résistance à la perforation et résistance à la flamme.
2. *Essais facultatifs*, qui s'appliquent aux casques de sécurité conçus pour certaines catégories d'utilisateurs: résistance diélectrique, résistance à la déformation latérale et résistance aux basses températures.

La résistance au vieillissement des matières plastiques utilisées dans la fabrication des casques n'est pas précisée dans la norme ISO 3873-1977. Cette spécification devrait être obligatoire pour les casques en plastique. Un essai simple consiste à exposer le

casque à une lampe au xénon haute pression de 450 W à enveloppe de quartz durant 400 heures à une distance de 15 cm, puis à vérifier que le casque passe ensuite avec succès le test de pénétration.

Il est recommandé en outre de soumettre les casques destinés à être utilisés dans la métallurgie à un essai de résistance aux projections de métal en fusion. On peut le faire facilement en versant 300 g de métal en fusion à 1 300 °C sur le sommet du casque et en vérifiant qu'aucune parcelle de métal n'a pénétré à l'intérieur.

La norme européenne EN 397-1995 (CEN, 1995) précise les exigences à satisfaire concernant ces deux conditions importantes, ainsi que les méthodes d'essais correspondantes.

### Le choix d'un casque de sécurité

Le casque idéal, qui offrirait à la fois protection et confort parfaits dans toutes les situations, n'a pas encore été inventé. En effet, protection et confort sont souvent deux exigences contradictoires. En ce qui concerne la protection, il est essentiel, lors du choix du casque, de prendre en considération les risques éventuels, ainsi que les conditions d'utilisation, en accordant une attention particulière aux caractéristiques des produits disponibles sur le marché.

### Considérations générales

Il est conseillé de choisir des casques répondant aux recommandations de la norme ISO 3873-1977 (ou d'une norme nationale équivalente). La norme européenne EN 397-1995 est utilisée comme référence pour la certification des casques en vertu de la directive 89/686 de la Communauté économique européenne (CEE, 1989): les équipements soumis à certification, particulièrement pour presque tous les équipements de protection individuelle, doivent être obligatoirement certifiés par une instance indépendante avant d'être mis sur le marché européen. Dans tous les cas, les casques devraient répondre aux critères suivants:

1. Un bon casque de sécurité d'usage général devrait comporter une calotte solide capable de résister à la déformation ou à la perforation (dans le cas des matières plastiques, la paroi de la coque devrait avoir au minimum 2 mm d'épaisseur), un harnais fixé de façon à ménager en permanence un espace libre vertical d'au moins 40 à 50 mm, et un tour de tête réglable fixé à la coiffe et permettant d'assujettir le casque par réglage (voir figure 31.8).
2. Les casques offrant la meilleure protection contre la perforation sont en matière thermoplastique (polycarbonates, résines ABS — copolymères d'acrylonitrile, butadiène et styrène — polyéthylène et polycarbonate renforcé à la fibre de verre) et sont équipés d'un harnais solide. Les casques en alliages de métaux légers résistent mal à la perforation par des objets pointus ou tranchants.
3. Les casques présentant des parties saillantes à l'intérieur de la calotte ne devraient pas être utilisés, car ils peuvent provoquer de graves accidents en cas de choc latéral; ils devraient être rembourrés sur le côté avec un matériau qui ne puisse ni s'enflammer, ni fondre sous l'effet de la chaleur. Un rembourrage en mousse assez rigide et résistant à la flamme, d'une épaisseur de 10 à 15 mm et d'une largeur minimale de 4 cm, devrait satisfaire à ces exigences.
4. Les casques en polyéthylène, polypropylène ou résines ABS ont tendance à perdre une partie de leur résistance mécanique sous l'effet de la chaleur, du froid ou d'une forte exposition à la lumière du soleil ou aux rayonnements ultraviolets (UV). Si des casques de ce type sont utilisés régulièrement à l'air libre ou à proximité d'une source d'UV, comme les postes de soudage, ils devraient être remplacés au moins tous les trois ans. Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser des

casques en polycarbonate, en polyester ou en polycarbonate renforcé à la fibre de verre, car ils résistent mieux au vieillissement. Il faut absolument se défaire des casques défectueux dès l'apparition d'une décoloration, de fissures, d'une détérioration des fibres ou d'un bruit de craquement à la torsion.

5. Tout casque ayant subi un choc important devrait être mis au rebut, même en l'absence de dommage apparent.

### Considérations particulières

Les casques en alliages légers ou ceux qui ont un bord latéral ne devraient pas être utilisés là où il existe un risque de projection de métal en fusion. Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser des casques en polyester armé de fibre de verre, en textile phénolique, en polycarbonate renforcé à la fibre de verre, ou en polycarbonate, par exemple.

S'il y a un risque de contact avec des conducteurs dénudés, il faut utiliser uniquement des casques en matière thermoplastique sans orifices d'aération; aucune pièce métallique (rivets, par exemple) ne devrait apparaître à l'extérieur de la calotte.

Les casques destinés aux personnes qui travaillent en hauteur, notamment les monteurs de charpentes métalliques, devraient avoir une jugulaire d'une largeur d'environ 20 mm permettant de maintenir le casque en place en toutes circonstances.

L'utilisation de casques constitués principalement de polyéthylène n'est pas recommandée en atmosphère à haute température. Dans ce cas, les casques en polycarbonate, en polycarbonate renforcé à la fibre de verre, en textile phénolique ou en polyester armé de fibre de verre conviennent mieux. Le harnais devrait être en tissu. S'il n'y a aucun risque de contact avec des conducteurs électriques exposés, il est possible d'utiliser des casques munis d'orifices d'aération.

En cas de risque d'écrasement, il faut porter des casques en polyester ou en polycarbonate renforcé à la fibre de verre, avec un bord d'au moins 15 mm.

### Le confort

En plus de la sécurité, il faut également se préoccuper du confort de l'utilisateur.

Un casque devrait être aussi léger que possible et ne jamais peser plus de 400 g. Le harnais devrait être flexible et perméable aux substances liquides et ne devrait en aucun cas irriter ou blesser l'utilisateur; c'est la raison pour laquelle on devrait préférer les harnais en tissu à ceux en polyéthylène. Un tour de tête en cuir devrait aussi être prévu non seulement pour absorber la transpiration, mais encore pour réduire l'irritation de la peau; pour des raisons d'hygiène, il convient de le remplacer à plusieurs reprises pendant la durée de vie du casque. Afin d'assurer un meilleur confort thermique, la calotte devrait être de couleur claire et comporter des orifices d'aération d'une surface comprise entre 150 et 450 mm<sup>2</sup>. Il est nécessaire de bien ajuster la fixation du casque de façon à assurer sa bonne tenue et à empêcher qu'il ne glisse et ne réduise le champ de vision. On trouve sur le marché différentes formes de casques, la plus courante étant du type «casquette» avec une visière et un bord. Pour le travail dans les carrières et sur les chantiers de démolition, la forme «chapeau», avec un bord plus large, offre une meilleure protection. Le casque sans visière ni bord convient particulièrement aux personnes qui travaillent en hauteur, car ce modèle évite tout risque de perte d'équilibre provoquée par des heurts entre la visière ou le bord du casque et les poutrelles au milieu desquelles le travailleur doit évoluer.

### Les accessoires et autres équipements de protection de la tête

Les casques peuvent être équipés d'écrans oculaires ou faciaux en matière plastique ou en treillis métallique, ou de filtres optiques,

Tableau 31.7 • Casques de sécurité: spécifications de test de la norme ISO 3873-1977

Caractéristiques	Description de l'essai	Critères
<b>Essais obligatoires</b>		
Absorption des chocs	Laisser tomber une masse sphérique de 5 kg d'une hauteur de 1 m et mesurer la force transmise à travers le casque à une fausse tête fixe (mannequin). Refaire le test aux températures de $-10\text{ °C}$ et de $+50\text{ °C}$ et en atmosphère humide.	La force maximale transmise à la fausse tête ne doit pas dépasser 500 daN.
Résistance à la pénétration	Frapper le sommet du casque avec un percuteur de 3 kg ayant une pointe de 0,5 mm de rayon sous un angle incident de $60\text{ °C}$ . Sélectionner pour ce test les conditions donnant les plus mauvais résultats lors des essais d'absorption des chocs.	La pointe du percuteur ne doit pas toucher la fausse tête (mannequin).
Résistance à la flamme	Exposer le casque pendant 10 s à la flamme d'un bec Bunsen d'un diamètre de 10 mm et brûlant du propane.	La calotte extérieure ne doit pas continuer à brûler plus de 5 s après retrait de la flamme.
<b>Essais facultatifs</b>		
Isolement électrique	Remplir le casque d'une solution de NaCl et l'immerger dans un bain de cette même solution. Mesurer la fuite électrique sous une tension de 1 200 V, 50-60 Hz.	Le courant de fuite ne doit pas dépasser 1,2 mA.
Rigidité latérale	Placer le casque transversalement entre deux plateaux parallèles guidés puis le comprimer sous une pression portée graduellement à 430 N durant 30 s.	La déformation latérale maximale du casque ne doit pas dépasser 40 mm, et la déformation résiduelle 15 mm.
Essai aux basses températures	Faire subir au casque des essais de choc et de pénétration à une température de $-20\text{ °C}$ .	Le casque doit satisfaire aux exigences précédentes concernant ces deux essais.

Source: ISO, 1977.

de coquilles antibruit, de jugulaires, de mentonnières et de sangles pour la nuque afin de garder le casque bien en place, de protections en laine pour le cou ou de cagoules coupe-vent et coupe-froid (voir figure 31.9). Pour le travail dans les mines et les carrières souterraines, on peut ajouter des montures pour la lampe frontale et le porte-câble.

D'autres équipements de protection de la tête ont été conçus pour protéger contre la saleté et les poussières, les égratignures et les bosses. Parfois appelés «casques antiheurts», ils sont faits de plastique léger ou de toile de lin. Les personnes travaillant à proximité de machines-outils (perceuses, tours à métaux, bobineuses, etc.), dans lesquelles les cheveux risquent de se prendre, peuvent porter un bonnet en lin avec filet, une résille à visière ou même une écharpe ou un turban, pourvu que ceux-ci n'aient pas d'extrémités flottantes.

### L'hygiène et l'entretien

Tous les équipements de protection de la tête devraient être nettoyés et vérifiés régulièrement. Si des déchirures ou des fissures

apparaissent, ou si le harnais d'un casque donne des signes de vieillissement ou de détérioration, il devrait être mis au rebut. Il importe tout particulièrement de le nettoyer et de le désinfecter si l'utilisateur transpire beaucoup ou si plusieurs personnes partagent le même casque.

On peut enlever les substances qui adhèrent à un casque (telles que la craie, le ciment, la colle ou la résine) avec des moyens mécaniques ou en utilisant des solvants appropriés qui n'attaquent pas le matériau de la calotte. On peut employer de l'eau tiède et du détergent ainsi qu'une brosse dure.

Pour la désinfection, il faut plonger les casques dans une solution appropriée (5% de formol ou à base d'hypochlorite de sodium, par exemple).

## LA PROTECTION DE L'OUÏE

*John R. Franks et Elliott H. Berger*

### Les protecteurs de l'ouïe

Nul ne sait comment on a découvert que l'on pouvait réduire le niveau d'un bruit indésirable en se mettant les mains sur les oreilles ou en se bouchant les oreilles, mais cette technique élémentaire est utilisée depuis des générations comme dernier recours pour atténuer un bruit. Malheureusement, cette méthode exclut la plupart des autres. Les protecteurs de l'ouïe dont on dispose à l'heure actuelle permettent de lutter contre le bruit en bloquant le trajet de l'onde entre la source et l'oreille. Il en existe différents types, comme le montre la figure 31.10.

Le bouchon d'oreille (appelé aussi protège-tympan) se place dans le conduit auditif externe. On trouve des bouchons prémoulés de différentes tailles, conçus pour s'adapter aux conduits auditifs de la plupart des personnes. Le bouchon façonné par l'utilisateur est fait d'une matière souple qui épouse la forme du conduit auditif pour former un joint acoustique. Quant au bou-

Figure 31.9 • Modèles de casques de protection équipés:  
a) d'une mentonnière; b) d'un filtre optique;  
c) d'un protège-nuque en laine contre le vent et le froid

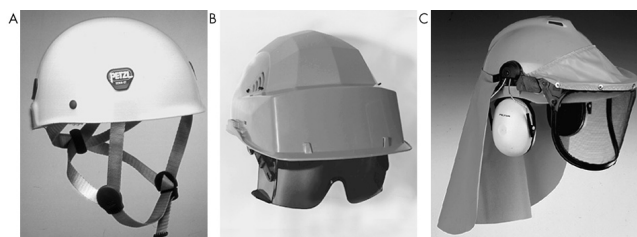
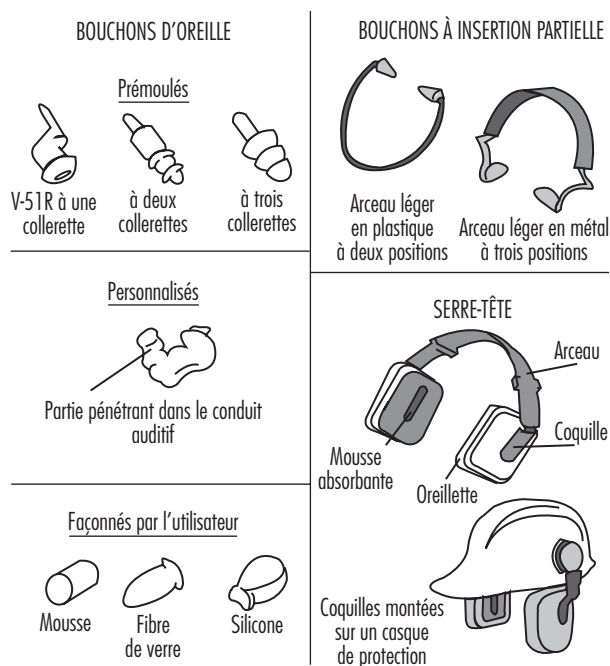


Figure 31.10 • Types de protecteurs de l'ouïe

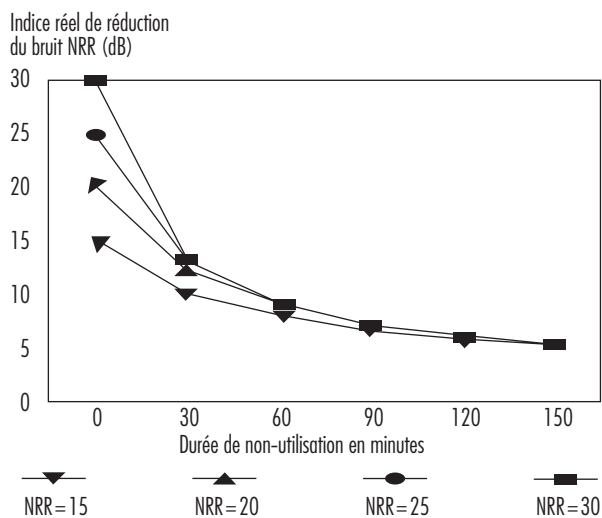


D'après Nixon et Berger, 1991.

chon d'oreille personnalisé, il est spécialement adapté à l'oreille de son utilisateur. Les bouchons d'oreille peuvent être à base de vinyle, de silicone, d'élastomère, de coton et de cire, de laine de verre filée ou de mousse à cellules fermées à récupération lente.

Le bouchon d'oreille à insertion partielle, appelé également couvre-conduit auditif, se porte contre l'ouverture du conduit auditif extérieur: l'effet est le même que lorsqu'on se bouche les

Figure 31.11 • Diminution de la protection réelle en fonction de la durée totale de non-utilisation au cours d'une journée de 8 heures (facteur de correction de 3 dB)



oreilles avec les doigts. Les dispositifs à insertion partielle ont une taille unique et sont conçus pour s'adapter à la plupart des oreilles. Ils sont maintenus en place par un arceau léger élastique.

Le serre-tête (appelé aussi coquille antibruit) se compose d'un arceau et de deux coquilles recouvrant les pavillons, habituellement en plastique. L'arceau peut être en métal ou en plastique. Les coquilles recouvrent complètement le pavillon de l'oreille et l'isolent au moyen d'oreillettes qui se placent contre le côté de la tête. Ces oreillettes peuvent être en mousse ou être remplies d'une substance liquide. Dans la plupart des serre-tête, l'intérieur de la coquille est rembourré afin d'absorber le son transmis à travers la coque et de permettre une meilleure atténuation pour les sons de fréquence supérieure à 2 000 Hz environ. Certaines coquilles antibruit sont conçues de telle façon que l'arceau puisse se porter au-dessus de la tête, derrière la nuque ou sous le menton, bien que la protection ainsi assurée ne soit pas forcément toujours aussi efficace. D'autres coquilles antibruit sont conçues pour être fixées sur des casques de sécurité. Dans ce cas, il se peut que la protection soit moindre, car le système de fixation rend le réglage des coquilles plus difficile, ce qui fait qu'elles ne conviennent pas comme les serre-tête à une vaste gamme de morphologies anatomiques.

Il y a, aux Etats-Unis, 53 fabricants et distributeurs de protecteurs de l'ouïe qui, en juillet 1994, commercialisaient 86 modèles de bouchons d'oreille, 138 modèles de coquilles antibruit et 17 modèles de bouchons d'oreille à insertion partielle. Malgré la grande diversité des protecteurs de l'ouïe, les bouchons d'oreille en mousse conçus pour être utilisés une seule fois représentent plus de la moitié des protecteurs de l'ouïe en usage aux Etats-Unis.

#### Dernière ligne de défense

La manière la plus efficace de prévenir un déficit auditif induit par le bruit est de rester à l'écart des zones très bruyantes. Il est souvent possible de reconfigurer une chaîne de production pour que les opérateurs travaillent dans des salles de contrôle fermées et insonorisées. Le bruit y est atténué au point d'être inoffensif et les travailleurs peuvent parler entre eux. Un autre moyen efficace de prévenir les effets nocifs du bruit est de réduire celui-ci à sa source, de façon qu'il ne présente plus aucun danger. Pour ce faire, on fabrique des machines silencieuses ou l'on équipe les machines existantes de dispositifs antibruit.

