

**Diplôme Inter-Universitaire des Services
de Santé et de Secours Médical des
Services Départementaux d'Incendie et de
Secours**

Santé Publique – Santé Travail

**Travail d'Application Tutoré – année 2016
FIA PRO 2016**

**Particularités faciales et masques de protection
respiratoire**

MCN Bruno Lebourgeois

**Service Départemental d'Incendie et de Secours
de l'Oise**

**Tuteur universitaire :
MCE Michel WEBER**

**Référents sapeurs-pompiers :
MCE François JOLY
CNE Franck BROQUELAIRE**

Remerciements

Ce travail sur les masques de protection respiratoire dans le Service Départemental d'Incendie et de Secours de L'Oise n'aurait pu être effectué sans l'aide et l'attention de nombreuses personnes, et je tiens à remercier tout particulièrement :

- Le Colonel Luc Corack, Directeur du SDIS de l'Oise qui a permis ce travail.
- Le Médecin de Classe Exceptionnelle Michel Weber, médecin chef du SDIS de la Marne, pour ses conseils méthodologiques.
- Le Médecin de Classe Exceptionnelle François Joly, médecin chef du SDIS de l'Oise pour m'avoir confié ce travail et pour sa confiance.
- Le Capitaine Franck Broquelaire, en charge du CHS du SDIS de l'Oise pour son intérêt et pour m'avoir ouvert les portes qui ont permis d'enrichir certains aspects techniques.
- Le Lieutenant-Colonel Vincent Folgoas, commandant le groupement Sud, qui a vu la naissance de ce travail et qui a facilité mon étude des ARI du département.
- Le Commandant David Labeau, commandant le groupement Sud, qui a pris sa relève et a mis en avant ce travail.
- L'Adjudant-Chef Gérard Rosée du centre de secours de Lamorlaye pour m'avoir éclairé de son expérience et de sa documentation.
- Les sapeurs-pompiers de l'Oise qui ont bien voulu se prêter à l'enquête.
- Les sapeurs-pompiers de Lamorlaye pour leur intérêt, leurs remarques, leurs questionnements et la mise à disposition d'ARI qui m'a permis d'en appréhender les contraintes et le fonctionnement.
- L'Infirmier de Sapeurs-Pompiers Bruno Petitjean, ancien du service incendie de la BSPP et camarade de promotion, dont les remarques pertinentes m'ont montré la nécessité d'enrichir et consolider l'argumentation expérimentale.
- Les Infirmiers-Chefs Nicolas Longuet et Jeremy Bouchez du SSSM du SDIS de l'Oise.

Résumé :

La réglementation impose aux sapeurs-pompiers un rasage impératif pour la prise de service mais précise que dans le cas particulier du port de la barbe ou de la moustache, celles-ci doivent être bien taillées et permettre une efficacité optimale du port des masques de protection. Les conditions objectives garantissant cette efficacité optimale ne sont pas précisées. Une étude par questionnaire anonyme réalisée au sein du SDIS de l'Oise auprès de sapeurs-pompiers volontaires et professionnels révèle que le port de la barbe concerne 15% des agents et celle de la moustache 7%. 21% déclarent que les masques ne sont pas toujours adaptés à leur morphologie. Sur le terrain, 36 % ont déjà constaté des fuites à la vérification et 30 % à l'usage. Le risque est parfois sous-évalué par les utilisateurs et le fonctionnement en surpression de l'ARI à circuit ouvert est souvent évoqué comme garantie contre les défauts d'étanchéité. Pourtant les recommandations de l'INRS et les essais de mesure quantitative objective de fuite sur les masques ont démontré l'effet délétère majeur sur la protection apportée par ces équipements de protection individuelle en cas de poils non rasés ou d'autres éléments venant s'interposer sous le joint du masque. Il a de même été démontré que la protection apportée par le fonctionnement en surpression en ARI protégeait effectivement des fuites mais que ce phénomène était dépassé pour des efforts extrêmes engendrant des mouvements respiratoires à grands débits inspiratoires de pointe. Ces données incitent à clarifier les règles d'utilisation et les exemples internationaux peuvent nous éclairer : Aux Etats-Unis, il a été décidé de prohiber tout élément interférant physiquement avec les masques de protection respiratoire (joints faisant étanchéité avec la peau, valves), notamment la présence de poils ainsi et toute situation similaire.

Des actions d'information sur ces bases pourront être menées à destination des sapeurs-pompiers et de leur hiérarchie en collaboration avec le CHS. Une synthèse des données normatives, réglementaire, scientifiques française et internationales pertinentes a été rédigé à cet effet.

Mots clés :

Prévention des risques professionnels
Masques de protection respiratoire
Particularités faciales
Fuite vers l'intérieur
Sapeurs-pompiers

Table des matières

Remerciements	2
Résumé	3
Mots clés :	3
Table des matières	4
Introduction.....	5
Enquête : pratiques et convictions des sapeurs-pompiers en matière d'interaction entre masques de protection et particularités faciales	6
Méthode	6
Résultats	6
Analyse	7
Discussion	8
Les missions des sapeurs-pompiers les exposent à des dangers.....	8
Les normes et recommandations	9
Ces précautions sont-elles futiles ? Les données de la science.....	9
Ces preuves expérimentales sont-elles reconnues ? L'expérience internationale.....	10
Qu'en pense le fabricant de nos EPI ?	10
En cas d'accident par inhalation, à qui incombe la responsabilité ?.....	10
La place du SSSM.....	10
Conclusion :	11
Bibliographie.....	12

Introduction

L'arrêté du 8 avril 2015 fixant les tenues, uniformes, équipements, insignes et attributs des sapeurs-pompiers dispose en son article 8 :

« Pour des raisons d'hygiène et de sécurité :

- le port de bijoux apparents (dont les boucles d'oreilles et les piercings) n'est pas autorisé ;

- les cheveux doivent être d'une longueur compatible avec le port d'une coiffe ou être attachés ;

- le rasage est impératif pour la prise de service ; dans le cas particulier du port de la barbe ou de la moustache, celles-ci doivent être bien taillées et permettre une efficacité optimale du port des masques de protection. »

Ces règles ont été source de discussions dans certains centres de secours¹. Le Service de Santé et de Secours Médical (SSSM) ayant notamment pour mission le conseil en matière de médecine préventive, d'hygiène et de sécurité², l'objectif de ce travail est d'étudier les pratiques et convictions des sapeurs-pompiers en matière d'interactions entre masques de protection et particularités faciales et de les confronter à la réglementation, aux données de la science et aux pratiques internationales qui clarifient les conditions nécessaires à cette « *efficacité optimale du port des masques de protection* ».

Pour ce faire, une enquête a été réalisée par questionnaire anonyme auprès de sapeurs-pompiers du Service Départemental d'Incendie et de Secours de l'Oise 60, sa méthode et ses résultats seront présentés et analysés. Ces données seront confrontées aux recommandations françaises et internationales, issues des données expérimentales. Enfin, le point de vue du fournisseur des ARI du département et quelques notions de responsabilité seront évoqués. Une proposition sur les conditions permettant une efficacité optimale des masques de protection pourra être formulée. Des actions visant à prévenir les risques professionnels liés au mésusage des masques de protection pourront être menées.