Dans les cas où il n'est pas possible d'éviter le bruit ou de le réduire à la source, on a recours à la protection de l'ouïe. Comme elle est utilisée en dernier recours, faute d'autres solutions, il arrive fréquemment que son efficacité soit limitée.

Comme le montre la figure 31.11, l'efficacité des protecteurs de l'ouïe diminue si on ne les porte pas en permanence. En fin de compte, quel que soit le degré de protection assuré par la conception de l'appareil, la protection qu'il assure est fonction de la durée de son utilisation. Les personnes qui enlèvent un bouchon d'oreille ou soulèvent une coquille antibruit pour parler à un collègue dans un milieu bruyant risquent d'être beaucoup moins bien protégées.

#### Les systèmes d'évaluation et leur mode d'utilisation

Il existe plusieurs façons d'évaluer les protecteurs de l'ouïe. Les méthodes les plus courantes sont les systèmes à un nombre ou valeur, comme la méthode du taux ou de l'indice réel de diminution de bruit (Noise Reduction Rating (NRR)) (EPA, 1979) utilisée aux Etats-Unis et le système à un nombre ou valeur (Single Number Rating (SNR)) employé en Europe (ISO, 1994). Une autre méthode d'évaluation en usage en Europe est le système HML (ISO, 1994) à trois nombres ou valeurs. Enfin, certaines méthodes tiennent compte de l'atténuation apportée par les protecteurs de l'ouïe dans chaque bande d'octave: ce sont la méthode

longue ou méthode des bandes d'octave, aux Etats-Unis, et la méthode de la valeur de protection estimée, en Europe (ISO, 1994).

Ces diverses méthodes utilisent les données d'atténuation obtenues sur oreille réelle selon les valeurs seuils des protecteurs de l'ouïe, telles qu'elles ont été déterminées en laboratoire conformément aux normes en vigueur. Aux Etats-Unis, les mesures d'atténuation sont effectuées selon la méthode ANSI S3.19 (ANSI, 1974). Bien que cette norme ait été remplacée par une norme plus récente (ANSI, 1984), l'Agence de protection de l'environnement (Environmental Protection Agency (EPA)) contrôle l'indice NRR de réduction du bruit inscrit sur les étiquettes des protecteurs de l'ouïe et exige que l'ancienne norme soit toujours appliquée. En Europe, les mesures d'atténuation sont effectuées conformément à la norme ISO 4869-1-1990 (ISO, 1990).

En général, lors des tests en laboratoire, les seuils d'audition des champs sonores doivent être déterminés avec et sans protecteur. Aux Etats-Unis, les protecteurs doivent être mis en place par le testeur, tandis qu'en Europe l'utilisateur s'acquiesce de cette tâche lui-même avec l'aide du testeur. La différence entre les seuils d'audition mesurés avec et sans protecteur est l'atténuation obtenue au niveau de l'oreille réelle au seuil d'audition. Aux Etats-Unis, les données sont relevées sur un groupe de personnes

composé à l'heure actuelle de 10 sujets faisant 3 essais chacun, et en Europe sur un groupe de personnes composé de 16 sujets faisant un seul essai chacun. L'atténuation moyenne et l'écart-type correspondant sont calculés pour chaque bande d'octave testée.

A titre indicatif, la méthode NRR et la méthode longue sont exposées dans les tableaux 31.8 et 31.9.

On peut utiliser la méthode NRR pour déterminer le niveau de bruit perçu par l'oreille protégée, c'est-à-dire le niveau réel de pression acoustique pondéré A à l'oreille, en le soustrayant du niveau de bruit ambiant pondéré C. Ainsi, si le niveau de bruit ambiant pondéré C est de 100 dBC et le NRR du protecteur 21 dB, le niveau de bruit perçu par l'oreille protégée sera de 79 dBA ( $100 - 21 = 79$ ). Dans le cas où seul le niveau de bruit ambiant pondéré A est connu, on utilise un facteur de correction de 7 dB (Franks, Themann et Sherris, 1995). Si le niveau de bruit pondéré A est de 103 dBA, par exemple, le niveau de bruit perçu par l'oreille protégée sera de 89 dBA ( $103 - [2 - 17] = 89$ ).

Dans la méthode longue, il faut connaître les niveaux de bruit ambiant pour chaque bande d'octave. De nombreux sonomètres modernes sont capables de mesurer en même temps le niveau de bruit pondéré C dans une bande d'octave et le niveau de bruit ambiant pondéré A. Cependant, aucun appareil ne peut à l'heure

Tableau 31.8 • Exemple de calcul de l'indice réel de réduction du bruit (NRR) d'un protecteur de l'ouïe

#### Procédure:

1. Présenter dans un tableau les niveaux de pression acoustique d'un bruit rose, fixés arbitrairement pour la simplicité des calculs à 100 dB pour chaque bande d'octave.
2. Présenter également les corrections de la pondération C pour la fréquence centrale de chaque bande d'octave.
3. Additionner les lignes 1 et 2 pour obtenir les niveaux de bande d'octave pondérés C et calculer de façon logarithmique les niveaux de bande d'octave pondérés C pour déterminer les niveaux de pression acoustique pondérés C.
4. Présenter dans le tableau les corrections de la pondération A pour chaque fréquence centrale de bande d'octave.
5. Additionner les lignes 1 et 4 pour obtenir les niveaux de bande d'octave pondérés A.
6. Présenter dans le tableau l'atténuation apportée par le protecteur.
7. Présenter également les écarts-types (multipliés par 2) de l'atténuation apportée par le protecteur.
8. Soustraire les valeurs des atténuations moyennes (ligne 6), puis additionner les valeurs des écarts-types multipliés par 2 (ligne 7) et les valeurs pondérées A (ligne 5) pour obtenir les niveaux de bande d'octave pondérés A perçus par l'oreille protégée dans des conditions identiques à celles du laboratoire. Calculer les niveaux de bande d'octave pondérés A de façon logarithmique pour obtenir le niveau sonore réel pondéré A obtenu lorsque le protecteur est porté.
9. Soustraire le niveau de pression acoustique pondéré A (ligne 8) et un facteur de sécurité de 3 dB du niveau de pression acoustique pondéré C (ligne 3) pour obtenir le NRR.

Etapas	Fréquence centrale des bandes d'octave en Hz							
	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	dBX
1. Niveau supposé des bandes d'octave du bruit	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
2. Pondération C	-0,2	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,8	-3,0	
3. Niveaux des bandes d'octave pondérés C	99,8	100,0	100,0	100,0	99,8	99,2	97,0	107,9 dBC
4. Pondération A	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	+1,2	+1,0	-1,1	
5. Niveaux des bandes d'octave pondérés A	83,9	91,4	96,8	100,0	101,2	101,0	98,9	
6. Atténuation du protecteur de l'ouïe	27,4	26,6	27,5	27,0	32,0	46,0 <sup>1</sup>	44,2 <sup>2</sup>	
7. Ecart-type × 2	7,8	8,4	9,4	6,8	8,8	7,3 <sup>3</sup>	12,8 <sup>4</sup>	
8. Niveaux estimés des bandes d'octave pondérés A perçus par l'oreille protégée	64,3	73,2	78,7	79,8	78,0	62,3	67,5	84,2 dBA
9. NRR = 107,9 - 84,2 - 3 = 20,7 (ligne 3 - ligne 8 - 3 dB <sup>5</sup> )								

<sup>1</sup> Atténuation moyenne à 3 000 et 4 000 Hz. <sup>2</sup> Atténuation moyenne à 6 000 et 8 000 Hz. <sup>3</sup> Somme des écarts-types à 3 000 et 4 000 Hz. <sup>4</sup> Somme des écarts-types à 6 000 et 8 000 Hz.

<sup>5</sup> Le facteur de correction de 3 dB permet de prendre en compte l'incertitude de spectre selon laquelle le bruit perçu par l'oreille protégée peut ne pas correspondre au spectre de bruit rose utilisé pour les calculs du NRR.



actuelle déterminer les valeurs par bande d'octave. Leur calcul par la méthode longue est présenté dans le tableau 31.9.

Les corrections d'écart-types que l'on apporte par soustraction dans la méthode longue et dans la méthode NRR sont censées utiliser les mesures de variabilité enregistrées en laboratoire afin de corriger les estimations de protection de façon qu'elles correspondent aux valeurs prévues (98% avec un facteur de correction de 2 écarts-types, ou 84% avec un facteur de correction de 1 écart-type) pour la plupart des utilisateurs portant les protecteurs dans des conditions identiques à celles de l'expérience. La décision d'effectuer ou non des corrections dépend bien sûr beaucoup de la validité des écarts-types estimés en laboratoire.

#### Comparaison de la méthode longue et de la méthode NRR

On peut comparer la méthode longue et la méthode NRR en soustrayant l'indice NRR (20,7) du niveau de bruit pondéré C dans le cas du spectre présenté dans le tableau 31.9 (95,2 dBC), ce qui permet de prévoir le niveau réel lors du port des protecteurs de l'ouïe, à savoir 74,5 dBA. Ce résultat correspond sensiblement à la valeur de 73,0 dBA calculée par la méthode longue dans le tableau 31.9. L'écart entre les deux estimations est dû en partie à l'utilisation du facteur spectral de sécurité d'environ 3 dB pris en compte au point 9 du tableau 31.8. Le rôle de ce facteur est de compenser les erreurs dues à l'utilisation d'un bruit supposé plutôt que d'un bruit réel. Selon le profil du spectre et la forme de la courbe d'atténuation, les différences entre les deux méthodes peuvent être plus importantes que dans l'exemple cité.

#### Fiabilité des données des tests

Malheureusement, les valeurs d'atténuation et leurs écarts-types, tels qu'ils sont obtenus dans les laboratoires américains et, dans une moindre mesure, dans les laboratoires européens, ne sont pas re-

présentatifs de ceux rencontrés dans la vie réelle. Une étude bibliographique de Berger, Franks et Lindgren (1996), portant sur 22 études effectuées sur des protecteurs de l'ouïe utilisés dans des conditions réelles, a conclu que les chiffres des laboratoires américains indiqués sur les étiquettes des protecteurs, conformément à la réglementation de l'EPA, surévaluaient la protection de 140 à presque 2 000%. La surévaluation était maximale pour les bouchons d'oreille et minimale pour les coquilles antibruit. Depuis 1987, l'OSHA recommande de diminuer le NRR de 50% avant de calculer le niveau de bruit perçu par l'oreille protégée. En 1995, le NIOSH a recommandé de réduire le NRR de 25% pour les coquilles antibruit, de 50% pour les bouchons d'oreille malléables et de 70% pour les bouchons d'oreille prémoulés et les bouchons à insertion partielle, avant de calculer le niveau de bruit perçu par l'oreille protégée (Rosenstock, 1995).

#### Variabilité intra- et interlaboratoires

Un autre point à considérer, bien que moins important que les différences mentionnées ci-dessus par rapport aux conditions réelles, est la variabilité constatée au sein d'un même laboratoire, ainsi que les écarts qui existent entre les résultats des différents laboratoires. La variabilité entre laboratoires peut être considérable (Berger, Kerivan et Mintz, 1982), ce qui peut affecter les valeurs en bande d'octave et le calcul de l'indice NRR, à la fois du point de vue du calcul en termes absolus et du point de vue du classement. Il est donc préférable d'employer, à l'heure actuelle, pour le classement des protecteurs de l'ouïe d'après les valeurs d'atténuation, les données d'un seul et même laboratoire.

#### Les critères importants dans la sélection d'un protecteur

Lors de la sélection d'un protecteur de l'ouïe, il faut tenir compte de plusieurs critères (Berger, 1988). Avant tout, il faut que le

Tableau 31.9 • Exemple de calcul de la réduction du bruit (en dBA) par la méthode longue pour un protecteur de l'ouïe dans un environnement sonore connu

#### Procédure:

1. Présenter dans un tableau les niveaux mesurés de bandes d'octave du bruit ambiant.
2. Présenter également les corrections de pondération A pour chaque fréquence centrale des bandes d'octave.
3. Additionner les résultats des lignes 1 et 2 pour obtenir les niveaux de bande d'octave pondérés A. Calculer ces niveaux de façon logarithmique pour obtenir le niveau de bruit ambiant pondéré A.
4. Présenter dans le tableau l'atténuation apportée par le protecteur pour chacune des bandes d'octave.
5. Présenter également les écarts-types (multipliés par 2) de l'atténuation apportée par le protecteur pour chacune des bandes d'octave.
6. Pour calculer les niveaux des bandes d'octave pondérés A perçus par l'oreille protégée, soustraire l'atténuation moyenne (ligne 4) des niveaux de bandes pondérés A (ligne 3), et additionner l'écart-type des atténuations multiplié par deux (ligne 5). Calculer les niveaux de bandes d'octave pondérés A de manière logarithmique pour obtenir le niveau sonore réel pondéré A perçu par l'oreille protégée. Calculer la réduction de bruit pondéré A pour un environnement donné en soustrayant le niveau sonore pondéré A perçu par l'oreille protégée du niveau sonore ambiant pondéré A (le résultat de la ligne 3 moins le résultat de la ligne 6).

Étapes	Fréquence centrale des bandes d'octave en Hz							
	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	dBA
1. Niveaux mesurés des bandes d'octave du bruit	85,0	87,0	90,0	90,0	85,0	82,0	80,0	
2. Pondération A	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	+1,2	+1,0	-1,1	
3. Niveaux des bandes d'octave pondérés A	68,9	78,4	86,8	90,0	86,2	83,0	78,9	93,5
4. Atténuation du protecteur de l'ouïe	27,4	26,6	27,5	27,0	32,0	46,0 <sup>1</sup>	44,2 <sup>2</sup>	
5. Ecart-type × 2	7,8	8,4	9,4	6,8	8,8	7,3 <sup>3</sup>	12,8 <sup>4</sup>	
6. Niveaux estimés des bandes d'octave pondérés A perçus par l'oreille protégée (ligne 3 — ligne 4 + ligne 5)	49,3	60,2	68,7	69,8	63,0	44,3	47,5	73,0

<sup>1</sup> Atténuation moyenne à 3 000 et 4 000 Hz. <sup>2</sup> Atténuation moyenne à 6 000 et 8 000 Hz. <sup>3</sup> Somme des écarts-types à 3 000 et 4 000 Hz. <sup>4</sup> Somme des écarts-types à 6 000 et 8 000 Hz.

protecteur soit adapté au bruit ambiant dans lequel il sera porté. La modification apportée à la norme OSHA (OSHA, 1983) sur la préservation de l'ouïe prévoit que le niveau de bruit perçu par l'oreille protégée ne doit pas dépasser 85 dB ou moins. Le NIOSH, de son côté, a formulé des directives selon lesquelles le niveau de bruit perçu par l'oreille protégée ne doit pas dépasser 82 dBA afin de réduire le plus possible le risque de déficit auditif induit par le bruit (Rosenstock, 1995).

Il ne faut pas, par ailleurs, que la protection offerte soit excessive. Si le niveau d'exposition avec protection est inférieur de plus de 15 dB au niveau désiré, le protecteur de l'ouïe atténuera trop les bruits et l'utilisateur, trop protégé, se sentira isolé de son environnement (British Standards Institute, 1994). Il risquerait de ne pas entendre les autres personnes ou les signaux d'alarme et pourrait alors soit enlever provisoirement l'appareil pour communiquer ou pour vérifier un signal d'alarme, soit modifier l'appareil pour réduire l'atténuation. Dans les deux cas, la protection pourrait être réduite à néant.

Il est à l'heure actuelle difficile de déterminer avec exactitude le niveau de bruit perçu par l'oreille protégée, car les atténuations et les écarts-types enregistrés, ainsi que les indices NRR qui en résultent sont surévalués. Cependant, il devrait être possible d'effectuer cette détermination rapidement et avec une plus grande exactitude en utilisant les facteurs de correction recommandés par le NIOSH.

Le confort est un point critique. Il sera toujours plus confortable de ne porter aucune protection de l'ouïe. Se couvrir les oreilles ou se les boucher donne de nombreuses sensations qui ne sont pas naturelles. Elles vont de la modification du son de sa propre voix, à cause de «l'effet d'occlusion» (voir ci-après), à la sensation d'avoir les oreilles bouchées ou de ressentir une pression sur la tête. Le port de coquilles antibruit ou de bouchons d'oreille en ambiance chaude peut être inconfortable à cause de la transpiration excessive qu'il provoque. S'accoutumer aux sensations et, en partie, à la gêne que les protecteurs de l'ouïe occasionnent prend du temps. Si l'utilisateur ressent une gêne exagérée — par exemple des maux de tête dus à la pression du serre-tête ou des douleurs dans le conduit auditif consécutives à l'insertion des bouchons d'oreille — il est recommandé d'essayer d'autres dispositifs de protection.

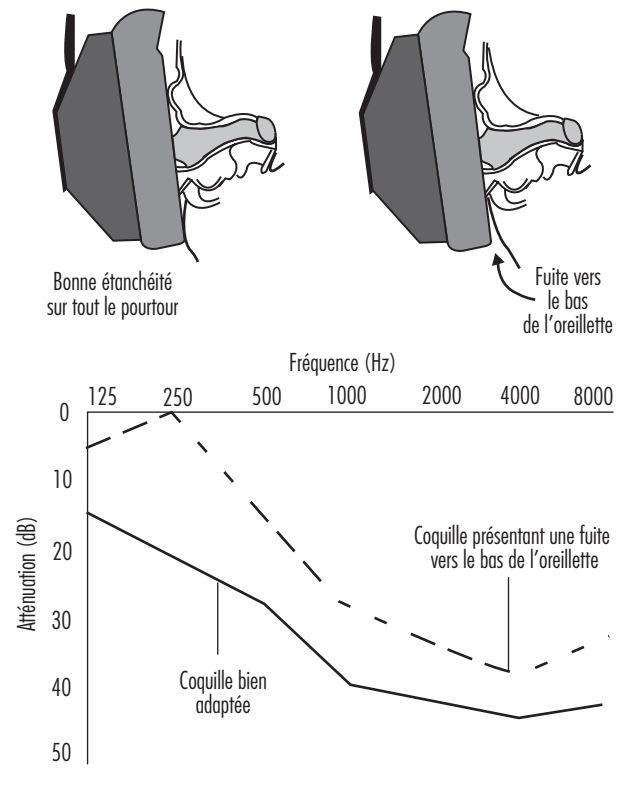
L'utilisateur de coquilles antibruit ou de bouchons d'oreille réutilisables devrait pouvoir les nettoyer. Pour les coquilles, il devrait pouvoir se procurer facilement des pièces détachées telles que les oreillettes et la mousse absorbante. Pour les bouchons d'oreille, il devrait avoir une réserve à sa disposition. Les utilisateurs de bouchons d'oreille personnalisés devraient pouvoir les nettoyer et les renouveler lorsqu'ils sont endommagés ou usés.

Le travailleur américain moyen se trouve exposé chaque jour à 2,7 risques professionnels (Luz et coll., 1991). Il peut donc être amené à utiliser d'autres équipements de protection tels que casques de sécurité, protecteurs oculaires ou appareils de protection respiratoire. Il importe de respecter les exigences de compatibilité entre le protecteur de l'ouïe choisi et les autres équipements de protection nécessaires. On trouve dans le *Compendium of Hearing Protective Devices* du NIOSH (Franks, Themann et Sherris, 1995) des tableaux qui indiquent, notamment, l'adéquation de chaque protecteur de l'ouïe aux autres équipements de protection.

### L'effet d'occlusion

L'effet d'occlusion exprime le gain de conduction osseuse du son jusqu'à l'oreille à des fréquences inférieures à 2 000 Hz lorsque le conduit auditif est bouché à l'aide d'un doigt ou d'un bouchon d'oreille ou est couvert par des coquilles antibruit. L'amplitude de cet effet d'occlusion dépend de la façon dont l'oreille est obturée. L'occlusion maximale est atteinte lorsque l'entrée du conduit auditif est bouchée. Les protecteurs de l'ouïe munis de grandes

Figure 31.12 • Coquille antibruit bien adaptée et coquille antibruit mal adaptée et courbes d'atténuation correspondantes

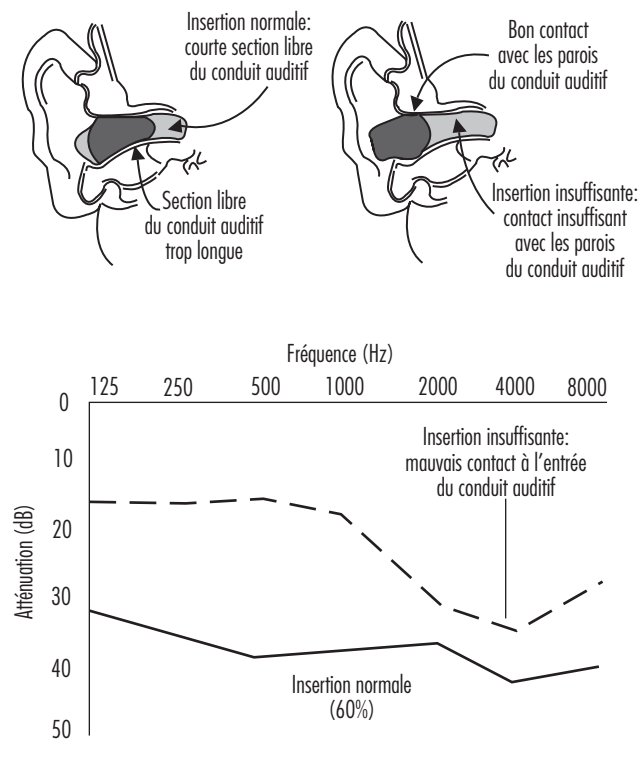


coquilles et de bouchons profondément insérés ont un effet d'occlusion moins important (Berger, 1988). A cause de cet effet d'occlusion, les utilisateurs de protecteurs de l'ouïe sont souvent réticents à utiliser ces dispositifs, car ils n'aiment pas le son de leur propre voix — plus sonore, résonnante et assourdie.

### L'impact sur la communication

A cause de cet effet d'occlusion provoqué par la plupart des protecteurs de l'ouïe, l'utilisateur perçoit sa voix comme étant plus forte — les dispositifs de protection réduisant le niveau de bruit ambiant, la voix résonne plus fort que lorsque les oreilles ne sont pas protégées. Afin de compenser l'élévation d'intensité acoustique, les utilisateurs ont presque tous tendance à baisser la voix. Le fait de parler moins fort dans un environnement bruyant, où l'interlocuteur porte lui aussi une protection de l'ouïe, contribue à rendre la communication plus difficile. Même sans effet d'occlusion, la plupart des personnes élèvent la voix de 5 à 6 dB seulement pour chaque augmentation du niveau de bruit ambiant de 10 dB (l'effet Lombard). Ainsi, l'effet combiné d'une voix plus basse (due à l'utilisation de protecteurs de l'ouïe) et d'une élévation insuffisante de la voix (pour compenser le bruit ambiant) affecte fortement la capacité des utilisateurs de protecteurs de l'ouïe d'entendre et de comprendre les autres dans un environnement bruyant.

Figure 31.13 • Bouchon d'oreille en mousse bien inséré et bouchon d'oreille mal inséré et courbes d'atténuation correspondantes



### Le fonctionnement des protecteurs de l'ouïe

#### Les serre-tête (coquilles antibruit)

La fonction principale d'un serre-tête est de recouvrir l'oreille externe par une coquille formant un joint acoustique qui atténue le niveau de bruit. Le type de coquilles et d'oreillettes, ainsi que le réglage de l'arceau déterminent en général l'efficacité d'atténuation du bruit ambiant pour un modèle donné. La figure 31.12 montre une coquille antibruit dont le joint isole d'une manière continue l'oreille externe, et une autre coquille présentant une fuite au niveau de l'oreillette. Le graphique de cette même figure 31.12 montre que la coquille antibruit bien adaptée donne de bons résultats d'atténuation pour toutes les fréquences, alors que la protection mal adaptée n'atténue pratiquement pas les basses fréquences. La plupart des serre-tête ont un niveau d'atténuation d'environ 40 dB, proche de la conduction osseuse, à des fréquences de 2 000 Hz et plus. Les propriétés d'atténuation des basses fréquences par les serre-tête bien adaptés dépendent des caractéristiques de conception et des matériaux utilisés et, notamment, de l'espace intérieur de la coquille, de la surface de l'ouverture de la coquille, de la résistance de l'arceau et de son poids.

#### Les bouchons d'oreille

La figure 31.13 représente un bouchon d'oreille en mousse correctement mis en place et complètement inséré (dont 60% environ de la longueur sont à l'intérieur du conduit auditif) et un autre bouchon d'oreille en mousse partiellement inséré et mal placé, qui bouche simplement l'entrée du conduit auditif. Le bouchon correctement inséré assure une bonne atténuation du bruit à toutes

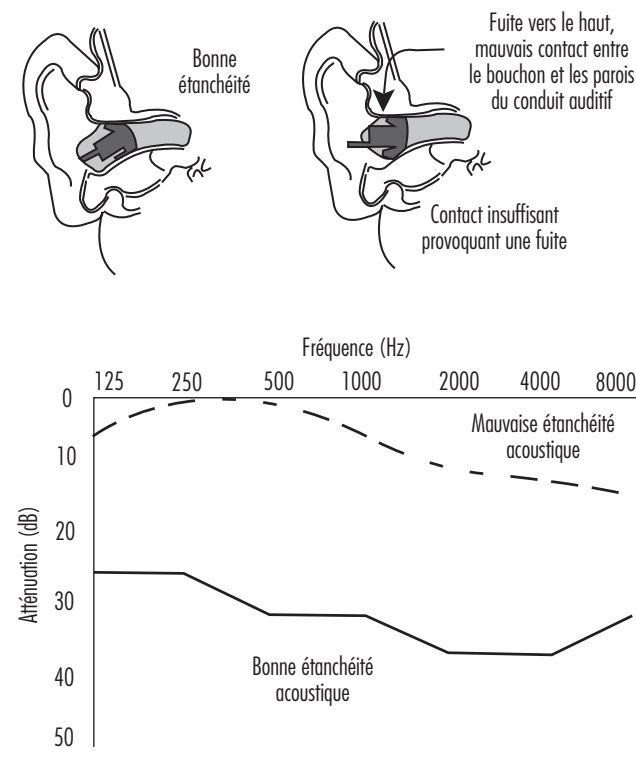
les fréquences, alors que le bouchon mal inséré est beaucoup moins efficace. Lorsqu'un bouchon de ce type est bien en place, l'atténuation est proche du niveau de la conduction osseuse pour de nombreuses fréquences. Lorsque le bruit ambiant est élevé, les différences d'atténuation existant entre un bouchon en mousse bien inséré et un bouchon mal inséré peuvent à elles seules provoquer un déficit auditif induit par le bruit.

La figure 31.14 représente des bouchons d'oreille prémoulés, l'un bien inséré et l'autre mal inséré. En général, les bouchons d'oreille prémoulés n'offrent pas le même degré d'atténuation que les bouchons d'oreille en mousse ou les coquilles antibruit bien insérées. Cependant, les bouchons d'oreille prémoulés bien insérés permettent d'atténuer suffisamment la plupart des bruits industriels. Les bouchons d'oreille prémoulés mal insérés donnent beaucoup moins d'atténuation, voire aucune entre 250 et 500 Hz. On a même observé que, chez certains utilisateurs, le niveau de bruit à ces fréquences augmentait, ce qui signifie que ce niveau perçu par l'oreille protégée est en fait plus fort que le bruit ambiant, ce qui expose davantage l'utilisateur à un déficit auditif progressif induit par le bruit que s'il ne portait aucune protection.

#### La double protection de l'ouïe

Pour certains bruits ambiants, et notamment quand les expositions équivalentes journalières dépassent 105 dBA, une protection auditive unique peut s'avérer insuffisante. On peut alors utiliser à la fois un serre-tête et des bouchons d'oreille, afin d'obtenir une protection supplémentaire de 3 à 10 dB, limitée par la conduction osseuse de la tête. Le degré d'atténuation varie très peu lorsque des serre-tête différents sont utilisés avec les mêmes bouchons d'oreille; en revanche, de grandes variations sont observées lorsqu'on utilise différents bouchons d'oreille avec le même serre-tête.

Figure 31.14 • Bouchon d'oreille prémoulé bien inséré et bouchon d'oreille mal inséré et courbes d'atténuation correspondantes



### ***La gêne due aux lunettes et aux équipements de protection portés sur la tête***

Les lunettes de sécurité et les autres équipements de protection tels que les appareils de protection respiratoire peuvent diminuer l'efficacité du joint des oreillettes du serre-tête et, partant, l'atténuation. Le port de lunettes, par exemple, peut provoquer une perte d'atténuation de 3 à 7 dB dans certaines bandes d'octave.

### ***Les appareils à courbe de réponse plate***

Une coquille antibruit ou un bouchon d'oreille à courbe de réponse plate offrent une atténuation quasiment identique pour toutes les fréquences comprises entre 100 et 8 000 Hz. Ces dispositifs ont la même courbe de réponse aux différentes fréquences que l'oreille non protégée, sans entraîner aucune déformation des signaux reçus (Berger, 1991). On pourrait penser que les coquilles antibruit et les bouchons d'oreille classiques affaiblissent les fréquences aiguës et abaissent le niveau sonore général. La coquille antibruit et le bouchon d'oreille à atténuation plate donnent l'impression d'une réduction de la seule intensité sonore, car leurs caractéristiques d'atténuation sont réglées par des résonateurs, des amortisseurs et des diaphragmes. L'atténuation plate peut être utile aux utilisateurs qui souffrent de déficits auditifs aux fréquences élevées, à ceux qui ont besoin de communiquer tout en étant protégés et aux personnes qui attachent une grande importance à la qualité du son, comme les musiciens. Les dispositifs à atténuation plate se présentent soit comme des serre-tête, soit comme des bouchons d'oreille. L'inconvénient de ces équipements est que leur pouvoir d'atténuation n'est pas aussi élevé que celui des dispositifs classiques.

### ***Les dispositifs mécaniques à atténuation dépendante du niveau de bruit***

Un protecteur de l'ouïe mécanique sensible à l'amplitude ne comporte aucun circuit électronique et est conçu pour permettre la communication orale en période calme et offrir une atténuation qui augmente avec le niveau de bruit. Ces dispositifs comprennent des orifices, soupapes et diaphragmes prévus pour produire cette atténuation non linéaire à partir habituellement d'un niveau de pression acoustique de 120 dB. Pour les niveaux inférieurs à 120 dB, les dispositifs à orifices et soupapes agissent comme des bouchons d'oreille ventilés assurant une atténuation de 25 dB aux hautes fréquences, mais beaucoup plus faible à 1 000 Hz et au-dessous. Il n'existe que peu d'activités professionnelles et récréatives (en dehors des concours de tir) pour lesquelles ce type de protection auditive puisse être considéré comme efficace pour prévenir un déficit auditif induit par le bruit.

### ***Les dispositifs électroniques à atténuation dépendante du niveau de bruit***

Un protecteur de l'ouïe électronique sensible à l'amplitude comporte un circuit électronique; il est conçu selon les mêmes principes que le protecteur mécanique sensible à l'amplitude. Il utilise un microphone placé à l'extérieur de la coquille ou fixé sur la paroi latérale du bouchon d'oreille. Le circuit électronique est calculé pour produire une amplification dégressive et, dans certains cas, nulle, à mesure que le niveau de bruit ambiant augmente. Aux niveaux de bruit équivalant à une conversation normale, ces dispositifs ont un gain constant (le niveau sonore de la conversation est le même, avec ou sans protection) ou offrent même une légère amplification. Il s'agit de limiter le niveau sonore sous les coquilles antibruit ou les bouchons d'oreille à l'équivalent d'un champ diffus de 85 dBA ou moins. Certains de ces dispositifs intégrés aux coquilles antibruit disposent d'un canal pour chaque oreille, permettant ainsi d'obtenir un certain effet de localisation; d'autres ne comportent qu'un seul microphone. La fidélité (aspect naturel du son) de ces systèmes varie selon les

fabricants. A cause du circuit électronique intégré dans les coquilles, qui est nécessaire afin d'obtenir un système d'atténuation dépendant du niveau de bruit ambiant, ces dispositifs offrent en mode passif (lorsque les circuits électroniques sont inactifs) une atténuation inférieure de 4 à 6 dB à celle assurée par les coquilles antibruit similaires dépourvues de circuit électronique.

### ***La réduction active du bruit***

La réduction active du bruit, concept déjà ancien, n'a été appliquée que récemment aux protecteurs de l'ouïe. Sur certains modèles, le signal sonore est capté à l'intérieur de la coquille; la phase de ce signal est inversée avant de le réinjecter dans la coquille afin d'annuler le signal incident. Sur d'autres modèles, le signal sonore est capté à l'extérieur de la coquille; son spectre est modifié pour tenir compte de l'atténuation de la coquille et le signal est alors réinjecté, après inversion, dans la coquille, utilisant l'électronique comme minuteur de façon que le signal inversé et le signal incident du bruit arrivent en même temps dans la coquille. La réduction active du bruit est limitée à l'atténuation des bruits basse fréquence au-dessous de 1 000 Hz, avec une atténuation maximale de 20 à 25 dB à 300 Hz ou au-dessous. Cependant, une partie de l'atténuation produite par le système actif de réduction du bruit ne fait que compenser la réduction d'atténuation des serre-tête, entraînée par l'introduction dans la coquille de ce même circuit électronique dont la présence est indispensable pour obtenir une réduction active du bruit. A l'heure actuelle, ces dispositifs coûtent de 10 à 50 fois plus cher que les serre-tête ou les bouchons d'oreille passifs. En cas de panne électronique, l'utilisateur risque par ailleurs d'être mal protégé et d'être exposé à davantage de bruit en portant le serre-tête que si l'électronique était simplement débranchée. Le coût des dispositifs actifs de réduction du bruit devrait cependant diminuer à mesure que leur usage se répand.

### ***Le meilleur protecteur de l'ouïe***

Le meilleur protecteur de l'ouïe est celui que l'utilisateur peut porter en permanence. On estime que 90% environ des travailleurs exposés au bruit dans le secteur manufacturier aux Etats-Unis sont soumis à des niveaux de bruit inférieurs à 95 dBA (Franks, 1988); ils ont donc besoin d'une atténuation de 13 à 15 dB pour jouir d'une protection adéquate. Il existe une vaste gamme de protecteurs de l'ouïe pouvant offrir une atténuation suffisante: la difficulté consiste à trouver celui que chaque travailleur acceptera de porter en permanence.

## **LES VÊTEMENTS DE PROTECTION**

*S. Zack Mansdorf*

### ***Les risques***

Il existe plusieurs grandes catégories de risques corporels — physiques, chimiques et biologiques — contre lesquels on peut se prémunir en portant des vêtements spéciaux (voir tableau 31.10).

### ***Les risques chimiques***

En l'absence d'autres moyens, les vêtements de protection sont couramment utilisés pour réduire l'exposition des travailleurs aux produits chimiques toxiques ou dangereux. De nombreux produits chimiques sont dangereux à plus d'un titre; ainsi, le benzène est à la fois toxique et inflammable. En ce qui concerne les risques chimiques, il faut examiner au moins trois points essentiels avec attention: 1) les effets potentiellement toxiques de l'exposition; 2) les voies probables de pénétration; 3) l'exposition potentielle



Tableau 31.10 • Exemples de risques cutanés

Risques	Exemples
Chimiques	Toxiques cutanés Toxiques systémiques Agents corrosifs Allergènes
Physiques	Risques thermiques (chaleur/froid) Vibrations Rayonnements Conditions provoquant des traumatismes
Biologiques	Agents pathogènes pour l'humain Agents pathogènes pour les animaux Agents pathogènes pour l'environnement

résultant de la nature de la tâche. L'aspect «toxicité des substances» est le plus important. Certaines substances comme les huiles ou les graisses sont simplement difficiles à nettoyer, alors que d'autres composés chimiques (tels que l'acide cyanhydrique liquide) présentent un danger immédiat pour la vie et la santé. En fait, c'est la toxicité ou le degré de risque d'une substance absorbée par voie cutanée qui constitue le facteur critique. Les autres risques résultant d'un contact avec la peau, à part la toxicité, sont la corrosion, la sensibilisation au cancer cutané et les traumatismes physiques tels que les brûlures et les coupures.