Enquête : pratiques et convictions des sapeurs-pompiers en matière d'interaction entre masques de protection et particularités faciales

Méthode

Les sapeurs-pompiers professionnels et volontaires de 7 centres de secours (dont un centre de secours principal) sur les 42 du département ont été interrogés via un questionnaire anonyme. Le document a été préalablement testé auprès d'un échantillon limité d'agents après accord des chefs de centre concernés. (Un chef de centre a souhaité que son centre ne participe pas à l'étude). Le questionnaire comporte 25 questions fermées explorant leurs caractéristiques (sexe, statut professionnel ou volontaire, homme du rang, sous-officier ou officier), leur type de pilosité faciale, le port de lunettes ou de caractéristiques particulières, leurs habitudes de rasage, les types de masques que leurs fonctions les amènent à porter, l'adaptation des masques à leur morphologie ainsi que l'expérience passée de fuites à la vérification ou à l'usage. La dernière question concerne leur conviction concernant l'influence de la barbe, des poils non rasés, des lunettes ou des irrégularités faciales en contact avec le joint sur l'efficacité des masques de protection.

Enfin un cadre destiné aux commentaires libres est proposé.

Résultats

137 questionnaires ont été récupérés et analysés. Ils concernent :

- 91% d'hommes et 8% de femmes (1 % non déclaré)
- 41% d'hommes du rang, 42% de sous-officiers, 9% d'officiers (8% non déclaré)
- 47% de professionnels, 48% de volontaires (4% non déclaré).

Les caractéristiques déclarées par les agents sont :

- Barbe : 15%
- Moustache : 7%
- Bouc : 9%
- Collier : 5%
- Favoris : 2 %
- Lunettes : 20%
- 16% des agents déclarent que le joint du masque est posé sur leurs poils ou leurs cheveux.

82% déclarent se raser tous les jours de garde, 69% dans les 2 heures qui précèdent la prise de garde. 4% se rasent à nouveau en cours de garde.

Ces agents déclarent être susceptibles de porter :

- Un masque FFP2 : 80 %
- Un appareil respiratoire isolant à circuit ouvert : 92%
- Un appareil respiratoire isolant à circuit fermé : 10%
- Un appareil respiratoire filtrant : 49%

97% des agents déclarent vérifier systématiquement l'étanchéité de leur masque.

21% déclarent qu'il n'est pas toujours adapté à leur morphologie.

36 % ont déjà constaté des fuites à la vérification et 30 % à l'usage.

Enfin 47 % des agents considèrent que la barbe, des poils non rasés, des lunettes ou des irrégularités faciales en contact avec le joint influent sur l'efficacité des masques de protection contre 45% qui sont d'un avis contraire (8% de données manquantes). La tendance s'inverse chez les agents qui déclarent que le joint du masque est posé sur leurs poils ou leurs cheveux. (23% vs 77%)

Analyse

Tout d'abord, il convient de rappeler que la méthode utilisée présente des limites. La population étudiée ne saurait être représentative de l'ensemble des sapeurs-pompiers du département. Les centres de secours ont accepté de participer à l'étude (un a refusé), le recueil s'est fait sur la base du volontariat des agents et les données sont déclaratives. Pour exemple, l'échantillon retrouve autant de professionnels que de volontaires alors que la proportion est de 1 professionnel pour 5 volontaires dans le département. Pour autant les résultats sont intéressants à plus d'un titre :

Tout d'abord, il est étonnant de constater que seuls 80% des personnes pensent être susceptibles de devoir porter un masque FFP2, alors qu'il est en dotation dans tous les véhicules de secours à victime. Plus encore, seul 1 sapeur-pompier sur 2 pense être susceptible de devoir porter un appareil respiratoire filtrant contre 92% un ARI. Pourtant, en cas d'évènement terroriste de nature chimique, il s'agit d'un EPI de référence et un exercice NOVI dans un parc d'attraction sur cette thématique a été réalisé il y a seulement 1 an dans le département.

Les sapeurs-pompiers semblent donc sous-évaluer les situations auxquelles ils sont susceptibles d'être confrontés.

L'influence de la pilosité faciale et des lunettes est reconnue par la moitié des participants mais cette proportion chute de moitié chez les utilisateurs dont les poils et cheveux se glissent sous le joint d'étanchéité du masque. 10 agents ont d'ailleurs précisé en commentaire qu'une longueur faible (que chacun définit différemment) et entretenue est sans impact. A contrario, deux rapportent l'expérience de fuite alors qu'ils étaient mal rasés.

Chez les agents qui déclarent se raser tous les jours, les pratiques sont hétérogènes : 4% se rasent plus de 12h avant la prise de garde, 6 % entre 8 et 12 h et 9 % entre 2 et 8 h ce qui ne garantit pas une absence de pilosité sous le joint du masque, le phénomène s'accroissant encore alors que la garde se déroule sachant que seuls 4 % des agents se rasent de nouveau en cours de garde.

Une inadéquation entre certains masques et sa morphologie est rapportée par 1 agent sur 5. Le département met à disposition 3 modèles différents pour pallier cette problématique. 5 agents déclarent ainsi utiliser le modèle « araignée » dont deux qui soulignent que la mise en place est plus longue.

Quand certains disent « prendre leurs responsabilités » donc avoir une certaine conscience du risque, d'autres nient toute problématique, invoquant par exemple les pionniers de la légion étrangère, notoirement barbus, ou l'autorisation que l'arrêté du 8 avril 2015 est supposée conférer (Il est certes imprécis). Enfin le fonctionnement en suppression de l'ARI à circuit ouvert est également évoqué comme garantie contre les défauts d'étanchéité. Au final, la somme des particularités individuelles, des déviations aux bonnes pratiques auto-accordées et de phénomènes que ce questionnaire n'a pas évalués fait que près d'un tiers des participants ont déjà expérimenté des fuites à l'usage des masques de protection.

Discussion

Les missions des sapeurs-pompiers les exposent à des dangers

Ils sont réels, imminents et de gravité extrême (exposition à des agents bactériologiques et chimiques incluant les fumées d'incendie). Lorsque les mesures

de protection appropriées à la source ne sont pas possibles ou sont insuffisantes pour limiter l'exposition à l'inhalation, ils utilisent un appareil de protection respiratoire adéquat. Celui-ci est le dernier échelon de la hiérarchie des mesures de protection. Des accidents graves ou mortels sont possibles en cas d'erreur dans l'utilisation de ces équipements de protection individuels.

Les normes et recommandations

Les normes NF spécifient des conditions de tests nécessaires à la détermination d'un facteur de protection, notamment le fait que les sujets soient rasés³⁴. L'INRS rappelle que la présence de poils non rasés peut anéantir la protection⁵, « *avec une pièce faciale telle qu'un masque complet ou un demi-masque il est nécessaire de veiller à la bonne continuité du joint facial. Les hommes seront correctement rasés ; l'interposition de cheveux, de barbes et favoris ou de branches de lunettes doit être évitée* ». Ceci protège la sécurité du sapeur-pompier en intervention. A contrario, le non-respect de ces règles diminue la protection apportée par l'EPI. La vérification d'ajustage prévue par le GNR (à pression négative) réalisée avant l'engagement n'est probablement que faiblement efficace. Sa sensibilité et sa valeur prédictive négative n'ayant pas à notre connaissance encore été étudiées mais une évaluation défavorable avec d'autres types de masques incite à rejeter la méthode comme preuve certaine d'étanchéité⁶.

Ces précautions sont-elles futiles ? Les données de la science.

Bien au contraire, l'impact d'une pilosité sur le facteur de protection offert par un masque est une réalité établie de longue date par des essais concordants⁷. Par exemple, des sujets initialement rasés ont été suivis quotidiennement (fuite au masque mesurée de façon quantitative). Dès les premières 24 heures, le facteur de protection observé est en deçà des exigences normatives. Tout masque fonctionnant en pression négative (appareil respiratoire filtrant, FFP2, appareil respiratoire isolant à circuit fermé) est alors mis en défaut. La protection contre les fuites offerte par l'appareil respiratoire isolant via son fonctionnement en surpression est un phénomène validé mais insuffisant lors d'efforts extrêmes. Le phénomène a été mis en évidence par Dahlbäck GO et al⁸ qui a généré une fuite expérimentale dans le masque d'un sujet travaillant dans un milieu contenant un traceur. Les mouvements respiratoires générés

pour des niveaux de charge élevés ont annulé la surpression et le sujet a inhalé de l'air extérieur au masque.

Ces preuves expérimentales sont-elles reconnues ? L'expérience internationale.

Sur la base de ce type d'études, les USA ont modifié en 1998 leur réglementation⁹ jusque-là imprécise. Désormais le texte interdit aux employeurs d'autoriser le port de masques aux personnes dont les poils viennent entre la surface du joint et le visage ou qui interfèrent avec le fonctionnement de la valve ainsi que toute situation similaire. Interrogées à de multiples reprises, la position des autorités est restée constante. En Arabie Saoudite, Mansour A. Balkhyour de l'Université King Abdulaziz de Jeddah¹⁰ a mesuré que la présence d'une barbe augmente considérablement les fuites. Il recommande malgré l'importance culturelle et religieuse du port de la barbe en Arabie Saoudite son interdiction chez les sapeurs-pompiers.

Qu'en pense le fabricant de nos EPI ?

Interrogé à ce sujet, il cite les recommandations de l'INRS, la norme NF, rappelle les informations contenues dans le mode d'emploi des dispositifs et décline toute responsabilité en cas d'utilisation incorrecte.

En cas d'accident par inhalation, à qui incombe la responsabilité ?

Le Code du travail, dans sa partie hygiène et sécurité applicable aux SDIS, impose à l'employeur de prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs. La responsabilité du SDIS est donc susceptible d'être engagée en cas de sinistre secondaire à une utilisation incorrecte des EPI. Par ailleurs, les agents ne peuvent dégager le SDIS de ses responsabilités.

La place du SSSM

Le SSSM a notamment pour mission le conseil en matière de médecine préventive, d'hygiène et de sécurité, et les médecins doivent apporter leur concours à l'action entreprise par les autorités compétentes en vue de la protection de la santé.¹¹

Au vu des écarts entre les pratiques et convictions déclarées des sapeurs-pompiers, la réglementation et les bonnes pratiques, un document synthétisant les données

normatives, réglementaire, scientifiques française et internationales pertinentes a été rédigé. Il figure en annexe 2 de ce travail qui en reprend certains éléments. Il pourra servir de base documentaire pour mener des actions visant à améliorer la prévention des risques professionnels liés au mésusage des masques de protection, notamment avec le CHS.

Conclusion :

L'enquête concernant les pratiques et convictions concernant l'usage et l'efficacité des masques de protection a montré un mésusage de ceux-ci ainsi que l'existence d'incidents passés heureusement sans conséquence.

Au vu des données réglementaires, des normes NF, des recommandations françaises, des prescriptions des fabricants de masques de protection respiratoires, des données expérimentales et des pratiques observées à l'étranger il est nécessaire de clarifier et d'argumenter les critères d'efficacité optimale des masques de protection. Il est nécessaire de prohiber tout élément interférent physiquement avec les masques de protection respiratoire et les joints faisant étanchéité avec la peau, les valves et le pourtour des pièces faciales filtrantes, notamment la présence de poils ainsi que toute situation similaire.

Des actions d'information sur ces bases pourront être menées à destination des sapeurs-pompiers et de leur hiérarchie en collaboration avec le CHS. Une synthèse a été rédigée à cet effet.

Bibliographie

- ¹¹ DOLLE F. Les pompiers de mauvais poil. Le Courier Picard, 31/12/2013.
- ² Code général des collectivités territoriales - Article R1424-24
- ³ NF EN 149+A1 Septembre 2009 Appareils de protection respiratoire - Demi-masques filtrants contre les particules - Exigences, essais, marquage
- ⁴ NF EN 136 Mars 1998 Appareils de protection respiratoire - Masques complets - Exigences, essais, marquage
- ⁵ INRS ED 6106 Les appareils de protection respiratoire Choix et utilisation.
- ⁶ Lam SC, Lee JK, Yau SY, Charm CY. Sensitivity and specificity of the user-seal-check in determining the fit of N95 respirators. *J Hosp Infect.* 2011 Mar;77(3):252-6. doi: 10.1016/j.jhin.2010.09.034. PubMed PMID: 21236516.
- ⁷ Stobbe TJ, daRoza RA, Watkins MA. Facial hair and respirator fit: a review of the literature. *Am Ind Hyg Assoc J.* 1988 Apr;49(4):199-204.
- ⁸ Dahlbäck GO, Novak L. Do pressure-demand breathing systems safeguard against inward leakage? *Am Ind Hyg Assoc J.* 1983 May;44(5):336-40. PubMed PMID: 6869251.
- ⁹ Le site United State Department of Labour. Occupational Safety and Health Administration consulté le 30/10/2016 <https://www.osha.gov>
- ¹⁰ Balkhyour MA. Evaluation of full-facepiece respirator fit on fire fighters in the municipality of Jeddah, Saudi Arabia. *Int J Environ Res Public Health.* 2013 Jan 14;10(1):347-60. doi: 10.3390/ijerph10010347. PubMed PMID: 23343987; PubMed Central PMCID: PMC3564146.
- ¹¹ Article R4127-12 du CSP

ANNEXE 1 : Questionnaire

ANNEXE 2 : Synthèse à destination du médecin chef et du CHS

Table des matières

Introduction	6
Les différents types de masques de protection respiratoire, indications, normes et procédures d'essais correspondantes.	7
Indications, masque de protection et norme correspondante.....	7
Procédures d'essais de fuite	7
Pièce faciale filtrante : (EN 149)	7
Masque complet : (EN136).....	9
Procédures d'essais pratiques de performance :	10
Masque complet : (EN136).....	10
Appareil respiratoire isolant à circuit ouvert : (EN 137).....	10
L'appareil respiratoire isolant à circuit ouvert : Protection apportée par le fonctionnement en surpression : Réalité et limites.	11
Que débite un ARI ?.....	11
Impact de la pression résiduelle dans la bouteille sur la surpression dans le masque :	11
La surpression protège des fuites : Validation expérimentale du principe :.....	12
Impact des débits respiratoires sur la surpression :	14
Facteurs modifiant le débit inspiratoire de pointe	15
Le modèle de masque influe sur les débits mesurés.....	15
Influence de la parole :	15
Influence de la charge de travail.....	15
Variabilité interindividuelle	15
Influence des facteurs cumulés	16
A quels travaux correspondent les niveaux de charge sur bicyclette ?	17