La nicotine est un exemple de produit chimique dont la toxicité est maximale lorsqu'il est absorbé par voie cutanée. Elle pénètre très facilement à travers la peau, mais ne présente pas en général de risque pour les voies respiratoires (sauf dans le cas d'un acte volontaire). Ce n'est qu'un des nombreux cas où le risque est beaucoup plus grand par voie cutanée que par d'autres voies. De nombreuses substances qui ne sont pas toxiques normalement présentent un danger pour la peau en raison de leur nature corrosive ou d'autres propriétés. En fait, certains produits chimiques et certaines substances sont bien plus dangereux lorsqu'ils sont absorbés à travers la peau que les produits cancérigènes systémiques les plus redoutés. Ainsi, une seule exposition de la peau nue à de l'acide fluorhydrique titrant plus de 70% peut être mortelle; dans ce cas, une brûlure d'une surface de 5% seulement peut être mortelle sous l'action des ions fluorures. Un autre type de risque cutané — sans gravité excessive celui-là — est le déclenchement d'un cancer de la peau par des substances telles que les goudrons de houille. Comme exemple d'une substance très toxique pour l'humain, mais à faible toxicité cutanée, on peut citer le plomb inorganique; dans ce cas, le danger réside dans la contamination du corps ou des vêtements, ce qui risque d'entraîner une contamination ultérieure par ingestion ou inhalation puisque la substance, solide, ne peut pénétrer à travers une peau saine.

Une fois l'évaluation de la toxicité et des voies de pénétration menée à bien, un examen des probabilités d'exposition s'impose. Il faut se demander, par exemple, si les travailleurs sont assez exposés à un produit chimique donné pour que l'on puisse constater visuellement cette exposition, ou si cette exposition au contraire est peu probable et si les vêtements de protection ne constituent pas alors une mesure de protection faisant double emploi. Il est évident que, s'agissant de substances qui ont un pouvoir létal, le travailleur a droit à une protection maximale, même si les risques de contact sont très faibles. Dans le cas d'un risque d'exposition vraiment minime (par exemple, une infirmière manipulant une solution aqueuse d'alcool isopropylique à 20%), une protection absolue ne se justifie pas. La décision à prendre

doit être fondée essentiellement sur la relation entre l'évaluation des effets nocifs de la substance considérée et l'estimation des probabilités d'exposition.

### La résistance chimique des barrières de protection

Des études portant sur la diffusion des solvants et d'autres produits chimiques au travers de vêtements de protection «impermeables» ont été publiées pendant les années quatre-vingt et quatre-vingt-dix. En voici un exemple: lors d'un test standard, on verse de l'acétone sur une feuille de caoutchouc néoprène de l'épaisseur d'un gant normal. A la suite du contact direct de l'acétone avec la surface extérieure, non protégée, il est normalement possible de détecter le solvant sur la face intérieure (du côté de la peau) dans un délai de trente minutes, mais en petites quantités seulement. Cette action d'un produit chimique traversant un vêtement de protection est une question de *perméation*, c'est-à-dire de diffusion de produits chimiques à l'échelle moléculaire à travers le vêtement. On distingue trois étapes dans ce phénomène: l'adsorption du produit chimique à la surface extérieure de la barrière de protection, la diffusion à travers cette barrière et la désorption du produit chimique à la surface intérieure non protégée de la barrière. Le délai écoulé entre le contact initial du produit chimique avec la surface extérieure et sa détection sur la surface intérieure est le *temps de passage*. Le *flux de perméation* caractérise le passage régulier du produit chimique à travers la barrière de protection, une fois l'équilibre atteint.

La plupart des expériences actuelles de résistance à la perméation se déroulent pendant des périodes allant jusqu'à huit heures, afin de simuler la durée d'un travail posté classique. Cependant, on effectue ces tests dans des conditions de contact direct (avec des liquides ou des gaz) qui n'existent pas dans la réalité. Il semblerait donc, d'après certains auteurs, qu'un «facteur de sécurité» important soit inclus dans ces tests. A l'inverse, il faut tenir compte du fait que les tests de perméation sont statiques, alors que l'environnement de travail est dynamique (comportant des flexions de matériaux ou des pressions exercées lors de la préhension ou d'autres mouvements) et que les gants ou vêtements peuvent être détériorés. Faute de données publiées suffisantes sur la perméabilité de la peau et la toxicité cutanée, la plupart des professionnels de la prévention choisissent une protection ne permettant aucun passage de produit pendant la durée du travail ou de la tâche (habituellement huit heures), ce qui revient essentiellement à un concept de dose zéro. Il s'agit là d'une approche minimale mais justifiée; il faut noter cependant qu'il n'existe pas, à l'heure actuelle, de barrière de protection offrant une résistance à la perméation de tous les produits chimiques. Dans les cas où les temps de claquage sont courts, le spécialiste devrait choisir les barrières de protection les plus efficaces (c'est-à-dire celles dont le flux de perméation est le plus faible), tout en tenant compte des autres mesures de prévention et d'entretien (nécessité de changer de vêtements régulièrement, par exemple).

Indépendamment du processus de perméation décrit ci-dessus, le spécialiste de la prévention devrait tenir compte de deux autres propriétés de résistance chimique: la *dégradation* et la *pénétration*.

La dégradation est la modification délétère d'une ou de plusieurs propriétés physiques d'un matériau de protection provoquée par le contact avec un produit chimique. Ainsi, le poly (alcool vinylique) (PVA) est une barrière très efficace contre la plupart des solvants organiques, mais il se détériore au contact de l'eau. Le caoutchouc de latex, couramment utilisé pour la confection des gants médicaux, est bien entendu résistant à l'eau, mais très facilement soluble dans des solvants tels que le toluène et l'hexane; il est donc tout à fait inefficace contre ces produits chimiques. En outre, les allergies au latex peuvent provoquer des réactions violentes chez certains sujets.



Tableau 31.11 • Les exigences courantes en matière de protection physique, chimique et biologique

Risques	Propriétés requises	Matériaux constitutifs des vêtements de protection
Thermiques	Isolation thermique	Coton épais et autres tissus naturels
Flammes	Isolation et résistance à la flamme	Gants aluminisés; gants ignifugés; fibres aramides et autres fibres spéciales
Abrasion mécanique	Résistance à l'abrasion; résistance à la traction	Tissus épais; cuir
Coupures et piqûres	Résistance aux coupures	Treillis métallique; fibres polyamides aromatiques et autres tissus spéciaux
Chimiques/toxicologiques	Résistance à la perméation	Matières polymères et élastomères (y compris le latex)
Biologiques	Étanchéité aux fluides; (résistance à la perforation)	
Radiologiques	Généralement étanchéité à l'eau ou aux particules (radionucléides)	

La pénétration est l'écoulement d'un produit chimique à travers les trous microscopiques, les déchirures et autres imperfections d'un vêtement de protection au niveau non moléculaire. Les meilleures protections sont inefficaces si elles sont trouées ou déchirées. La résistance à la pénétration est importante si l'exposition est improbable ou peu fréquente et si la toxicité ou le risque sont minimes. Elle revêt toute son importance dans le cas des vêtements utilisés contre les projections.

Nombre de recueils de directives fournissent des indications sur la résistance chimique (plusieurs existent également en format électronique). De plus, la plupart des fabricants des pays industriels publient des données mises à jour au sujet de la résistance chimique et physique de leurs produits.

### Les risques physiques

Comme le montre le tableau 31.10, les risques physiques comprennent les conditions thermiques, les vibrations, les rayonnements et les traumatismes; tous peuvent avoir un effet cutané nocif. Il faut également retenir l'effet des températures extrêmes sur la peau. Les propriétés des vêtements de protection contre ces risques sont liées au degré d'isolation, tandis que les qualités requises des vêtements de protection contre les feux à inflammation instantanée et les charges électriques disruptives sont liées à la résistance au feu.

Il peut arriver que les vêtements spéciaux n'offrent qu'une protection limitée contre certains types de rayonnements, ionisants ou non. En général, la qualité des vêtements de protection contre les rayonnements ionisants dépend de leur effet d'écran (c'est le cas des tabliers et gants doublés de plomb). Les vêtements utilisés contre les rayonnements non ionisants tels que les micro-ondes sont, eux, conçus pour être mis à la masse ou pour être isolants. Les vibrations excessives peuvent affecter gravement certaines parties du corps, en particulier les mains. Les travaux miniers (avec foreuses portatives) et la réfection des routes (avec marteaux pneumatiques) sont des activités dans lesquelles les vibrations excessives aux mains peuvent entraîner une détérioration osseuse et des troubles circulatoires. Les traumatismes cutanés causés par les risques physiques (coupures, abrasions, etc.) sont courants dans de nombreuses professions comme celles du bâtiment, des travaux publics et de la boucherie. Il existe sur le marché des vêtements spéciaux (y compris des gants) qui résistent aux déchirures et sont employés dans la découpe de la viande et l'exploitation forestière (utilisation de scies à chaîne). Ces vêtements présentent une résistance intrinsèque aux déchirures ou comprennent suffisamment de masse fibreuse pour stopper des pièces en mouvement (dans les scies à chaîne, par exemple).

### Les risques biologiques

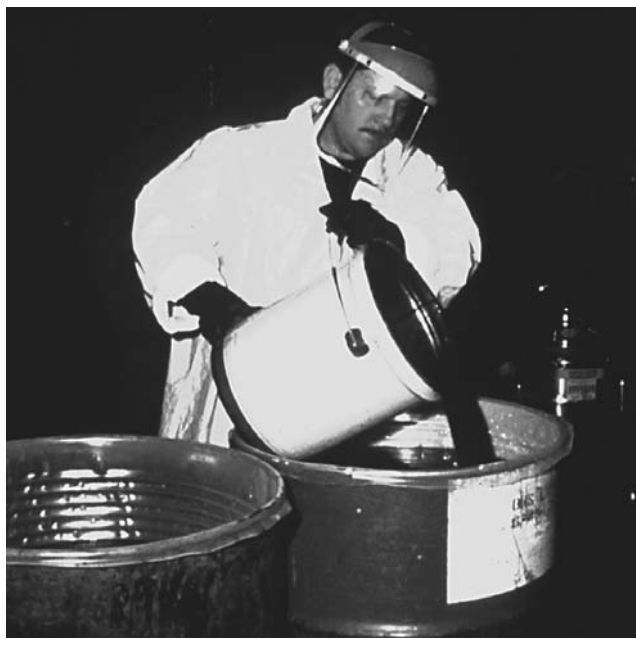
Les risques biologiques comprennent les infections imputables à certains agents et maladies affectant les humains et les animaux, ainsi qu'au milieu de travail. On a beaucoup parlé des risques biologiques encourus à la suite de la prolifération croissante du VIH et du virus de l'hépatite, transmis par voie sanguine, et l'on en a déduit que des vêtements et des gants résistant aux liquides sont nécessaires dans le cas d'une exposition au sang ou à d'autres fluides corporels. On connaît depuis longtemps certaines maladies transmises par les animaux (par exemple, le charbon) et l'on adopte à leur égard des mesures de protection équivalentes à celles appliquées pour les agents pathogènes véhiculés par le sang et affectant l'humain. Les laboratoires cliniques et microbiologiques, ainsi que certains autres environnements professionnels, sont des lieux de travail qui peuvent présenter des risques biologiques.

### Les types de protection

On entend par vêtement de protection en général les divers éléments qui composent un ensemble protecteur (par exemple, vêtements, gants et bottes). Ainsi, le vêtement de protection peut aller du simple doigtier qui protège contre les coupures du papier à la combinaison hermétique équipée d'un appareil de protection respiratoire intégré, utilisée en cas d'urgence lors du déversement de produits chimiques dangereux, notamment.

Les vêtements de protection peuvent être faits de matières naturelles (comme le coton, la laine et le cuir), de fibres artificielles (par exemple, le nylon) ou de polymères (plastiques et divers types de caoutchoucs tels que le caoutchouc butyle, le poly(chlorure de vinyle) et le polyéthylène chloré). On ne devrait pas utiliser de matériaux tissés, cousus ou poreux (c'est-à-dire non résistants à la pénétration ou à la perméation de liquides) lorsqu'on doit se protéger contre un liquide ou un gaz. Contre les feux à inflammation instantanée et les arcs électriques (charges disruptives) qui peuvent survenir notamment dans l'industrie pétrochimique, on utilise souvent des tissus et des matières poreuses traités spécialement ou naturellement ininflammables; ceux-ci n'offrent cependant habituellement aucune protection contre une exposition régulière à la chaleur. Pour la lutte contre le feu, il convient d'utiliser des vêtements spéciaux résistant aux flammes et offrant simultanément une protection contre l'eau et la chaleur (hautes températures). Dans certains cas, il faut recourir également à une protection contre le rayonnement infrarouge, obtenue grâce à des capes aluminisées (dans la lutte contre les incendies de pétrole, par exemple). Le tableau 31.11 résume les exigences classiques de protection physique, chimique et biologique et mentionne les matériaux protecteurs habituellement utilisés contre ces risques.

Figure 31.15 • Travailleur transvasant un produit chimique: il porte des gants et un vêtement de protection chimique



La conception des vêtements de protection varie en fonction de l'usage prévu. Pour la plupart des risques physiques, les éléments habituels (pantalons, vestes, bottes et gants) ressemblent aux vêtements ordinaires. Des accessoires spéciaux — tels que cuissards, manchettes et tabliers en fibres et matières naturelles et synthétiques traitées ou non traitées — sont utilisés dans certaines industries pour la manutention de métaux en fusion (l'exemple classique étant l'amiante tissé). Les vêtements de protection chimique peuvent être conçus dans des buts spécifiques, ainsi que le montrent les figures 31.15 et 31.16.

Il existe une grande variété de gants de protection chimique fabriqués à base de polymères ou de mélanges; certains gants en coton, par exemple, sont doublés (par trempage) d'une couche de polymère protecteur (voir figure 31.17). De nouveaux modèles de gants laminés à une seule ou plusieurs couches ne comportent que deux dimensions (ils sont plats) et sont donc limités par des contraintes ergonomiques, mais ils sont très résistants du point de vue chimique. En général, leur efficacité est maximale quand un gant extérieur en polymère préformé est porté par-dessus le gant intérieur plat (technique dite de *double gant*), ce qui force le gant intérieur à s'adapter à la forme de la main. On trouve des gants en polymère d'épaisseurs diverses, depuis les modèles très légers (<2 mm) jusqu'aux modèles lourds (>5 mm), avec ou sans doublure ou substrats. Les gants peuvent avoir diverses longueurs: de 30 cm, pour la protection des mains uniquement, à 80 cm environ pour la protection du bras entier, de la main à l'épaule. Le choix de la longueur dépend du degré de protection désiré; dans tous les cas, les gants doivent être assez longs pour protéger les poignets et empêcher les liquides de pénétrer à l'intérieur (voir figure 31.18).

On trouve des bottes de différentes longueurs: du simple protège-semelle à la botte montant jusqu'aux hanches. Les bottes de protection chimique sont faites à partir d'un nombre limité de polymères, car elles doivent être très résistantes à l'abrasion. Les polymères et caoutchoucs classiques utilisés dans la fabrication des bottes de protection chimique sont le poly(chlorure de vinyle)

Figure 31.16 • Travailleurs équipés de deux modèles différents de vêtements de protection chimique



(PVC), le caoutchouc butyle et le néoprène. Il existe aussi des bottes laminées fabriquées spécialement avec d'autres polymères, mais elles sont très coûteuses et il est difficile de se les procurer dans certains pays.

Les vêtements de protection chimique peuvent se composer soit d'une seule pièce hermétique (étanche aux gaz) avec gants et bottes, soit d'éléments multiples (pantalons, vestes, cagoules, etc.). Certains matériaux de protection utilisés pour la confection de ces combinaisons comportent plusieurs couches. On emploie les polymères en couches multiples, car ils n'ont pas une résistance physique ou à l'abrasion suffisante pour être utilisés directement dans la fabrication de vêtements ou de gants (par exemple, le caoutchouc butyle par opposition au Téflon (marque déposée)). Les tissus de support habituels sont le nylon, le polyester, les aramides et les fibres de verre. Ces substrats peuvent être recouverts de polymères tels que le poly(chlorure de vinyle) (PVC), le Téflon (marque déposée), le polyuréthane et le polyéthylène.

Ces dix dernières années, on a utilisé de plus en plus le polyéthylène non tissé et les matières microporeuses pour la fabrication des combinaisons jetables. Ces combinaisons non tissées, souvent appelées à tort «combinaisons en papier», sont fabriquées à l'aide d'un procédé spécial grâce auquel les fibres sont agglomérées sans être tissées. Elles sont peu onéreuses et très légères. Les matières microporeuses non enduites (dites «aérées» car elles permettent une certaine transmission de la vapeur d'eau et sont donc moins contraignantes du point de vue thermique) et les vêtements non tissés sont efficaces contre les particules, mais non contre les produits chimiques ou les liquides. On trouve également des vête-

Figure 31.17 • Modèles de gants résistant aux produits chimiques



ments non tissés et enduits de diverses matières, telles que le polyéthylène et le Saranex (marque déposée). Selon les caractéristiques de l'enduction, ces vêtements peuvent offrir une bonne résistance chimique à la plupart des produits courants.

### L'homologation et les normes

L'offre, la fabrication et la conception des modèles de vêtements de protection varient beaucoup suivant les pays. Comme on peut s'y attendre, les procédures d'homologation et les normes varient également. Néanmoins, les États-Unis (avec les normes de l'Association américaine d'essai des matériaux (American Society for Testing and Materials (ASTM)), l'Europe (avec les normes du Comité européen de normalisation (CEN)), et certains pays d'Asie (le Japon, par exemple) ont adopté des prescriptions similaires. Les premières normes universelles ont été élaborées par le Comité technique 94 de l'ISO pour les vêtements de protection et les équipements de protection individuelle. La plupart des normes et des méthodes d'essai préconisées par ce comité s'inspirent des normes CEN ou de celles d'autres pays comme les États-Unis (ASTM).

Aux États-Unis, au Mexique et dans pratiquement toutes les provinces du Canada, la plupart des vêtements de protection ne sont assujettis à aucune procédure d'homologation. Il existe des

Figure 31.18 • Gants en fibres naturelles; la longueur doit en être suffisante pour assurer la protection des poignets



exceptions dans certains cas, par exemple pour les vêtements utilisés par les applicateurs de pesticides (selon les normes d'étiquetage des pesticides). Néanmoins, de nombreuses organisations proposent d'elles-mêmes des normes, comme l'ASTM susmentionnée, l'Association nationale de protection contre l'incendie (National Fire Protection Association (NFPA)) aux États-Unis et, au Canada, l'Organisation canadienne de normalisation (OCN). Ces normes volontaires ont une forte influence sur la commercialisation et la vente des vêtements de protection et jouent en fait le rôle de normes officielles.

En Europe, la fabrication des équipements de protection individuelle est régie par la directive 89/686 de la Communauté européenne, qui énumère les articles réglementés et les classe en plusieurs catégories. Pour les catégories d'équipements de protection où le risque n'est pas minime et ne peut être immédiatement et facilement identifié par l'utilisateur, l'équipement de protection doit satisfaire aux normes de qualité et de fabrication décrites en détail dans la directive.

Aucun équipement de protection ne peut être vendu dans la Communauté européenne sans avoir obtenu le label CE (Communauté européenne), lequel ne peut être accordé que s'il a été satisfait aux exigences de qualité et aux tests requis.

### Les besoins individuels

Presque toujours, le port de vêtements et d'équipements de protection nuit à la productivité et accroît la gêne du travailleur. Il peut également entraîner une baisse de la qualité du travail, car le taux d'erreurs augmente. En ce qui concerne les vêtements de protection chimique et certains vêtements résistant au feu, il importe de suivre diverses recommandations générales afin d'établir un équilibre entre le confort de l'opérateur, son efficacité et sa protection. Plus la barrière de protection est épaisse, plus elle est efficace (elle accroît le délai de pénétration ou procure une meilleure isolation thermique); d'un autre côté, une protection plus épaisse entraîne une diminution de l'aisance des gestes et du confort de l'utilisateur et accroît la charge thermique. Par ailleurs, les barrières de protection offrant une bonne résistance chimique ont aussi tendance à accroître la gêne du travailleur et la charge thermique, car elles s'opposent en même temps au passage de la vapeur d'eau (c'est-à-dire de la transpiration). En troisième lieu, plus la protection est renforcée, plus il faut de temps pour accomplir une tâche donnée et plus les chances d'erreurs sont grandes. Certains risques (par exemple, la proximité de machines en mouvement, où le risque d'élévation de la charge thermique est plus important que le risque chimique) augmentent avec le port de vêtements de protection. Cette situation est rare mais ne saurait être négligée.

Autre problème: les limitations physiques imposées par le port des vêtements de protection. Par exemple, un opérateur équipé d'une paire de gants épais ne pourra pas exécuter facilement une tâche nécessitant une grande dextérité ou la répétition de mouvements. Un peintre travaillant au pulvérisateur et portant une combinaison hermétique aura une vision très réduite vers les côtés, le haut et le bas, du fait que l'appareil respiratoire et l'oculaire de la combinaison limitent son champ de vision. Ce ne sont que quelques-unes des contraintes ergonomiques liées au port des équipements et des vêtements de protection.

Lors de la sélection d'un vêtement de protection, il faut toujours tenir compte des conditions dans lesquelles les tâches s'effectuent; la meilleure solution est de choisir l'équipement et les vêtements offrant le niveau de protection minimal compatible avec la sécurité.

### L'éducation et la formation

Il est essentiel de donner aux utilisateurs des instructions et une formation adaptées sur les points suivants:

- la nature et l'étendue des risques;
- les circonstances dans lesquelles les vêtements de protection devraient être portés;
- quels vêtements de protection sont nécessaires;
- l'utilisation et les limites des vêtements de protection prévus;
- comment inspecter, mettre, enlever, ajuster et porter correctement les vêtements de protection;
- les procédures de décontamination éventuelles;
- les signes et symptômes de surexposition ou de défaillance de la protection vestimentaire;
- les premiers soins et les procédures d'urgence;
- les recommandations concernant le stockage, la durée de vie, l'entretien et la mise au rebut des vêtements de protection.

Tous ces éléments devraient être inclus dans la formation, de même que toute autre information pertinente qui n'aurait pas déjà été communiquée aux travailleurs dans le cadre d'autres programmes. Pour les domaines familiers, il est conseillé de prévoir tout de même un recyclage. Par exemple, si les travailleurs ont déjà été mis au courant des signes et symptômes de surexposition lors de cours antérieurs de formation à la sécurité chimique, il faut leur rappeler l'importance des symptômes d'exposition cutanée et les comparer à ceux de l'exposition par inhalation. Enfin, le travailleur devrait pouvoir essayer les vêtements de protection qu'il sera appelé à porter pour une tâche donnée avant de faire un choix définitif.

La connaissance des dangers et des limites des vêtements de protection non seulement réduit les risques encourus par l'utilisateur, mais permet aussi au spécialiste de la prévention de savoir ce que le travailleur pense de l'efficacité de cet équipement.

### L'entretien

Le stockage, l'inspection, le nettoyage et la réparation de l'équipement de protection devraient être assurés dans de bonnes conditions pour que celui-ci puisse remplir son office de manière satisfaisante.

Certains vêtements de protection sont soumis à des contraintes de stockage telles que la durée de vie en rayon ou le degré de protection requis contre le rayonnement UV, l'ozone, l'humidité, les températures extrêmes ou encore l'interdiction de les plier. Les produits en caoutchouc naturel, par exemple, sont précisément sujets à toutes les mesures de précaution qui précèdent. À titre indicatif, un grand nombre de combinaisons hermétiques en polymère peuvent s'abîmer si on les plie au lieu de les suspendre. Il est recommandé de consulter les fabricants ou les distributeurs pour connaître ces contraintes particulières.

Les vêtements de protection devraient être fréquemment contrôlés par les utilisateurs (lors de chaque usage, par exemple). Un autre moyen d'inciter les utilisateurs à vérifier leurs vêtements de travail est l'inspection croisée par les collègues. Il est conseillé également de prévoir, dans le règlement de l'entreprise, que les contremaîtres devront procéder à une inspection régulière des vêtements de protection (selon une périodicité bien établie). Les critères d'inspection dépendent de l'usage prévu; cependant, l'examen des déchirures, trous, imperfections et détériorations doit faire partie de ces critères. À titre d'exemple, il faut gonfler avec de l'air les gants en polymère utilisés pour la protection contre les liquides afin de s'assurer qu'il n'y a pas de fuite.

Le nettoyage des vêtements de protection avant réutilisation devrait être effectué avec soin. On peut nettoyer les tissus naturels par des méthodes de lavage normales s'ils ne sont pas contaminés par des substances toxiques. Les méthodes de nettoyage qui conviennent aux fibres et matières synthétiques sont généralement soumises à des limitations. Par exemple, certaines matières traitées pour résister au feu perdent leur efficacité si elles ne sont pas nettoyées correctement. Il arrive fréquemment que les vêtements

utilisés pour la protection contre les produits chimiques non solubles dans l'eau ne puissent être décontaminés par simple lavage au savon (ou autre détergent) et à l'eau. D'après les essais effectués sur les vêtements d'applicateurs de pesticides, il semble que les méthodes de lavage normales soient inefficaces dans le cas de nombreux pesticides. Le nettoyage à sec est tout à fait contre-indiqué, car il est souvent inefficace et peut entraîner une détérioration ou une contamination. Il importe de consulter le fabricant ou le distributeur avant d'essayer des procédés de nettoyage dont la sécurité et la fiabilité n'ont pas été clairement démontrées.

La plupart des vêtements de protection ne sont pas réparables, à l'exception de certaines combinaisons hermétiques en polymères; avant de procéder à une telle opération, il convient toutefois de consulter le fabricant.

### La bonne et la mauvaise utilisation

*Bonne utilisation.* Le choix et l'utilisation des vêtements de protection dépendent essentiellement de l'évaluation des risques encourus. On peut ensuite définir avec précision le niveau d'efficacité requis et les contraintes ergonomiques des tâches. En fin de compte, on cherchera un compromis entre les exigences de la protection du travailleur, le confort et le coût.

Une approche plus systématique consiste à établir un programme pilote, c'est-à-dire une méthode qui permette de minimiser les risques d'erreur, d'améliorer la protection et de fixer des règles cohérentes pour le choix et l'utilisation des vêtements de protection. Un tel programme devrait comprendre les éléments suivants:

1. un organigramme;
2. une méthode d'évaluation des risques;
3. une évaluation des autres moyens de protection;
4. des critères d'efficacité pour les vêtements de protection;
5. des critères et des méthodes de sélection afin d'optimiser les choix;
6. des spécifications pour l'achat des vêtements de protection;
7. un plan de validation du choix effectué;
8. des critères de décontamination et de réutilisation, le cas échéant;
9. un programme de formation des utilisateurs;
10. un programme de vérification de la bonne application des règles.

*Mauvaise utilisation.* Il existe de nombreux cas de mauvaise utilisation des vêtements de protection. Elle résulte souvent d'un manque de compréhension des limitations de ces vêtements de la part des responsables ou des travailleurs, ou des deux à la fois. Un exemple caractéristique serait l'utilisation de vêtements de protection non résistants au feu par des travailleurs qui manipulent des solvants inflammables ou qui travaillent au contact direct des flammes, de charbons ardents ou de métaux en fusion. Les vêtements de protection fabriqués à l'aide de matières à base de polymères telles que le polyéthylène entretiennent la combustion et peuvent fondre sur la peau, provoquant ainsi des brûlures encore plus graves.

Une autre erreur manifeste serait la réutilisation de vêtements de protection (notamment de gants) lorsque le produit chimique en a contaminé l'intérieur, ce qui aurait pour conséquence d'augmenter l'exposition du travailleur à chaque nouvelle utilisation. On rencontre souvent une variante de ce problème lorsque le travailleur utilise des gants en fibres naturelles (cuir ou coton, par exemple) ou ses propres chaussures pour travailler au contact de produits chimiques liquides. Si les produits chimiques éclaboussent les fibres naturelles, celles-ci resteront longtemps imprégnées et pourront contaminer la peau elle-même. Une difficulté analogue peut survenir lorsque des vêtements de travail contaminés sont rapportés au domicile du travailleur pour être nettoyés, ce



qui risque de contaminer la famille entière; cela arrive fréquemment, car les vêtements de travail sont en général lavés avec les autres vêtements de la famille. Dès lors que de nombreux produits chimiques sont insolubles dans l'eau, ils peuvent contaminer les autres vêtements par simple action mécanique. On a constaté plusieurs cas de contamination de ce genre, en particulier dans les industries de fabrication de pesticides ou de transformation des métaux lourds (intoxication des familles de travailleurs qui sont au contact de mercure ou de plomb). Ce ne sont là que quelques-uns des exemples les plus flagrants d'une mauvaise utilisation des vêtements de protection. On peut résoudre ces difficultés simplement si l'on a compris le bon usage et les limites de ces vêtements; cette information devrait pouvoir être obtenue facilement auprès du fabricant et des spécialistes de la prévention.

## ● LA PROTECTION RESPIRATOIRE

*Thomas J. Nelson*

Dans certaines industries, l'air contaminé par des poussières, des fumées, des brouillards, des vapeurs ou des gaz potentiellement dangereux peut être nocif pour les travailleurs. Il est important de limiter de telles expositions si l'on veut prévenir les atteintes à la santé et les maladies professionnelles. La meilleure méthode pour ce faire consiste à réduire autant que possible les risques de contamination sur les lieux de travail, notamment par des moyens de prévention technique (encoffrement ou confinement des opérations, ventilation généralisée ou localisée, remplacement des substances dangereuses par des substances moins nocives, par exemple). Lorsqu'il n'est pas possible de faire appel à des moyens de prévention technique efficaces, ou pendant que ces mesures sont mises en place ou testées, on peut avoir recours à des appareils de protection respiratoire. Pour que ces appareils puissent remplir leur rôle, il convient de bien choisir et de bien organiser le programme de protection respiratoire.

### Les risques respiratoires

Les risques pour l'appareil respiratoire peuvent être dus soit à des aérocontaminants, soit à un manque d'oxygène. Le type de contaminant (matière particulaire, gaz ou vapeur) est lié à l'activité exercée (voir tableau 31.12).

L'oxygène, constituant normal de l'atmosphère, est nécessaire à la vie. Du point de vue physiologique, le manque d'oxygène se manifeste par une insuffisance de ce gaz au niveau des tissus organiques. Cette insuffisance peut être causée par la diminution de la teneur de l'air en oxygène ou par la diminution de la pression partielle d'oxygène (la pression partielle d'un gaz est égale à la proportion de ce gaz dans l'air, multipliée par la pression atmosphérique totale). L'hypoxie dans un lieu de travail se produit le plus souvent lorsque, dans un espace confiné, l'oxygène est déplacé par un autre gaz.

### Les types d'appareils de protection respiratoire

Les appareils de protection respiratoire sont classés selon le type de couvre-face qu'ils comportent et selon le système de protection choisi contre les contaminants ou le manque d'oxygène: filtration ou adduction d'air.

#### Les couvre-face

Les voies d'entrée de l'appareil respiratoire sont le nez et la bouche. Pour qu'une protection respiratoire soit efficace, le nez et la bouche doivent être obturés par un couvre-face dont la fonction est d'isoler d'une manière ou d'une autre les voies respiratoires

des substances dangereuses présentes dans l'atmosphère, tout en assurant une alimentation suffisante en oxygène. On trouve différents modèles de couvre-face ajustés ou non ajustés.

Les couvre-face de type ajusté sont les quarts de masques, les demi-masques, les masques complets et les embouts buccaux. Le quart de masque couvre le nez et la bouche; le bord étanche va de l'arête du nez jusqu'au-dessous des lèvres (quart du visage). Le bord du demi-masque va de l'arête du nez à la partie inférieure du menton (moitié du visage). Le bord du masque complet va du milieu du front jusqu'au-dessous du menton, recouvrant la totalité du visage.

En ce qui concerne les appareils à embout buccal, le système de protection des voies d'entrée est légèrement différent. Le travailleur mord un embout de caoutchouc relié à l'appareil respiratoire et utilise une pince-narines pour se boucher le nez. De cette façon, les deux voies d'entrée du système respiratoire sont obturées. Les appareils à embout buccal constituent une catégorie à part et sont utilisés uniquement dans le cas où il faut évacuer un lieu contaminé. Leur usage étant très restreint, il n'en sera pas question ici.

On peut utiliser les couvre-face de type quart de masque, demi-masque ou masque complet avec un appareil respiratoire filtrant ou sur un appareil à adduction d'air. L'embout buccal, quant à lui, ne s'adapte que sur les appareils filtrants.

Comme leur nom l'indique, les couvre-face non ajustés ne comportent pas de bord étanche protégeant les voies respiratoires. Ils recouvrent simplement le visage, la tête, ou encore la tête et les épaules, créant ainsi un espace protégé. On range également dans cette catégorie les combinaisons qui enveloppent le corps entier (les combinaisons ne comprennent pas les vêtements qui servent de protection cutanée uniquement, tels que les combinaisons anti-projections). Etant donné qu'ils n'isolent pas le visage, les couvre-face non ajustés ne fonctionnent qu'avec des appareils à adduction d'air. Dans ce cas, le débit d'air fourni doit être supérieur au débit d'air nécessaire à la respiration afin d'empêcher que les polluants extérieurs ne pénètrent dans l'appareil.

#### Les appareils filtrants

Dans un appareil filtrant, l'air ambiant passe par un filtre qui élimine les agents contaminants. L'air circule à travers le filtre par la simple action mécanique de la respiration (appareils à pression négative) ou au moyen d'un ventilateur (appareils à ventilation assistée).

Tableau 31.12 • Risques inhérents à certaines activités

Type de risque	Sources ou activités	Exemples
Poussières	Sciage, meulage, ponçage, ébarbage, sablage	Poussières de bois, poussières de charbon, poussières de silice
Fumées	Soudage, brasage, métallurgie	Plomb, zinc, fumées d'oxyde de fer
Brouillards	Peinture au pistolet, électrodéposition, usinage	Brouillards de peinture, brouillards d'huile
Fibres	Isolation, garnitures de friction	Amiante, fibre de verre
Gaz	Soudage, moteurs à combustion interne, traitement des eaux	Ozone, dioxyde de carbone, monoxyde de carbone, chlore
Vapeurs	Dégraissage, peinture, produits de nettoyage	Chlorure de méthylène, toluène, essences minérales



Le type de filtre détermine les contaminants qui seront éliminés. Pour l'élimination des aérosols, on fait appel à des filtres à efficacité variable; le choix du filtre dépend des caractéristiques des aérosols, et notamment de la taille des particules. Quant aux cartouches antigaz, elles contiennent une substance choisie spécifiquement pour absorber la vapeur ou le gaz contaminant ou pour réagir en sa présence.

### **Les appareils alimentés en air (appareils isolants)**

Les appareils isolants forment une catégorie d'appareils qui permettent d'obtenir une atmosphère respirable indépendante de celle du lieu de travail. Le modèle à adduction d'air comprimé peut fonctionner de trois façons: à la demande, à débit continu ou à la demande à pression positive. Les appareils respiratoires qui fonctionnent à la demande ou à la demande à pression positive peuvent être équipés d'un couvre-face de type demi-masque ou masque complet. Le modèle à débit continu peut également être équipé d'un casque/cagoule ou d'un couvre-face non ajusté (souple).

Le second type d'appareil isolant, dit *autonome*, comporte un système autonome d'alimentation en air. Ces appareils ne peuvent être utilisés que s'il s'agit d'évacuer un endroit dont l'atmosphère est dangereuse ou pour y pénétrer. L'air provient d'une bouteille d'air comprimé ou est produit par réaction chimique.

Certains appareils de protection respiratoire à adduction d'air sont équipés d'une petite bouteille de secours qui permet à l'utilisateur de s'échapper de la zone dangereuse même en cas de défaillance de la bouteille principale.

### **Les modèles mixtes**

Certains appareils spéciaux peuvent être employés à la fois avec adduction d'air et avec filtre. Ce sont des *appareils de protection respiratoire mixtes*.

## **Les programmes de protection respiratoire**

Pour qu'un appareil de protection respiratoire puisse fonctionner comme prévu, il faut mettre en place un programme minimal qui tienne compte de certaines exigences d'ordre général, et cela, quels que soient le type d'appareil utilisé, le nombre d'utilisateurs et la complexité d'emploi. Pour des programmes simples, des directives de base sont suffisantes. Les programmes plus importants devraient être plus détaillés.