Quelles conclusions en tirer ?	17
Impact de la pilosité sur le facteur de protection	18
Les différents modes de vérification de l'ajustage	19
Vérification par l'utilisateur :	19
Par pression positive :	19
Par pression négative :	19
Protocoles de vérification Qualitative (Fit Test Qualitatifs, QLFT)	19
Protocoles de vérification Quantitatifs (Fit Test Quantitatifs, QNFT)	21
Méthodes en enceintes :	21
Méthodes hors enceintes :	21
Réglementation et recommandations émises en France et à l'étranger	22
Françaises :	22
Arrêté du 8 avril 2015	22
Règlement intérieur du SDIS de l'OISE	22
CHS SDIS 60 :	22
Guide National de Référence : appareils respiratoires isolants. ^{XIII}	22
INRS :	22
Internationales :	23
USA	23
Pays de Galle :	23
Canada :	24
Arabie Saoudite :	24
Le point de vue d'un fabricant d'ARI	25
Discussion	27
Conclusion :	28
Bibliographie	29

Introduction

L'arrêté du 8 avril 2015ⁱ fixant les tenues, uniformes, équipements, insignes et attributs des sapeurs-pompiers dispose en son article 8 :

« *Pour des raisons d'hygiène et de sécurité :*

- *le port de bijoux apparents (dont les boucles d'oreilles et les piercings) n'est pas autorisé;*

- *les cheveux doivent être d'une longueur compatible avec le port d'une coiffe ou être attachés;*

- *le rasage est impératif pour la prise de service ; dans le cas particulier du port de la barbe ou de la moustache, celles-ci doivent être bien taillées et permettre une efficacité optimale du port des masques de protection. »*

Le Service de Santé et de Secours Médical (SSSM) ayant notamment pour mission le conseil en matière de médecine préventive, d'hygiène et de sécurité,ⁱⁱ, l'objectif de ce travail est de clarifier les conditions nécessaires à cette « *efficacité optimale du port des masques de protection* ».

Pour ce faire nous commencerons par détailler les différents types de masques utilisés par les sapeurs-pompiers, leurs indications ainsi que les normes et procédures de tests auxquels ils répondent. Dans un second temps, nous nous intéresserons à la particularité des appareils respiratoires isolants et à la protection contre les fuites vers l'intérieure que leur fonctionnement en surpression est réputé conférer ainsi que les limites de ce dispositif. Un regard sera ensuite porté sur les différents modes de vérification de l'étanchéité existants ainsi que sur les recommandations émises en France et à l'étranger. Le point de vue du fournisseur des ARI dans le département sera enfin évoqué. Considérant ces éléments une proposition argumentée sur les conditions permettant une efficacité optimale des masques de protection pourra être proposée en conclusion.

Les différents types de masques de protection respiratoire, indications, normes et procédures d'essais correspondantes.

Indications, masque de protection et norme correspondante

Le choix du masque de protection pour le sapeur-pompier dépend du type risque à prévenir et de l'environnement de l'intervention. Les publications de *l'Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS)*^{iii iv} en termes d'indications et équipements de protection individuelle sont résumées dans le tableau ci-dessous. Il comporte également les normes auxquels chacun de ces Equipements de Protection Individuelle (EPI) répondent.

Indication	Dénomination	Norme
Réduction de l'émission de gouttelettes vers l'entourage ou l'environnement.	Masque médical	Dispositif médical 93/42/CEE
Protection vis-à-vis des micro-organismes en aérosol émis par le porteur du masque	Masque chirurgical	EN 14683 ^v
Protection du porteur du masque contre les aérosols	Pièce faciale filtrante (FFP)	EN 149 ^{vi}
Protection contre la présence de particules, gaz et vapeurs identifiés en milieu ouvert	Masque complet associé à un filtre adapté	EN 136 ^{vii} pour le masque, EN 14387 ^{viii} pour le filtre
Incendie, CO inconnu, O ₂ <17%, Toxicité ou concentration du polluant > 60 fois la concentration limite admissible	Appareil de protection respiratoire isolant autonome à air comprimé	EN 136 pour le masque, EN 137 ^{ix} pour l'appareil à circuit ouvert EN 145 ^x pour l'appareil à circuit fermé.

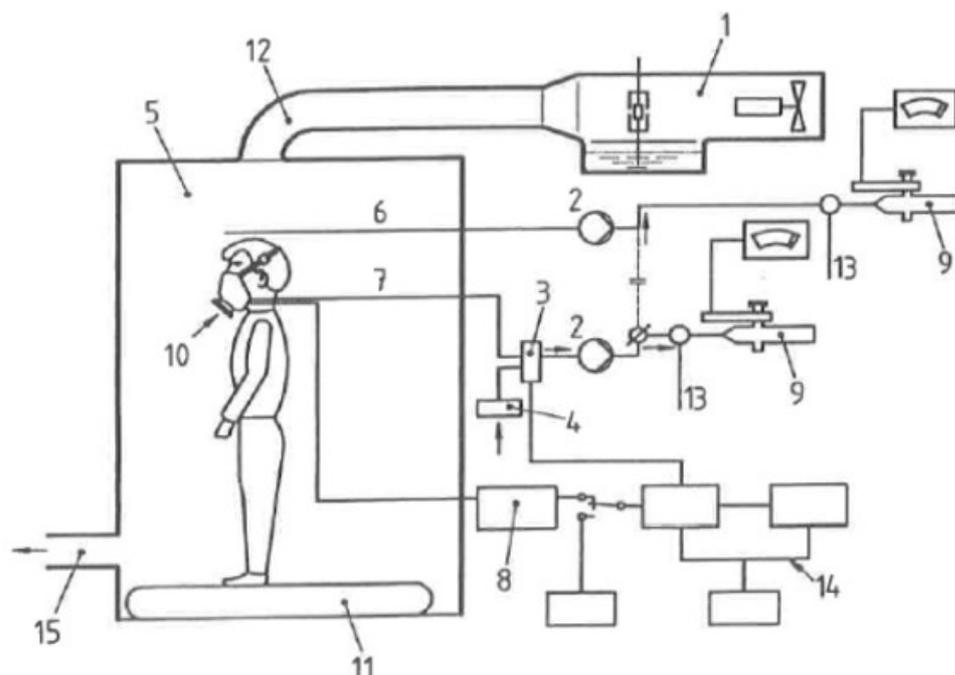
Tableau 1 : Indications, masque de protection et norme correspondante

Procédures d'essais de fuite

Pièce faciale filtrante : (EN 149)

Un panel de 10 personnes rasées de près (sans barbe ni favori) doit être choisi de telle sorte que toutes les caractéristiques faciales types soient couvertes (à l'exception des anomalies importantes) (EN 149 8.5.1.1)

L'essai de fuite totale vers l'intérieur est réalisé à l'aide d'un aérosol de chlorure de sodium. Cette fuite totale est la résultante de la capacité de filtration du matériau filtrant en lui-même et de la fuite au visage (étanchéité). La fuite est déterminée par le rapport entre la concentration mesurée à l'intérieure de la pièce faciale et celle mesurée dans l'enceinte exprimée en pourcentage. L'appareillage utilisé est représenté en figure 1.