A titre d'exemple, examinons l'organisation des contrôles d'étanchéité des appareils. Pour un programme portant sur une ou deux personnes, on peut enregistrer sur une simple fiche la date du dernier test, l'identification de l'appareil testé et la méthode utilisée, alors que pour un programme important concernant des centaines d'utilisateurs, il faudra recourir à une base de données informatisées, ainsi qu'à un système permettant de recenser et de convoquer les personnes qui devront subir un contrôle portant sur la bonne adaptation de l'équipement.

Un bon programme devrait comporter les six éléments suivants.

### **1. La gestion du programme**

La responsabilité du programme devrait être confiée à une seule personne, afin que la direction sache à qui s'adresser le cas échéant. Il est tout aussi important que cette personne soit habilitée à prendre des décisions et à gérer le programme.

Ce responsable devrait être suffisamment au fait des exigences de la protection respiratoire pour pouvoir superviser le programme d'une manière sûre et efficace. Il lui incombera de contrôler les risques respiratoires, de tenir les registres et d'évaluer le programme de protection.

### **2. Les directives écrites**

Les directives relatives au programme seront communiquées par écrit à chacun des participants qui saura ainsi ce qu'il faut faire, quelle est la personne responsable et de quelle façon le programme doit être appliqué. Elles devraient énoncer les objectifs du programme et préciser que son application et la protection de la santé des travailleurs incombent à la direction de l'entreprise. En outre, elles devraient aborder les points ci-après:

- choix des appareils;
- entretien, inspection et réparation;
- formation des employés, des cadres et de la personne qui distribue les appareils;
- contrôle de l'ajustement (étanchéité, notamment);
- tâches administratives comprenant les achats, la gestion des stocks et la tenue des registres;
- maîtrise des risques;
- contrôle de l'utilisation des appareils;
- surveillance médicale;
- appareils de secours en cas d'urgence;
- évaluation du programme.

### **3. La formation**

La formation est une partie importante du programme de protection respiratoire. Les cadres, les utilisateurs et les personnes chargées de la distribution des appareils devraient avoir reçu une formation adéquate. L'agent responsable devrait bien connaître les appareils employés et la raison pour laquelle ils le sont, afin d'en assurer le bon usage; en fait, la personne chargée de la distribution des appareils devrait avoir une formation suffisante pour être sûre de fournir dans chaque cas l'appareil qui convient.

Les travailleurs se servant des appareils de protection respiratoire devraient suivre une formation initiale, puis un recyclage périodique. La formation devrait comprendre des explications et des commentaires sur les points suivants:

1. la nature des risques respiratoires et les éventuelles conséquences pathologiques d'une mauvaise utilisation des appareils;
2. la raison pour laquelle un certain type d'appareil a été choisi;
3. le mode de fonctionnement de cet appareil et ses limites;
4. la manière de porter l'appareil et de vérifier son bon fonctionnement;
5. l'entretien, l'inspection et le rangement de l'appareil;
6. le test d'étanchéité pour les appareils à pression négative.

### **4. L'entretien des appareils de protection respiratoire**

L'entretien des appareils comprend un nettoyage régulier, la détection d'éventuelles détériorations et le remplacement des pièces usagées. La meilleure source d'informations sur la façon d'effectuer le nettoyage, l'inspection, la réparation et l'entretien est le fabricant du matériel.

Les appareils devraient être nettoyés et désinfectés régulièrement. Si un appareil est employé par plusieurs personnes, il devrait être nettoyé et désinfecté à chaque changement d'utilisateur. Les appareils destinés à être utilisés en cas d'urgence devraient être nettoyés et désinfectés après chaque utilisation; cette procédure ne devrait pas être négligée, car il importe que cet équipement soit toujours en bon état. Il faut, par exemple, contrôler la température des liquides de nettoyage pour ne pas abîmer les pièces en élastomère, ou encore nettoyer certaines pièces avec soin ou d'une manière particulière afin de ne pas les détériorer. La documentation fournie par le fabricant précisera la marche à suivre.

Après nettoyage et désinfection, il convient d'inspecter chaque appareil pour s'assurer qu'il est en bon état de fonctionnement, de

vérifier si certaines pièces doivent être remplacées ou réparées ou s'il doit être mis au rebut. L'utilisateur devrait avoir reçu une formation suffisante et bien connaître son appareil de façon à être capable de le vérifier avant chaque utilisation et de confirmer son bon état de marche.

Les appareils réservés aux interventions d'urgence devraient être inspectés régulièrement, de préférence une fois par mois. Lorsqu'on utilise un de ces appareils, il faut le nettoyer et l'inspecter avant de le réutiliser ou de le ranger.

En général, l'inspection comprendra une vérification de l'étanchéité, de l'état du couvre-face, du harnais, des soupapes, des raccords, des courroies, des tuyaux, des filtres, des cartouches, des boîtes, des indicateurs de limite d'utilisation, des composants électriques et de la date limite de stockage, ainsi que du bon fonctionnement des régulateurs, des systèmes d'alarme et de mise en garde.

L'inspection des pièces en élastomère et en plastique, fréquentes dans ce type d'équipement, devrait être effectuée avec un soin particulier. On peut vérifier la souplesse des pièces en caoutchouc ou en élastomère et s'assurer de leur bon état en étirant et en pliant le matériau, de façon à détecter les fissures et les signes d'usure. Les soupapes inspiratoires et expiratoires sont en général assez minces et fragiles. Il faut également vérifier qu'il n'y ait aucun dépôt de savon ou autre détergent sur les joints isolants des soupapes. La détérioration de ces pièces ou la formation de dépôts peut provoquer des fuites au niveau de la soupape. Il faut aussi inspecter les pièces en plastique et s'assurer du bon état du filetage des cartouches, par exemple.

Il importe de s'assurer que les bouteilles d'air et d'oxygène ont bien été remplies conformément aux recommandations du fabricant. Certaines bouteilles devraient être inspectées régulièrement pour vérifier l'état du métal et l'absence de rouille. Cette inspection peut comprendre une épreuve hydrostatique de routine pour tester l'intégrité de la bouteille.

Les pièces défectueuses devraient être remplacées uniquement par du matériel fourni par le fabricant. Il arrive que certaines pièces ressemblent à celles d'autres fabricants, mais que leur fonctionnement soit différent. Toute personne qui effectue des réparations devrait avoir reçu une formation suffisante en matière d'entretien, d'assemblage et de démontage des appareils.

L'entretien des équipements isolants à adduction d'air ou autonomes nécessite une formation plus complète. Les soupapes de réduction de pression ou d'admission, les régulateurs et les dispositifs d'alarme ne devraient être réglés ou réparés que par le fabricant ou par un technicien formé par celui-ci.

Les appareils qui ne sont pas conformes aux normes d'inspection en vigueur devraient être immédiatement retirés du service et réparés ou remplacés.

Les appareils devraient être correctement stockés. Ils risquent en effet de se détériorer s'ils ne sont pas protégés contre les agents physiques et chimiques tels que les vibrations, le soleil, la chaleur, le froid intense, l'excès d'humidité et les produits chimiques corrosifs. Les élastomères utilisés dans les masques se dégradent facilement s'ils ne sont pas protégés. On ne devrait pas stocker des appareils de protection respiratoire dans des endroits tels que des vestiaires ou des boîtes à outils, à moins qu'ils ne soient protégés contre toute contamination ou détérioration.

### 5. L'évaluation médicale

Les appareils de protection respiratoire peuvent parfois porter atteinte à la santé des personnes qui les utilisent, en raison de la contrainte supplémentaire qu'ils imposent à leur système pulmonaire. Il est indiqué qu'un médecin examine les usagers potentiels afin de déterminer s'ils peuvent utiliser ces appareils sans problème. La teneur de l'examen médical relève du médecin; dans certains cas, il pourra demander un bilan de santé plus complet.

Pour ce faire, le médecin devrait connaître le type d'appareil utilisé ainsi que la nature et la durée du travail à exécuter avec celui-ci. Un individu en bonne santé ne devrait pas être gêné par le port de la plupart des appareils de protection respiratoire, notamment les modèles légers à filtre.

Un examen médical plus approfondi sera nécessaire dans le cas des personnes appelées à utiliser un appareil isolant autonome en cas d'urgence. Le poids de l'appareil lui-même augmente considérablement la charge de travail.

### 6. Les appareils de protection respiratoire homologués

De nombreux gouvernements ont mis au point des programmes de tests et une procédure d'homologation pour les appareils utilisés sur le territoire national. Il faut, dans ce cas, se servir d'appareils homologués car, du fait même de leur homologation, ils répondent à des exigences minimales d'efficacité. En l'absence de procédure officielle d'homologation exigée par le gouvernement, un appareil respiratoire agréé par un organisme compétent offrira une meilleure garantie d'efficacité qu'un appareil n'ayant subi aucun test spécial.

### Les difficultés rencontrées dans les programmes de protection respiratoire

La gestion d'un programme de protection respiratoire peut se heurter à diverses difficultés liées à la pilosité faciale et à la compatibilité de l'appareil avec les lunettes et les autres équipements de protection portés en même temps.

#### La pilosité faciale

La pilosité faciale peut poser des problèmes. Certains travailleurs portent la barbe pour des raisons d'esthétique; d'autres ont du mal à se raser, car ils souffrent d'une affection qui provoque l'apparition de contre-poils après rasage. Lorsqu'on inspire, une pression négative se crée à l'intérieur de l'appareil, ce qui permet aux contaminants d'y pénétrer si l'étanchéité de l'appareil n'est pas parfaite; c'est le cas aussi bien pour les appareils filtrants que pour ceux à adduction d'air. Il faut donc parvenir à un compromis qui permette aux personnes de garder la barbe tout en protégeant leur santé.

Plusieurs études ont montré que la pilosité faciale au niveau du bord d'un appareil ajusté provoque des fuites excessives. Elles ont aussi révélé que les fuites dues à la pilosité sont tellement variables qu'il est impossible de déterminer si la protection est suffisante, même si l'appareil est fait sur mesure. En conclusion, un travailleur portant la barbe et un appareil respiratoire ajusté ne peut être certain d'être bien protégé.

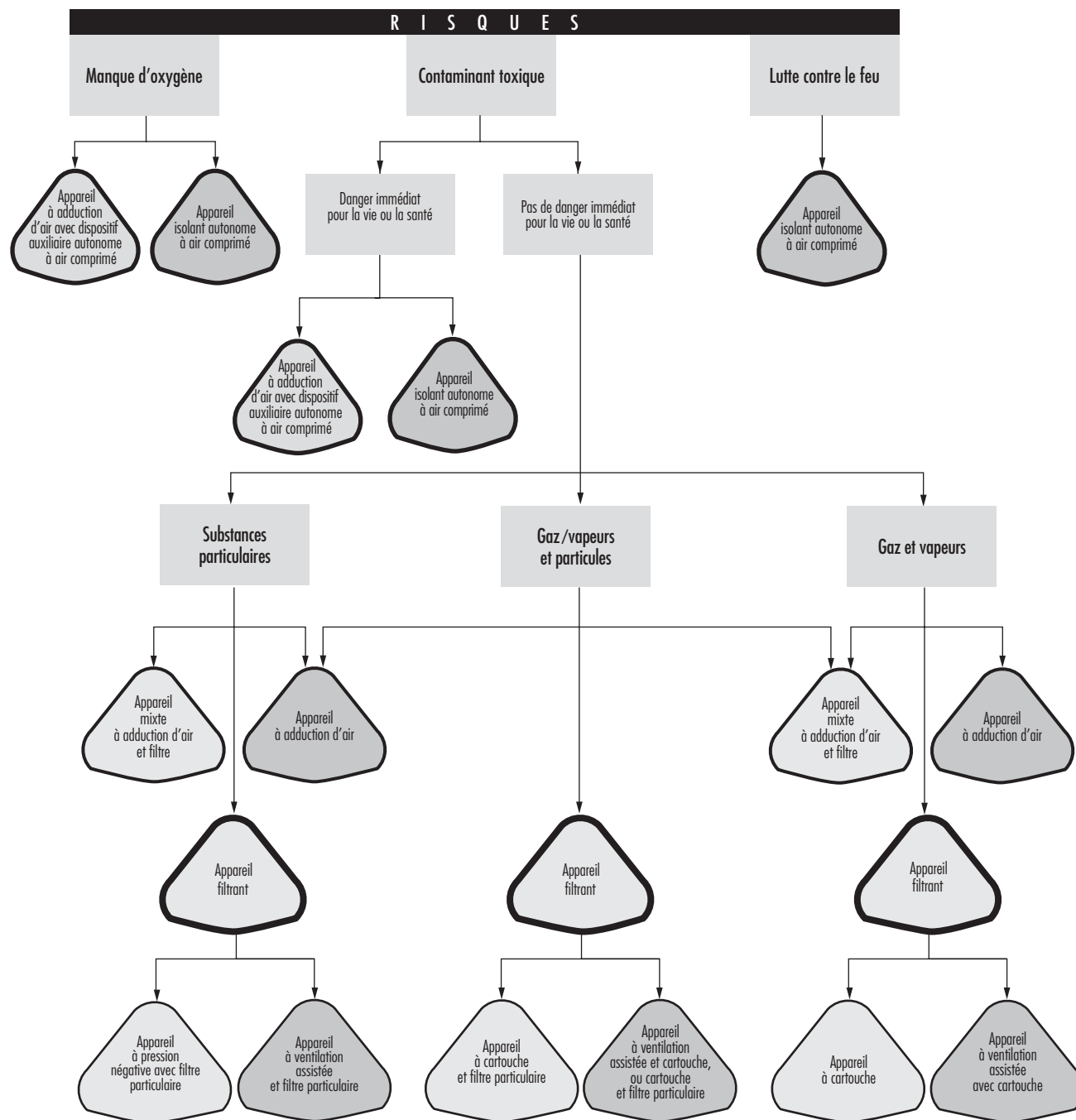
La solution consiste, en premier lieu, à décider si l'on peut utiliser un appareil respiratoire non ajusté. Exception faite des appareils autonomes et des appareils mixtes, il existe, pour chaque type d'appareil ajusté, un appareil non ajusté assurant une protection équivalente.

On peut aussi muter le travailleur à une tâche ne nécessitant pas de protection respiratoire et, en dernier ressort, lui demander de se raser. Pour bien des personnes qui ont du mal à se raser, on peut trouver une solution médicale leur permettant à la fois de se raser et de porter un appareil de protection respiratoire.

#### Les lunettes et autres équipements de protection

De nombreux travailleurs ont besoin de lunettes pour bien voir et, dans certains environnements industriels, il faut porter des lunettes de sécurité ou des protecteurs oculaires pour se prémunir contre les projections d'éclats et de débris. Dans le cas des appareils respiratoires à demi-masque, les lunettes et les protecteurs oculaires risquent de diminuer l'étanchéité au niveau de l'arête du nez. Dans le cas des masques complets, les branches de lunettes créent un espace au niveau du bord, ce qui provoque des fuites.

Figure 31.19 • Guide pour la sélection des appareils de protection respiratoire



Source: American Industrial Hygiene Association, 1991.

Il existe heureusement des solutions. Pour les appareils à demi-masque, on procédera à un test d'étanchéité alors que le travailleur porte les lunettes, protecteurs oculaires et autres équipements de protection requis. Le test doit permettre de vérifier que le bon fonctionnement de l'appareil n'est pas affecté par le port des lunettes et autres équipements.

Avec les masques complets, le travailleur pourra porter soit des lentilles de contact, soit des lunettes spéciales placées à l'intérieur; la plupart des fabricants fournissent des lunettes spéciales à cet

effet. A une certaine époque, il était déconseillé de porter des lentilles de contact avec un appareil de protection respiratoire, mais les recherches ont prouvé que cela ne posait pas de problème.

**Méthode proposée pour la sélection des appareils de protection respiratoire**

Pour bien choisir un appareil de ce type, il faut analyser l'usage qui en sera fait et bien comprendre les limitations de chaque

modèle. Les aspects généraux à prendre en considération sont: les tâches que le travailleur doit exécuter, la manière dont l'appareil sera utilisé, où le travail sera exécuté, les contraintes qui risquent d'être imposées par l'appareil pendant le travail (voir figure 31.19.).

Lors de la sélection d'un appareil respiratoire, il convient de tenir compte de l'activité exercée par le travailleur et du poste qu'il occupe dans la zone dangereuse (il faut déterminer, par exemple, si le travailleur est appelé à rester dans la zone dangereuse de façon continue ou intermittente et si la tâche à effectuer est légère, moyennement pénible ou pénible). Pour une utilisation en continu et un travail pénible, il est conseillé de choisir un appareil respiratoire de faible poids.

Il peut arriver que les conditions ambiantes et les efforts requis aient un effet sur la durée de vie de l'appareil. Ainsi, lors d'un effort physique intense, l'utilisateur peut épuiser la réserve d'air d'un appareil autonome et réduire sa durée de fonctionnement de moitié ou davantage.

Un facteur important dans le choix d'un appareil respiratoire est la durée d'utilisation. Il faut aussi prendre en considération le type de tâche — routinière ou non, urgence, sauvetage, etc. — auquel il est destiné.

Tableau 31.13 • Facteurs de protection assignés d'après la norme ANSI Z88.2-1992

Types d'appareils	Types de couvre-face			
	Demi-masque <sup>1</sup>	Masque complet	Casque/cagoule	Couvre-face non ajusté
Appareils filtrants	10	100		
<b>A adduction d'air</b>				
Isolant autonome à air comprimé (à la demande) <sup>2</sup>	10	100		
A adduction d'air comprimé (à la demande)	10	100		
A ventilation assistée	50	1 000 <sup>3</sup>	1 000 <sup>3</sup>	25
<b>A adduction d'air comprimé</b>				
A pression positive à la demande	50	1 000	—	—
A débit continu	50	1 000	1 000	25
<b>Autonomes</b>				
A pression positive (circuit ouvert/fermé à la demande)	—	4	—	—

<sup>1</sup> Y compris les quarts de masques, les demi-masques jetables et les demi-masques en élastomère. <sup>2</sup> Ne pas utiliser les appareils autonomes à la demande en cas d'urgence, par exemple lors d'incendies. <sup>3</sup> Les facteurs de protection indiqués ci-dessus concernent les filtres à haut rendement et les adsorbants (cartouches). Pour les filtres à poussières, étant donné leurs limitations, il est recommandé d'utiliser un facteur de protection assigné de 100. <sup>4</sup> Bien que les appareils à pression positive soient considérés à l'heure actuelle comme étant les plus performants, il semble, d'après quelques simulations effectuées sur le terrain, que tous les utilisateurs n'atteignent pas un facteur de protection de 10 000. On en conclut qu'il n'est pas possible d'attribuer un facteur de protection aux appareils autonomes à pression positive. Afin de faciliter la planification des mesures d'urgence, lorsque les concentrations dangereuses peuvent être estimées, il ne faut pas utiliser un facteur de protection assigné supérieur à 10 000.

Note: les facteurs de protection assignés ne concernent pas les appareils de secours. Pour les appareils mixtes, par exemple les appareils à adduction d'air comprimé équipés d'un filtre, le mode opératoire déterminera le facteur de protection assigné qu'il convient de choisir.

Source: ANSI, 1992.

Avant de choisir un appareil, il faut localiser la zone dangereuse et vérifier s'il existe à proximité une zone sûre avec une atmosphère respirable. On pourra ainsi planifier l'évacuation des travailleurs en cas d'urgence et leur accès pour les opérations d'entretien et de sauvetage. Si la distance jusqu'à la zone d'air respirable est importante ou si le travailleur doit contourner des obstacles, monter des marches ou gravir une échelle, il est déconseillé de choisir un appareil à adduction d'air.

S'il y a un risque d'hypoxie, il faut mesurer le taux d'oxygène dans l'espace de travail considéré. Le type d'appareil (à filtre ou à adduction d'air) qui pourra être utilisé dépendra de la pression partielle d'oxygène. Étant donné que les appareils filtrants ne font que purifier l'atmosphère, il est essentiel que l'air ambiant contienne suffisamment d'oxygène pour permettre de respirer.

Le choix d'un appareil implique également l'analyse de chaque opération, afin de déterminer les dangers éventuels et de sélectionner le type d'appareil qui assurera une protection suffisante.

### La méthode d'évaluation des risques

Pour déterminer les propriétés des produits contaminants qui peuvent être présents sur le lieu de travail, il faut consulter la source d'information la plus fiable, c'est-à-dire les fournisseurs de ces produits. Nombre d'entre eux remettent à leurs clients des fiches techniques de sécurité qui identifient les composants des produits et fournissent des données sur la toxicité et les limites d'exposition admissibles. Il convient de rechercher s'il existe, pour le ou les contaminants considérés, des limites d'exposition publiées et reconnues — telles que la valeur seuil (TLV), la valeur plafond (MEL, C), la concentration moyenne pondérée dans le temps (TWA), la concentration maximale admissible (MAK) ou la valeur limite d'exposition de courte durée (STEL). Il convient aussi de vérifier s'il existe un seuil de risque immédiat pour la vie ou la santé. Tous les appareils comportent certaines limites d'utilisation selon le niveau d'exposition. La connaissance de ces diverses données est nécessaire pour déterminer si l'appareil peut assurer une protection suffisante.

Il faut également rechercher s'il existe des normes officielles pour le ou les contaminants considérés (il en existe pour le plomb et l'amiante, en particulier). Dans l'affirmative, il se peut qu'un certain type d'appareil soit obligatoire, ce qui rend le choix plus facile.

Une caractéristique importante est l'état physique du contaminant. S'il s'agit d'un aérosol, il faut déterminer ou évaluer la taille des particules. La pression de vapeur d'un aérosol joue également un rôle significatif lorsque la température ambiante atteint son maximum.

Il faut aussi établir si le contaminant présent dans l'air peut être absorbé par voie percutanée, provoquer une sensibilisation cutanée ou avoir un effet irritant ou corrosif pour les yeux ou la peau. Dans le cas d'un contaminant présent sous forme de gaz ou de vapeur, il importe de savoir s'il a une certaine odeur, un certain goût ou s'il est irritant à une certaine concentration.

Après avoir identifié le contaminant en question, il s'agit de définir sa concentration; cela se fait habituellement en prélevant un échantillon de la substance et en le faisant analyser par un laboratoire. Il est parfois possible d'estimer le niveau de l'exposition en procédant comme suit.

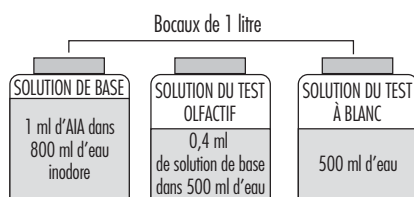
### L'estimation de l'exposition

Il n'est pas toujours nécessaire de procéder à un échantillonnage pour déterminer les risques. On peut estimer l'exposition en la comparant avec les données relatives à des opérations similaires ou en effectuant des calculs au moyen d'un modèle. L'estimation de l'exposition maximale probable peut se faire au moyen de modèles ou en exerçant son propre jugement, et elle peut servir de base au choix d'un appareil de protection respiratoire. Le modèle

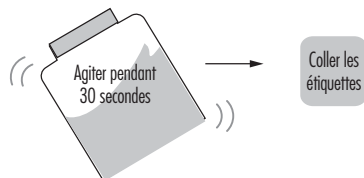
Figure 31.20 • Test qualitatif d'étanchéité à l'acétate d'isoamyle

## Détermination du seuil olfactif

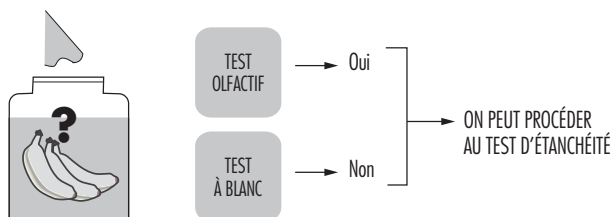
1. Se procurer 3 bocaux en verre d'une contenance de 1 litre (par exemple, des bocaux à conserves). Il convient de noter que certains fabricants vendent un matériel d'essai comportant tous les éléments et solutions nécessaires.
2. Utiliser pour les solutions de l'eau inodore (par exemple, de l'eau distillée ou de l'eau de source) à une température d'environ 25 °C.
3. Préparer la solution de base en mélangeant 1 ml d'acétate d'isoamyle pur (AIA) avec 800 ml d'eau inodore, dans un bocal de 1 litre et en l'agitant pendant 30 secondes. Cette solution devrait être refaite au moins une fois par semaine.
4. Préparer la solution destinée au test olfactif dans un deuxième bocal en versant 0,4 ml de la solution de base dans 500 ml d'eau inodore, à l'aide d'un compte-gouttes ou d'une pipette propre. Agiter pendant 30 secondes et laisser reposer durant 2 à 3 minutes jusqu'à ce que la concentration d'AIA qui surnage se stabilise. Cette solution devrait être changée chaque jour.
5. Préparer un test à blanc dans un troisième bocal en ajoutant 500 ml d'eau inodore.



6. Effectuer le test de détection du seuil olfactif dans une pièce autre que celle qui sera utilisée pour le test d'étanchéité. Il faut que ces deux pièces soient bien ventilées par deux systèmes différents — elles ne doivent pas être raccordées à un système de ventilation à recirculation d'air.
7. Etiqueter le bocal du test olfactif et le bocal du test à blanc de façon qu'on puisse les reconnaître.



8. Demander à la personne soumise au test de s'assurer que les couvercles sont bien fermés, puis de secouer chacun des bocaux avant d'en dévisser le couvercle et de respirer tout près de l'ouverture du bocal pour indiquer celui qui dégage une odeur de banane.
9. Préparer le mélange utilisé pour le test de détection de l'odeur d'AIA dans une pièce autre que celle où le test sera effectué, de manière à ne pas altérer la sensibilité olfactive du sujet.
10. Si le sujet n'est pas capable d'identifier correctement le bocal contenant la solution soumise au test olfactif, il ne faut pas procéder au test d'étanchéité.

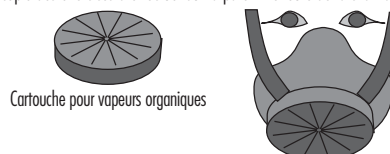


## Test d'étanchéité

1. La chambre expérimentale ressemble en gros à la chemise interne d'un fût de 200 litres suspendue à l'envers au-dessus d'un cadre de 60 cm de diamètre environ, de façon que son sommet se trouve à 15 cm environ de la tête du sujet. Fixer un petit crochet au fond de la chambre.



2. Equiper chacun des appareils de protection respiratoire dont il faut vérifier le bon équipement et l'étanchéité de cartouches pour vapeurs organiques ou de tout autre système de protection contre les vapeurs organiques. Les cartouches ou les masques devraient être changés au moins une fois par semaine.
3. Après avoir choisi un appareil de protection respiratoire et après l'avoir bien ajusté sur l'utilisateur, placer celui-ci dans la pièce où aura lieu le test d'étanchéité. Cette pièce devra être autre que la pièce ayant servi à la détection du seuil olfactif et à la sélection de l'appareil, et elle devra être bien ventilée par un système ou une hotte d'aspiration afin d'empêcher que la pièce entière ne soit contaminée.
4. Coller une copie des exercices à effectuer sur la paroi intérieure de la chambre expérimentale.



5. Lorsque la personne soumise au test entre dans la chambre expérimentale, lui remettre une feuille de 12 x 15 cm environ de papier absorbant ou de toute autre matière poreuse absorbante constituée d'une couche unique, pliée en deux et imprégnée de 0,75 ml d'AIA pur. Lui demander de la suspendre au crochet.
6. Attendre 2 minutes afin que la concentration d'AIA soit suffisante pour commencer les exercices d'étanchéité. On peut pendant ce temps expliquer au sujet le protocole du test, l'importance de sa coopération, l'objet des exercices à effectuer avec la tête et lui montrer certains des exercices.
7. Chaque exercice devrait être effectué pendant une durée allant de 30 secondes à 1 minute.
8. Si, à un moment quelconque durant le test, le sujet détecte l'odeur de banane de l'AIA, il devrait sortir de la chambre expérimentale et quitter le lieu du test rapidement, afin d'éviter que ses sens olfactifs ne s'épuisent.



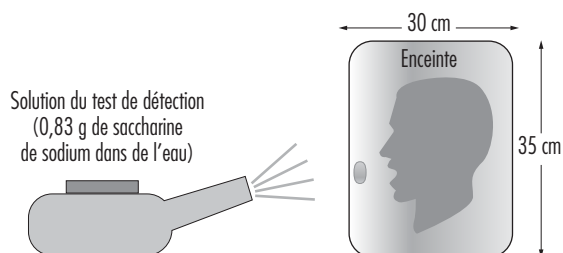
9. Lorsque le sujet revient dans la pièce réservée aux choix des appareils de protection respiratoire, il devrait retirer l'appareil, refaire le test de sensibilité olfactive, choisir et mettre un nouveau masque, aller à la chambre expérimentale, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ait trouvé l'appareil qui convient. S'il ne peut pas faire le test de sensibilité olfactive, il devrait attendre environ 5 minutes avant de recommencer. La sensibilité olfactive sera revenue la plupart du temps après ce délai.
10. Lorsqu'on a trouvé le bon appareil de protection respiratoire, il faut en prouver l'efficacité à l'utilisateur en lui demandant de laisser passer de l'air sous le bord et de prendre une inspiration avant de sortir de la chambre expérimentale.
11. Les personnes qui auront passé le test d'étanchéité avec succès pourront recevoir un appareil dont le facteur de protection est égal ou inférieur à 10.



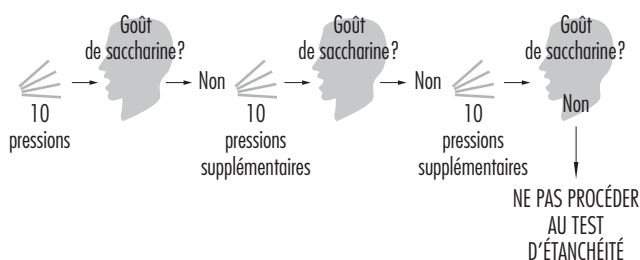
Figure 31.21 • Test qualitatif d'étanchéité à la saccharine en aérosol

## Détermination du seuil gustatif

1. Utiliser une enceinte d'environ 30 cm de diamètre et 35 cm de hauteur dont la paroi antérieure (au moins) est transparente. La tête, équipée de l'appareil de protection respiratoire, devrait pouvoir bouger librement. Il convient de noter que certains fabricants vendent un matériel de test contenant tous les éléments et solutions nécessaires.
2. L'enceinte devrait comporter un orifice de 4 cm environ devant le nez et la bouche du sujet, de façon à pouvoir y faire passer l'embout d'un nébuliseur.
3. Expliquer en détail le protocole du test avant de commencer.
4. Demander au sujet de placer sa tête à l'intérieur de l'enceinte. Pour le test de détection du seuil gustatif, le sujet devrait respirer par la bouche.
5. Pulvériser la solution à l'intérieur de l'enceinte au moyen d'un nébuliseur DeVilbiss (modèle 40) ou d'un nébuliseur similaire. Bien étiqueter le nébuliseur afin de ne pas le confondre avec celui qui contient la solution utilisée pour le test d'étanchéité (voir ci-après).
6. La solution permettant de déterminer le seuil de sensibilité se compose de 0,83 g de saccharine de sodium et d'eau. Pour la préparer, verser 1 ml de la solution destinée à être utilisée lors du test d'étanchéité (voir ci-après) dans 100 ml d'eau.



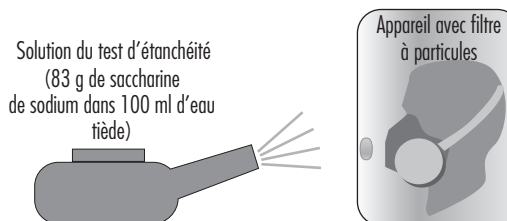
7. Pour obtenir l'aérosol, serrer fortement le corps du nébuliseur de façon à le comprimer complètement, puis relâcher pour qu'il reprenne sa forme initiale.
8. Presser 10 fois de suite rapidement, de manière à diriger l'aérosol de saccharine vers l'enceinte et demander au sujet s'il peut sentir le goût de la saccharine. Si le nébuliseur est utilisé correctement, il libérera environ 1 ml de liquide toutes les 10 pressions.
9. Si la première réaction est négative, presser à nouveau 10 fois rapidement et redemander si le goût de la saccharine est perceptible.
10. Si la seconde réaction est négative, renouveler ce test.
11. Noter le nombre de pressions nécessaires pour obtenir un résultat (10, 20 ou 30).



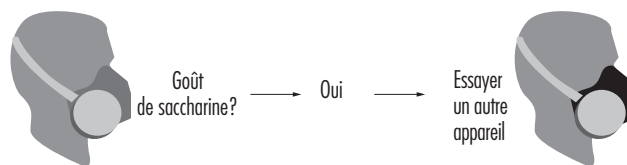
12. Si le goût de la saccharine n'a pas été perçu après 30 pressions, ne pas procéder au test d'étanchéité.
13. Dans le cas d'une réaction positive, demander au sujet de se souvenir du goût, afin de pouvoir s'y référer lors du test d'étanchéité.

## Test d'étanchéité

1. Utiliser la même enceinte que pour le test précédent.
2. Choisir les appareils de protection respiratoire à tester selon la méthode ci-contre. L'appareil devrait être équipé d'un filtre particulaire.
3. L'utilisateur devrait porter l'appareil plusieurs minutes avant de commencer le test d'étanchéité.
4. Mettre l'enceinte en place.
5. Demander à l'utilisateur de ne pas manger ni boire (excepté de l'eau), ni mâcher de chewing-gum pendant les 15 minutes qui précèdent le test.
6. Utiliser un second nébuliseur DeVilbiss (modèle 40) ou un nébuliseur similaire pour pulvériser la solution dans l'enceinte. Bien l'étiqueter pour ne pas le confondre avec le nébuliseur employé lors du test de détection du seuil gustatif.
7. Préparer la solution du test en versant 83 g de saccharine de sodium dans 100 ml d'eau tiède.
8. Comme auparavant, demander au sujet de respirer par la bouche.



9. Faire passer le nébuliseur par l'orifice situé à l'avant de l'enceinte. Comme pour le test de détection du seuil gustatif, pulvériser la solution à l'intérieur de l'enceinte et presser autant de fois que nécessaire (10, 20 ou 30 fois) pour obtenir une réaction gustative.
10. Après libération de l'aérosol, demander au sujet de faire les exercices de test mentionnés ci-dessus.
11. Toutes les 30 secondes, remplir le nébuliseur avec la concentration d'aérosols en pressant 2 fois moins souvent qu'avant (5, 10 ou 15 fois).



12. Demander au sujet d'indiquer s'il arrive à déceler un goût de saccharine.
13. Dans ce cas, considérer le test d'étanchéité comme négatif et essayer un autre appareil.
14. Les personnes qui auront passé le test d'étanchéité avec succès pourront recevoir un appareil dont le facteur de protection n'excède pas 10.

le plus simple pour ce faire est celui de l'évaporation: on fait évaporer une quantité donnée de la substance considérée dans un volume d'air connu et l'on dose la concentration des vapeurs dont on pourra déduire le niveau d'exposition. On peut procéder à des corrections afin de tenir compte des effets de dilution ou de la ventilation.

On peut également trouver des informations sur l'exposition dans les revues spécialisées ou dans des publications professionnelles qui fournissent des données d'exposition pour diverses bran-

ches d'activité. Les données provenant d'associations professionnelles et de programmes de prévention relatifs à des procédés similaires peuvent aussi se révéler utiles.

La mise en œuvre de mesures de protection sur la base d'une estimation du niveau d'exposition suppose une appréciation fondée sur l'expérience que l'on a du type d'exposition considéré. Ainsi, les données de monitoring de l'air recueillies en service normal ne seront d'aucune utilité si une fuite soudaine se produit pour la première fois dans une canalisation. Il faut anticiper le

risque de dégagements accidentels de ce genre avant de se prononcer sur la nécessité de mettre en place un programme de protection respiratoire, et sélectionner ensuite le type d'appareil adapté à la concentration probable du contaminant et à sa nature. Dans le cas d'un procédé dans lequel le toluène est utilisé à la température ambiante, par exemple, un appareil simple assurant un débit d'air continu suffit, puisque la concentration du toluène ne devrait pas dépasser le niveau de danger immédiat pour la vie et la santé qui est de 2 000 ppm. En cas de fuite se produisant dans une conduite de dioxyde de soufre, par contre, il faudra prévoir un dispositif plus efficace — par exemple un appareil isolant à adduction d'air avec une bouteille de secours — car ce genre de fuite peut rapidement provoquer une concentration ambiante du contaminant dépassant le niveau de danger immédiat pour la vie et la santé (20 ppm). Le processus de sélection des appareils sera examiné plus en détail dans la section qui suit.