Légende

1 Atomiseur	9 Photomètre
2 Pompe	10 Demi-masque filtrant
3 Vanne d'inversion du flux	11 Tapis roulant
4 Filtre	12 Conduit et chicane
5 Enceinte	13 Air supplémentaire
6 Échantillon de l'enceinte	14 Dispositif d'échantillonnage à pulsation
7 Échantillon du masque	15 Échappement
8 Manomètre	

Figure 1 : Appareillage type utilisé pour la détermination de la fuite vers l'intérieur en utilisant le chlorure de sodium. (EN 149)

Les masques sont classés selon le taux de fuite :

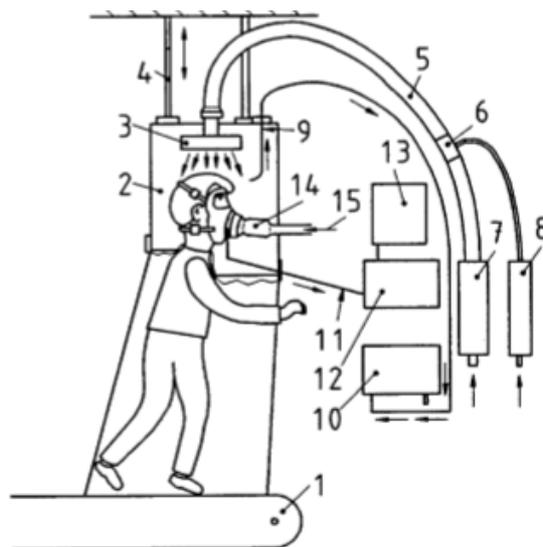
Classes	Pénétration filtre maximale (%)	Fuite totale maximale (%)
FFP1	20	22
FFP2	6	8
FFP3	1	2

Tableau 2 : Classification des pièces faciales filtrantes selon les fuites.

Masque complet : (EN136)

Un panel de 10 personnes rasées de près (sans barbe ni favoris) doit être choisi de telle sorte que toutes les caractéristiques faciales types soient couvertes (à l'exception des anomalies importantes) (EN 136 8.16.1.1)

L'essai de fuite vers l'intérieur est réalisé à l'aide d'hexafluorure de soufre. La fuite est déterminée par le rapport entre la concentration mesurée à l'intérieure du masque et celle mesurée dans l'enceinte exprimée en pourcentage. L'appareillage utilisé est représenté en figure 2.



- | | | | |
|---|---|----|--|
| 1 | Tapis roulant | 9 | Sonde de prélèvement d'atmosphère d'essai |
| 2 | Cagoule/chambre d'essai | 10 | Instrument de mesure de l'agent d'essai |
| 3 | Distributeur de flux | 11 | Tube d'échantillonnage de la concentration de gaz inhalé |
| 4 | Suspension | 12 | Instrument de mesure de la concentration de gaz inhalé |
| 5 | Tuyau d'arrivée d'agent d'essai | 13 | Enregistreur |
| 6 | Point de mélange air/SF ₆ | 14 | Simulateur de filtre |
| 7 | Débitmètre d'air avec dispositif de réglage | 15 | Air respirable |
| 8 | Débitmètre de SF ₆ (100 % en volume) avec robinet de réglage | | |

Figure 2 : Schéma de l'installation de l'essai de fuite vers l'intérieur à l'hexafluorure de soufre (EN136).

Les sujets doivent accomplir les exercices suivant en marchant à 6km/h :

- Marcher sans bouger ni parler durant 2 minutes.
- Tourner la tête d'un côté et l'autre 15 fois comme pour inspecter les murs d'un tunnel durant 2 minutes.
- Bouger la tête de haut en bas 15 fois comme pour inspecter le sol et le plafond pendant 2 minutes.
- Réciter à haute voix l'alphabet ou un texte convenu comme pour communiquer avec un collègue pendant 2 minutes.
- Marcher sans bouger ni parler durant 2 minutes.

La fuite de l'agent d'essai vers l'intérieur ne doit pas dépasser une valeur moyenne de 0.05% pendant chacun des exercices.

Les appareils respiratoires isolants utilisant un masque complet reprennent ces principes.

Procédures d'essais pratiques de performance :

Les essais pratiques de performance visent à recueillir l'appréciation subjective du porteur notamment sur la facilité de mise en place et de retrait, les réglages, la sécurité et le confort du harnais, fixations et accouplement, la liberté des mouvements, l'accessibilité des commandes, la vision (déformation, buée), la transmission de la parole et la facilité pour obtenir de l'air

Masque complet : (EN136)

Les sujets doivent effectuer un essai de marche de marche (10 minutes) et un essai de simulation de travail (marche avec hauteur réduite, rampement, 5 minutes chacun, et exercice de remplissage/vidage d'un seau de copeaux à partir d'une trémie durant 10 minutes.

Appareil respiratoire isolant à circuit ouvert : (EN 137)

L'appareil complet doit subir des essais pratiques de performance (2 fois 15 minutes avec 5 minutes de récupération). Si le sujet d'essai ne parvient pas à terminer une activité du fait de l'appareil, ce dernier est considéré comme non satisfaisant (EN 137 6.10). Les activités requises sont détaillées dans le tableau 3 (réalisées à température ambiante) (EN 137 7.11.3 et EN 13274-2 6.7^{xi})

3	Marcher sur un plan horizontal avec une hauteur de passage de $(1,3 \pm 0,2)$ m pendant 5 min (distance totale approximative de 140 m).	Température ambiante uniquement
4	Marcher sur un plan horizontal avec une hauteur de passage complète ; distance totale 125 m.	Température ambiante uniquement
10	Ramper sur un plan horizontal avec une hauteur de passage de $(0,7 \pm 0,05)$ m pendant 5 min (distance totale approximative de 70 m).	Température ambiante uniquement
11	Ramper à travers un passage étroit de $(0,7 \pm 0,05)$ m de large et 4 m de long, et de faible hauteur afin que le sujet doive enlever l'appareil et le pousser devant lui ou le tirer derrière lui tout en continuant à respirer avec.	Température ambiante uniquement
12	Monter et descendre une échelle verticale, en passant une fois dans chaque sens à travers une ouverture carrée de 460 mm ; distance verticale totale 20 m.	Température ambiante uniquement
15	30 tractions sur machine, chaque traction montant verticalement à 1,8 m du sol en soulevant une masse de 25 kg par l'intermédiaire d'un système de corde et poulie.	Température ambiante uniquement
20	Dérouler et réenrouler un tuyau d'incendie d'au moins 15 m de long.	Température ambiante uniquement

Tableau 3 : Activités effectuées afin de simuler l'utilisation pratique de l'appareil. (EN 137 et EN 13274)

L'appareil respiratoire isolant à circuit ouvert : Protection apportée par le fonctionnement en surpression : Réalité et limites.

Un appareil respiratoire isolant (ARI) à circuit ouvert est un appareil permettant à son utilisateur de respirer de façon indépendante de l'atmosphère ambiante. Une pression positive est créée dans le masque par rapport à la pression atmosphérique. De ce fait, aucun gaz ni particule ne peuvent pénétrer dans le masque, l'utilisateur est complètement isolé de l'atmosphère ambiante. Le maintien de la pression positive à l'intérieur du masque dépend de tous les composants de l'ARI.^{xii}

Que débite un ARI ?

Avant d'aller plus loin dans l'exploration de la surpression, il est indispensable de définir deux grandeurs :

- La consommation d'air : volume d'air extrait de la bouteille en une minute, somme de tous les volumes inspirés par le sujet durant une minute et de toutes les fuites.
- Le Débit Inspiratoire de Pointe (DIP) : valeur maximale instantanée. C'est le débit maximal que le sujet génère au cours d'un mouvement inspiratoire.

(Si l'on devait effectuer une comparaison automobile, la consommation d'air serait la vitesse moyenne d'une formule 1 lors d'un tour de circuit alors que le débit inspiratoire de pointe serait la vitesse de pointe atteinte par la formule 1 en bout de ligne droite.

La capacité de l'ARI à générer des surpressions doit être évaluée au regard de ces débits maximaux et non de la consommation d'air comme la formule 1 doit être dotée de freins dimensionnés pour sa vitesse de pointe et non sa vitesse moyenne.)

Interrogé sur le sujet, le fabricant Honeywell indique que sa valve Zénith débite 300 l/min en pointe ce qui est conforme au Guide National de Référence ARI.^{xiii}

La maintenance de ces matériels étant réalisée en interne, j'ai pu assister à la procédure et à la mesure sur un banc constructeur des DIP en utilisant le by-pass.

Impact de la pression résiduelle dans la bouteille sur la surpression dans le masque :

La surpression est assurée dans le masque quel que soit la pression résiduelle dans la bouteille. Le graphique suivant (Figure 5) représente la pression dans le masque en fonction de la pression d'alimentation. Si l'on note une diminution de la valeur de la surpression en fin de bouteille, celle-ci n'impacte pas l'efficacité. Toute surpression à l'intérieure du masque maintenue en permanence, même la plus infime entraîne une fuite vers l'extérieure et empêche une fuite vers l'intérieure.

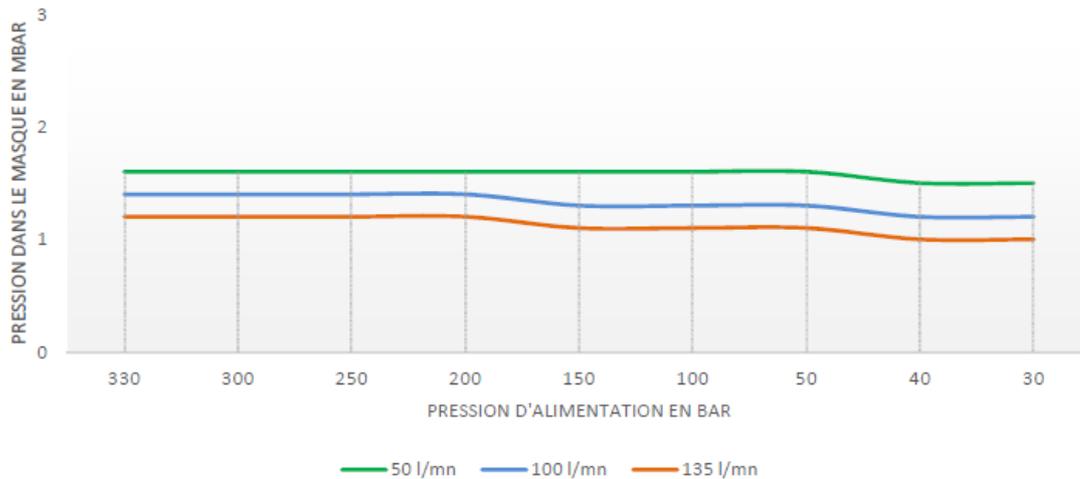


Figure 5 : Pression minimale dans le masque en fonction de la pression d'alimentation du détendeur et du débit respiratoire (Détendeur Arial, soupape SAD SX-PRO, données constructeur Honeywell)

La surpression protégée des fuites : Validation expérimentale du principe :

En 1983, Dahlbäck GO et al ont mené l'expérimentation suivante (figure 3)^{xiv} :

Des sujets pédalant sur une bicyclette ergométrique ont été placés dans les conditions d'un essai de fuite vers l'intérieur à l'hexafluorure de soufre.

Les données suivantes ont été enregistrées :

- Puissance développée sur la bicyclette.
- Pression dans le masque (P_F)
- Débits inspiratoires. (V_{IN})
- Concentration d'hexafluorure de soufre à l'intérieur du masque. (F_{FSF_6})
- Fréquence cardiaque. (HR)

Une fuite a été créée en insérant un tube de 3 mm de diamètre extérieur et de 2 mm de diamètre intérieur entre la peau des sujets et le joint du masque.

La figure 4 présente l'enregistrement d'un des sujets. Tant que la pression mesurée dans le masque est positive ou nulle (3ème ligne), l'hexafluorure de soufre présent dans le milieu ambiant n'est pas détecté à l'intérieur du masque (1ère ligne). La surpression dans le masque protégée le sujet d'une fuite vers l'intérieur à laquelle le défaut d'étanchéité du masque l'expose. La fréquence cardiaque du sujet est de 156bpm et son débit inspiratoire de pointe de 300l/min. Nous reviendrons sur l'importance de ces valeurs plus loin.

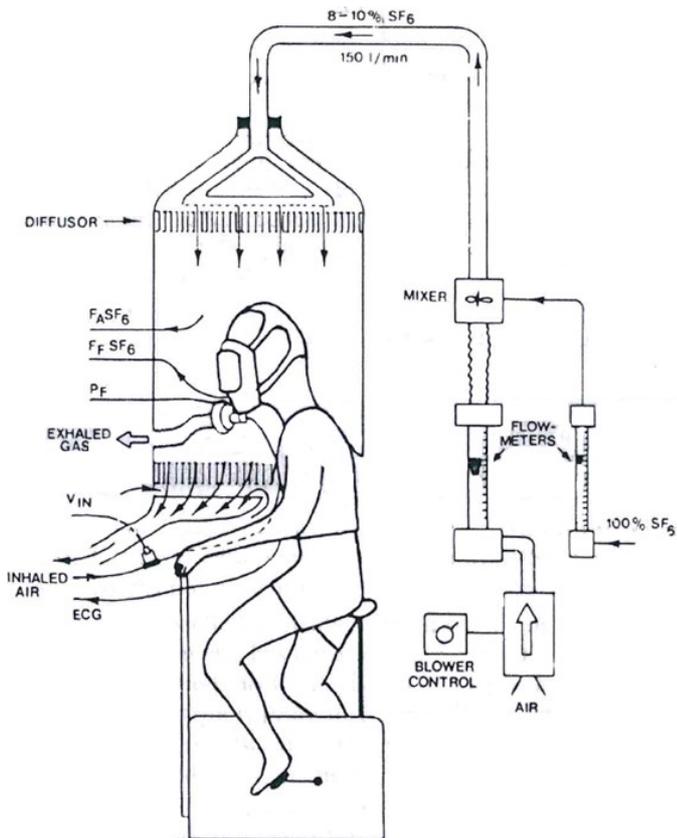


Figure 3 : Installation utilisée (source : publication originale).