### La sélection d'un modèle spécifique d'appareil de protection respiratoire

Lorsqu'il est impossible de déterminer à quels contaminants potentiellement dangereux on a affaire, il faut considérer l'atmosphère en question comme présentant un danger immédiat pour la vie ou la santé. Il faut, dans ce cas, avoir recours à un appareil autonome ou à un appareil à adduction d'air avec bouteille de secours. De même, si l'on ne dispose d'aucune valeur limite d'exposition, ni d'aucune directive, et s'il est impossible d'estimer la toxicité, il faut considérer l'atmosphère comme présentant un risque immédiat dangereux pour la vie ou la santé et choisir un appareil autonome (voir, plus loin, les commentaires relatifs aux atmosphères de cette catégorie).

Quelques pays ont des normes très précises réglementant l'utilisation des appareils de protection respiratoire dans certaines situations et pour certains produits chimiques. Lorsqu'une norme contraignante spécifique existe pour un contaminant donné, elle doit évidemment être appliquée.

Dans le cas des atmosphères hypoxiques, le choix du type d'appareil dépend de la pression partielle et de la concentration d'oxygène, ainsi que de la concentration d'autres contaminants éventuels.

### Le taux de risque et le facteur de protection assigné

Le taux de risque est défini par le quotient de la concentration mesurée ou estimée du contaminant considéré et de sa valeur limite d'exposition (officielle ou recommandée). On choisit alors un appareil respiratoire adapté au contaminant en question et dont le facteur de protection assigné (FPA) est supérieur au taux de risque calculé (ce facteur caractérisant le degré d'efficacité estimé d'un appareil respiratoire). Dans de nombreux pays, le FPA des demi-masques est égal à 10, ce qui signifie que la concentration du contaminant sera 10 fois plus faible à l'intérieur de l'appareil.

Aux États-Unis, les valeurs FPA sont données dans les règlements en vigueur, ainsi que dans la norme nationale, American National Standard for Respiratory Protection (ANSI Z88.2-1992) (ANSI, 1992). Les FPA de cette norme figurent au tableau 31.13.

S'il s'agit, par exemple, d'une exposition au styrène (limite d'exposition 50 ppm), lorsque tous les résultats des mesures sur place sont inférieurs à 150 ppm, le taux de risque est égal à 3. Un appareil respiratoire à demi-masque ayant un FPA de 10 offrira donc une marge de sécurité suffisante.

Lorsque les prélèvements sont effectués dans les «pires» conditions, ou lorsqu'on ne dispose que d'un nombre limité de données, il faut faire appel au bon sens pour décider si les informations dont on dispose sont suffisantes pour permettre une évaluation

relativement fiable des niveaux d'exposition. Si l'on a, par exemple, prélevé deux échantillons pour une tâche de courte durée représentant le «pire des cas», et si les résultats des deux échantillons sont inférieurs au double de la limite d'exposition (taux de risque égal à 2), il semble qu'un appareil de protection respiratoire avec demi-masque ayant un FPA de 10 soit un bon choix et qu'un appareil isolant à adduction d'air avec masque complet à débit continu (ayant un FPA de 1 000) assure une protection suffisante. Il faut aussi que la concentration du contaminant soit inférieure à la concentration maximale prévue pour la cartouche (cette information est fournie par le fabricant).

### Les aérosols, gaz et vapeurs

Lorsque le contaminant est un aérosol, il faut utiliser un filtre que l'on choisira en fonction de son efficacité pour le type de particules considéré. La documentation fournie par le fabricant guide dans ce choix. Ainsi, si le contaminant est une peinture, une laque, un vernis ou un émail, on peut utiliser un filtre prévu spécialement pour les brouillards de peinture. D'autres filtres sont conçus pour les fumées ou pour les particules d'une taille supérieure à la moyenne.

S'il s'agit d'un gaz ou de vapeurs, la défaillance de la cartouche doit pouvoir être décelée à temps. On considère que la cartouche cesse d'être efficace lorsqu'on constate une odeur, un goût ou une irritation. Il faut donc que le taux de concentration auquel ces signes apparaissent soit inférieur à la limite d'exposition. Si le contaminant est un gaz ou une vapeur dont la présence est difficilement décelable, il est en général conseillé de choisir des appareils isolants à adduction d'air.

Il arrive cependant que les appareils de ce type ne puissent pas être utilisés, faute d'une alimentation en air comprimé ou parce que les travailleurs doivent pouvoir se déplacer. On peut, dans ce cas, se servir de dispositifs à filtre équipés d'un indicateur signalant la fin de la durée de vie utile de l'appareil, de façon que l'utilisateur soit prévenu suffisamment à l'avance. On peut aussi programmer le remplacement des cartouches; la périodicité, dans ce cas, sera fonction des caractéristiques des cartouches, de la concentration estimée du contaminant, du mode d'utilisation et de la durée d'exposition.

### Le choix d'un appareil respiratoire à utiliser en cas d'urgence ou dans des situations de danger immédiat pour la vie ou la santé

Ainsi qu'on l'a dit, on considérera qu'une situation présente un danger immédiat pour la vie ou la santé si la concentration du contaminant n'est pas connue. Il est également raisonnable de penser que les espaces confinés où la proportion d'oxygène est inférieure à 20,9% présentent un danger immédiat pour la vie et la santé. Les risques associés aux espaces de ce type sont particuliers, et l'on enregistre de nombreux accidents graves et même mortels dus au manque d'oxygène. Toute chute de la proportion d'oxygène est un signe, à tout le moins, que l'espace confiné est insuffisamment ventilé.

Les appareils de protection respiratoire destinés à être utilisés à pression atmosphérique normale dans des conditions présentant un danger immédiat pour la vie ou la santé sont soit du type isolant autonome à air comprimé à pression positive, soit du type à adduction d'air avec bouteille de secours. L'emploi d'un appareil respiratoire dans de telles conditions exige la présence d'au moins une personne prête à intervenir et postée dans un endroit sûr. Cette personne devrait disposer d'un équipement adéquat pour pouvoir, le cas échéant, porter secours à l'utilisateur. Ces deux personnes devraient pouvoir communiquer. Tout travailleur utilisant un appareil dans les conditions que l'on vient de mentionner devrait être équipé d'un harnais relié à un filin qui permette de l'évacuer de la zone dangereuse en cas de nécessité.

### Les atmosphères hypoxiques

A proprement parler, le manque d'oxygène est une simple question de pression partielle dans une atmosphère donnée. Il peut être dû soit à une réduction du taux de ce gaz dans l'atmosphère, soit à une diminution de la pression, soit aux deux à la fois. A haute altitude, la diminution de la pression atmosphérique totale peut se traduire par une très faible pression d'oxygène.

Pour survivre, l'être humain a besoin d'une pression partielle d'oxygène d'environ 95 mm de mercure (torr). La pression exacte varie suivant les personnes en fonction de leur état de santé et de leur faculté d'adaptation à une pression d'oxygène réduite. La pression de 95 mm de mercure équivaut à 12,5% d'oxygène au niveau de la mer et à 21% d'oxygène à une altitude de 4 270 m. Une telle atmosphère peut être dangereuse pour les personnes dont la tolérance à l'hypoxie est faible ou pour celles non acclimatées qui doivent effectuer un travail exigeant une concentration intense ou un gros effort physique.

Pour pallier ces difficultés, on devrait prévoir des appareils isolants à adduction d'air lorsque les pressions partielles d'oxygène sont élevées, par exemple 120 mm de mercure ou une proportion de 16% d'oxygène au niveau de la mer. Un médecin devrait être consulté pour toutes les décisions impliquant un travail en atmosphère pauvre en oxygène. Il peut arriver que certaines directives officielles concernant les taux d'oxygène ou les pressions partielles pour lesquels des appareils de protection respiratoire à adduction d'air sont obligatoires diffèrent des recommandations générales formulées ci-dessus.

### Les méthodes préconisées pour les tests d'étanchéité

Un contrôle périodique de l'étanchéité des appareils à pression négative devrait être effectué pour chaque utilisateur. La morphologie des visages diffère d'une personne à l'autre et un appareil donné pourra ne pas convenir à chacune d'elles. De l'air contaminé pourrait s'infiltrer dans l'appareil respiratoire en raison d'une mauvaise étanchéité, diminuant ainsi le degré de protection. Il faut effectuer les tests d'étanchéité périodiquement et chaque fois que certains événements risquent de modifier l'étanchéité du couvre-face (par exemple, une grosse cicatrice sous le joint d'étanchéité, des soins dentaires, une chirurgie plastique ou esthétique). Lors du test, le sujet portera l'équipement de protection (lunettes, pro-

tecteur oculaire, écran facial, casque de soudage, etc.) dont il se sert pour travailler et qui risque de diminuer l'étanchéité de l'appareil de protection respiratoire. Il importe de configurer celui-ci d'une manière qui corresponde aux conditions d'utilisation réelles, c'est-à-dire avec une cartouche en place.

### Les méthodes à appliquer pour les tests d'étanchéité

Il faut procéder à des tests d'étanchéité pour déterminer quel modèle et quelle taille de couvre-face conviendront au visage de chacun. Avant de procéder au test, il faut expliquer à l'utilisateur comment employer l'appareil et comment le mettre en place correctement, l'objet du test et la méthode appliquée. Il doit comprendre qu'on lui demande de choisir l'appareil le plus confortable. Chaque appareil de protection respiratoire a une taille et une forme particulières et n'apportera une protection efficace que s'il est bien adapté et utilisé correctement.

Il n'existe pas d'appareil pouvant s'adapter à toutes les formes de visages. Pour faire un choix judicieux et pouvoir faire correspondre les appareils à des morphologies faciales différentes, il faut disposer d'un nombre minimum de tailles et de modèles.

Il faut indiquer à la personne testée comment porter chaque couvre-face et comment éliminer d'emblée ceux qui ne conviennent pas. On commence habituellement par un demi-masque et, en cas d'échec, on passe au masque complet (certaines personnes n'arrivent pas à porter un demi-masque).

Avant de commencer le test, le sujet devrait vérifier l'étanchéité à pression négative ou positive, conformément aux instructions du fabricant. Il peut alors procéder aux tests d'étanchéité en appliquant l'une des méthodes décrites ci-après. Il existe d'autres tests d'étanchéité, par exemple les méthodes quantitatives qui mesurent les fuites à l'aide d'instruments. Certains tests d'étanchéité qualitatifs ne nécessitent pas un matériel onéreux: il s'agit 1) du protocole à base d'acétate d'isoamyle (AIA); 2) du protocole utilisant une solution de saccharine en aérosol (voir figures 31.20 et 31.21).

*Exercices.* Durant les tests d'étanchéité, l'utilisateur devrait faire plusieurs exercices pour s'assurer que l'appareil ne le gêne pas lorsqu'il effectue certains gestes élémentaires ou indispensables. Les six exercices recommandés sont les suivants: ne pas bouger, respirer normalement, respirer profondément, bouger la tête de gauche à droite, de haut en bas, et parler.

### Références bibliographiques

- American Industrial Hygiene Association (AIHA), 1991: *Respiratory Protection: A Manual and Guideline* (Fairfax, Virginie).
- American National Standards Institute (ANSI), 1974: *Method for the Measurement of Real-Ear Protection of Hearing Protectors and Physical Attenuation of Earmuffs*, document n° S3.19-1974, Acoustical Society of America (ASA STD1-1975) (New York).
- 1984: *Method for the Measurement of Real-Ear Attenuation of Hearing Protectors*, document n° S12.6-1984, Acoustical Society of America (ASA STD55-1984) (New York).
- 1992: *American National Standard for Respiratory Protection*, document n° ANSI Z88.2-1992 (New York).
- Berger, E.H., 1988: «Hearing protectors — Specifications, fitting, use and performance», dans D.M. Lipscomb (directeur de publication): *Hearing Conservation in Industry, Schools and the Military* (Boston, College-Hill Press).
- 1991: «Flat-response, moderate-attenuation and level-dependent HPDs: How they work, and what they can do for you», *Spectrum*, vol. 8, supplément, pp. 1-17.
- Berger, E.H., Franks, J.R. et Lindgren, F., 1996: «International review of field studies of hearing protector attenuation», dans A. Axelsson, H. Borchgrevink, L. Hellstrom, R.P. Hamernik, D. Henderson et R.J. Salvi (directeurs de publication): *Proceedings of the Fifth International Symposium: Effects of Noise On Hearing* (New York, Thieme Medical).
- Berger, E.H., Kerivan, J.E. et Mintz, F., 1982: «Interlaboratory variability in the measurement of hearing protector attenuation», *Journal of Sound and Vibration*, vol. 16, n° 1, pp. 14-19.
- British Standards Institute (BSI), 1994: *Hearing Protectors — Recommendations for Selection, Use, Care and Maintenance — Guidance Document*, document n° BSI EN 458:1994 (Londres).
- Comité européen de normalisation (CEN), 1995: *Industrial Safety Helmets*, European Standard EN 397-1995 (Bruxelles).
- Communauté économique européenne (CEE), 1989: «Directive du Conseil, du 21 décembre 1989, concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux équipements de protection individuelle [89/686/CEE]», *Journal officiel des Communautés européennes*, vol. 32, n° L 399, pp. 18-38.
- Environmental Protection Agency (EPA), 1979: «Noise labeling requirements for hearing protectors», US Environmental Protection Agency, *Federal Registry*, vol. 44, n° 190, pp. 56130-56147 (Washington, DC, GPO).
- Franks, J.R., 1988: «Number of workers exposed to occupational noise», dans W. Melnick (directeur de publication): *Seminars in Hearing*, vol. 9, n° 4, pp. 287-298.
- Franks, J.R., Themann, C.L. et Sherris, C., 1995: *The NIOSH Compendium of Hearing Protective Devices*, publication n° 95-105 (Cincinnati, NIOSH).
- Luz, J., Melamed, S., Najenson, T., Bar, N. et Green, M.S., 1991: «The structured ergonomic stress level (E-S-L) index as a predictor of accident and sick leave among male industrial employees», dans L. Fechter (directeur de publication): *Proceedings of the ICCEF 90 Conference* (Baltimore, ICCEF).
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 1987: *NIOSH Respirator Decision Logic* (Cincinnati, Division of Standards Development and Technology Transfer).
- Nixon, C.W. et Berger, E.H., 1991: «Hearing protection devices», dans C.M. Harris (directeur de publi-

- cation): *Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control* (New York, McGraw-Hill).
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 1983: «Occupational Noise Exposure: Hearing Conservation Amendment, Final Rule», *Federal Registry*, vol. 48, n° 46, pp. 9738-9785 (Washington, DC, GPO).
- Organisation internationale de normalisation (ISO), 1977: *Casques de protection pour l'industrie* (norme internationale ISO 3873-1977) (Genève).
- 1979: *Protecteurs individuels de l'œil pour le soudage et les techniques connexes — filtres — utilisation et spécifications de transmission* (norme internationale ISO 4850-1979) (Genève).
- 1990: *Acoustique — Protecteurs individuels contre le bruit — Partie 1: Méthode subjective de mesure de l'affaiblissement acoustique* (norme internationale ISO 4869-1-1990) (Genève).
- 1994: *Acoustique — Protecteurs individuels contre le bruit — Partie 2: Estimation des niveaux de pression acoustique pondérés A en cas d'utilisation de protecteurs individuels contre le bruit* (norme internationale ISO 4869-2-1994) (Genève).
- Rosenstock, L.R., 1995: «Letter of March 13, 1995 from L. Rosenstock, Director, National Institute for Occupational Safety and Health, to James R. Petric, Committee Chairperson, Mine Safety and Health Administration, US Department of Labour».
- Références complémentaires**
- American National Standards Institute (ANSI), 1989: *Practice for Occupational and Educational Eye and Face Protection*, document n° ANSI Z87.1-1989 (New York).
- Bureau of Labour Statistics, 1980: *Work Injury Report — An Administrative Report on Accidents Involving Foot Injuries* (Washington, DC, Bureau of Labour Statistics, Department of Labour).
- Comité européen de normalisation (CEN), 1995: *Specification for Welding Filters with Switchable Luminous Transmittance and Welding Filters with Dual Luminous Transmittance*, Final Draft, réf. n° pr EN 379: 1993E.
- «Head protection at work», 1986: *Journal of Occupational Accidents*, vol. 8, n° 3, pp. 157-236.
- Marsh, J.L., 1984: «Evaluation of saccharin qualitative fitting test for respirators», *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 45, n° 6, pp. 371-376.
- Mayer, A., Salsi, S. et Grosdemange, J.P., 1974: «Casques de protection pour l'industrie: bilan des essais, principales données constructives pour le fabricant — Critères de choix pour l'utilisateur», *Notes scientifiques et techniques*, vol. n° 14 (Paris, INRS).
- Miura, T., 1978: *Shoes and Foot Hygiene* (en japonais) (Tokyo, Bunka Publishing Bureau).
- 1983: «Eye and face protection», dans L. Parmegiani (directeur de publication): *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, 3<sup>e</sup> édition (Genève, BIT).
- National Safety Council, non daté: *Safety Hats, Data Sheet 1-561 Rev. 87* (Chicago).
- Nelson, T.J., Skredtdvedt, O.T., Loschiavo, J.L. et Dixon, S.W., 1984: «Development of an improved qualitative fit test using isoamyl acetate», *Journal of the International Society for Respiratory Protection*, vol. 2, n° 2, pp. 225-248.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 1994: «Respiratory Protection», *Federal Registry*, Titre 29, Part 1910, Subpart 134 (Washington, DC, GPO).
- Organisation internationale de normalisation (ISO), 1981: *Protecteurs individuels de l'œil — Filtres et protecteurs de l'œil contre les rayons laser* (norme internationale ISO 6161-1981) (Genève).
- Pritchard, J.A., 1976: *A Guide to Industrial Respiratory Protection* (Cincinnati, NIOSH).
- Scalone, A.A., Davidson, R.D. et Brown, D.T., 1977: *Development of Test Methods and Procedures for Foot Protection* (Cincinnati, NIOSH).