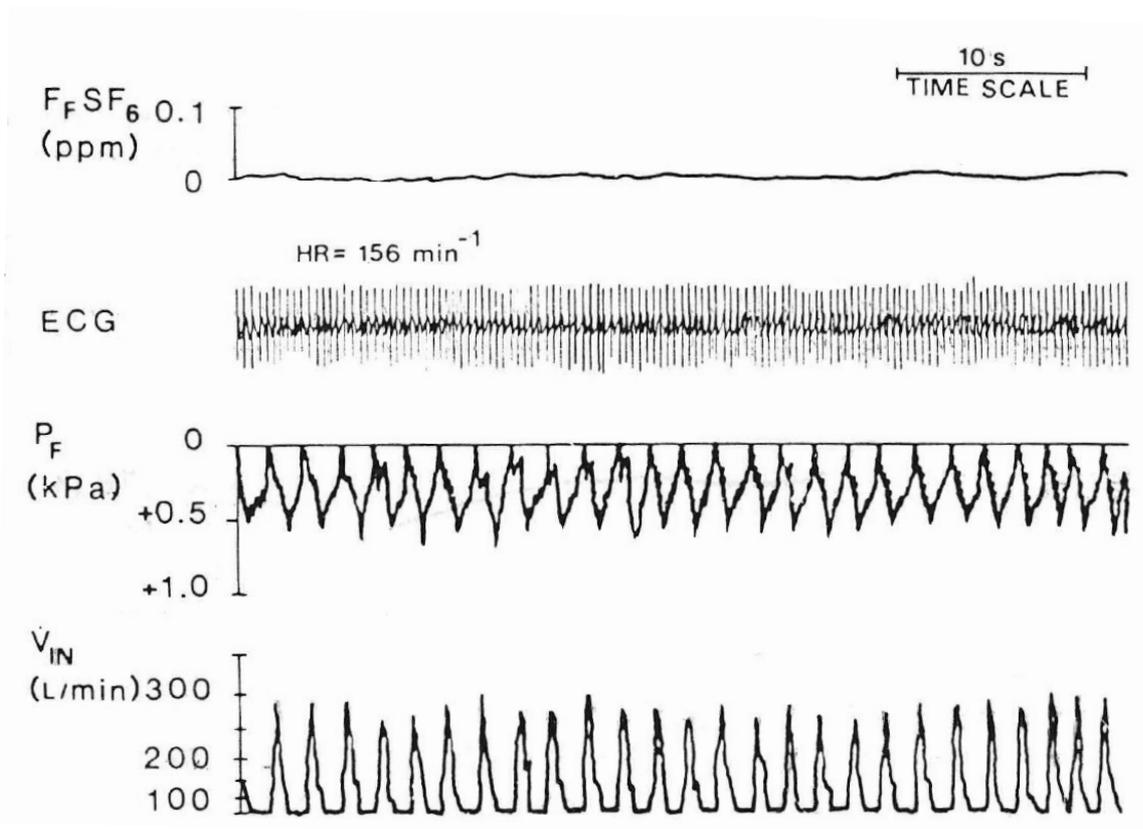


Figure 4 : Concentration en SF6 et pression dans le masque, fréquence cardiaque et débit inspiratoire de pointe. Sujet PS 34 ans, 184cm, 77kg 250 W (source : publication originale)

Impact des débits respiratoires sur la surpression :

La surpression à l'intérieur du masque diminue avec l'augmentation des débits respiratoires. On remarque sur les enregistrements de Dahlbäck présentés en figure 4 que la pression dans le masque évolue en sens inverse des mouvements respiratoires du sujet. La pression augmente à l'expiration et diminue à l'inspiration. L'expérience s'est poursuivie avec une augmentation de la charge de 20%. Le même sujet a généré des débits inspiratoires de pointe dépassant les capacités du système. Avec des débits inspiratoires de pointe dépassant les 450 l/secondes (4ème ligne) (+50%), la pression dans le masque devient négative (3ème ligne) et de l'hexafluorure de sodium est détecté dans le masque (1^{ère} ligne) signant la fuite vers l'intérieure et donc l'inhalation par le sujet de gaz contenus dans l'enceinte (figure 6). Le système est dépassé. La fréquence cardiaque du sujet n'a augmenté que de 7%.

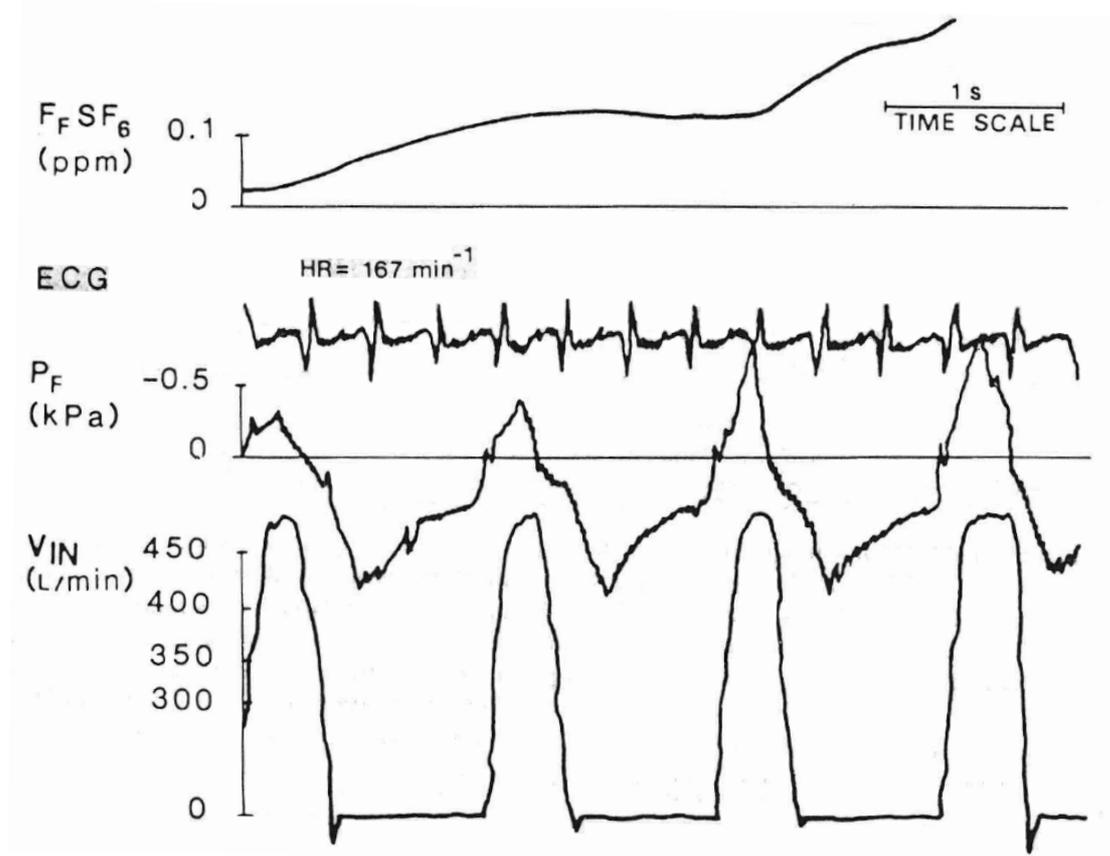


Figure 5 : Concentration en SF6 et pression dans le masque, fréquence cardiaque et débit inspiratoire de pointe. Sujet PS 34 ans, 184cm, 77kg, 300 W (source : publication originale).

Le principe de la protection par la surpression et celui d'un phénomène limité étant établis par les observations sur un sujet, penchons-nous sur les facteurs responsables de la variabilité des débits inspiratoires de pointes.

Facteurs modifiant le débit inspiratoire de pointe

Göran Berndtsson a procédé à l'essai suivant^{xv} :

7 sujets (6 hommes et une femme) non barbus portant des masques de protection respiratoire avec ou sans filtre ont pédalé sur une bicyclette ergométrique à différents niveaux de charge allant de 50 à 200W (5 minutes par pallier et par masque).

Leurs consommations d'air ainsi que leurs débits inspiratoires de pointe ont été mesurés en continu. Entre la «3^{ème} et la 4^{ème} minute, le texte « *The Rainbow Passage* » fut lu par tous les sujets durant une minute.

Le test était interrompu lorsque le sujet atteignait 85% de sa fréquence cardiaque maximale théorique (formule non précisée) ou à la demande du sujet. Voici les principaux résultats.

Le modèle de masque influe sur les débits mesurés.

Le masque avec lequel les débits inspiratoires de pointe sont les plus élevés est le masque dénué de filtre. La différence avec le masque avec lequel les sujets ont produit les débits inspiratoires de pointe les plus faibles est d'environ 20%.

Influence de la parole :

Les débits mesurés alors que les sujets parlent est supérieur de plus de 50% en moyenne à ceux mesurés alors que le sujet est silencieux.

Influence de la charge de travail

Les débits inspiratoires de pointe augmentent avec la charge de travail (entre 200 et 300% d'augmentation entre 50W et 200W).

Variabilité interindividuelle

La différence entre le sujet présentant les DIP les plus élevés et le sujet présentant les DIP les plus faibles dépasse 50%.

Influence des facteurs cumulés

Le tableau 3 présente les résultats cumulés pour chaque niveau de charge des mesures des 7 sujets pour les 5 masques testés. Les mesures des 7 premières lignes concernent les sujets silencieux, les 7 dernières correspondent aux mesures réalisées pendant la lecture.

Charge (W)	lecture	Consommation moyenne L/min	DIP moyen L/min	95 ^{ème} Percentile
				DIP L/min
50	No	33	113	172
75	No	41	135	201
100	No	48	152	206
125	No	57	173	240
150	No	68	200	272
175	No	84	240	320
200	No	114	321	415
50	Yes	27	211	318
75	Yes	31	236	375
100	Yes	39	254	395
125	Yes	47	266	412
150	Yes	57	292	461
175	Yes	70	330	496
200	Yes	96	407	573

Tableau 4 : DIP et consommation mesurée selon la charge de travail et la lecture associée. (Source : publication originale)

Les débits inspiratoires de pointe moyens observés à 200 W dépassent les 300l/min chez des sujets silencieux. Ces débits sont atteints dès 175 W en cours de lecture (Cercles oranges). Il s'agit du seuil pour lequel Dahlbäck a authentifié une pénétration du milieu extérieur dans un masque non étanche.

Plus intéressantes encore sont les valeurs extrêmes mesurées. Pour mémoire, le quatre-vingt-quinzième centile est la valeur seuil que dépassent 5% des valeurs mesurées. Ainsi la limite des 300l/min est dépassée dès 175 W chez les sujets silencieux dans au moins 5% des cas et elle a été dépassé à tous les paliers de charge en cours de lecture. (Rectangles rouges).

A quels travaux correspondent les niveaux de charge sur bicyclette ?

En se basant sur les travaux d'Åstrand et al^{xvi} l'auteur propose l'approximation suivante basée sur un sujet de 70 à 75 kg :

- 50 W Marche à 5 km/h, travaux ménagers
- 100 W Marche à 7 km/h, travail manuel, agriculture, exploitation minière, jardinage
- 150 W Course à 9 km/h, monter les escaliers, travail du bois, travail manuel lourd
- 200 W Course à 11 km/h, natation 50 m/min⁻¹, travail manuel exceptionnellement lourd

Quelles conclusions en tirer ?

Pour des niveaux de charge exceptionnels, les débits inspiratoires de pointes mesurés dépassent les capacités de surpression d'un ARI. Ce phénomène est considérablement amplifié lorsqu'il est nécessaire de parler durant le travail.

Les niveaux de puissances que les sujets ont dû développer dans l'expérience dépassent la sollicitation physique normale correspondant aux activités testées par la norme EN 137 relative aux ARI (tableau 3). Ceci pourrait être comparé à une situation opérationnelle extrême (sauvetage d'un équipier en sous-sol maintenu conscient par la parole par exemple). Dans ces conditions la prévention contre l'inhalation des fumées ne peut être assurée que par l'étanchéité du masque, l'ARI étant susceptible de ne plus être en mesure de générer une surpression. Comme tout EPI, L'ARI délivre la protection attendue dans les conditions pour lequel il a été conçu.

Enfin, soulignons l'influence de la température en intervention n'a pas été prise en compte, les tests étant réalisés à température ambiante. Une hyperventilation supplémentaire est prévisible.

Impact de la pilosité sur le facteur de protection

De multiples auteurs^{xvii} ont étudié l'impact d'une pilosité faciale sur la protection offerte par les masques. On note une grande variabilité entre les EPI utilisés et plus encore entre les sujets tests. Néanmoins, le point commun des études quantitatives rigoureuses est de montrer un impact délétère de la pilosité faciale sur la protection offerte par le masque.

Il est important de noter que ce phénomène apparait de façon précoce. Hounam et Hyatt ont respectivement mesuré un taux de pénétration dès le premier jour sans rasage de 0,5% et 0,37% pour une limite normative d'un masque complet de 0,01% et ce phénomène s'amplifie de jour en jour.

McGee a effectué des mesures toutes les 2 semaines sur des sujets initialement rasés porteurs d'un BIOPAK 60, appareil respiratoire isolant à circuit fermé et pression positive. Les valeurs ont été tripliquées pour chaque temps d'observation. Si tous les sujets présentaient un facteur de protection moyen satisfaisant en début d'expérience (>10000), dès la deuxième semaine, seul deux sur 6 répondaient encore à ce critère malgré la suppression.^{xviii} Ces données sont présentées en figure 6.

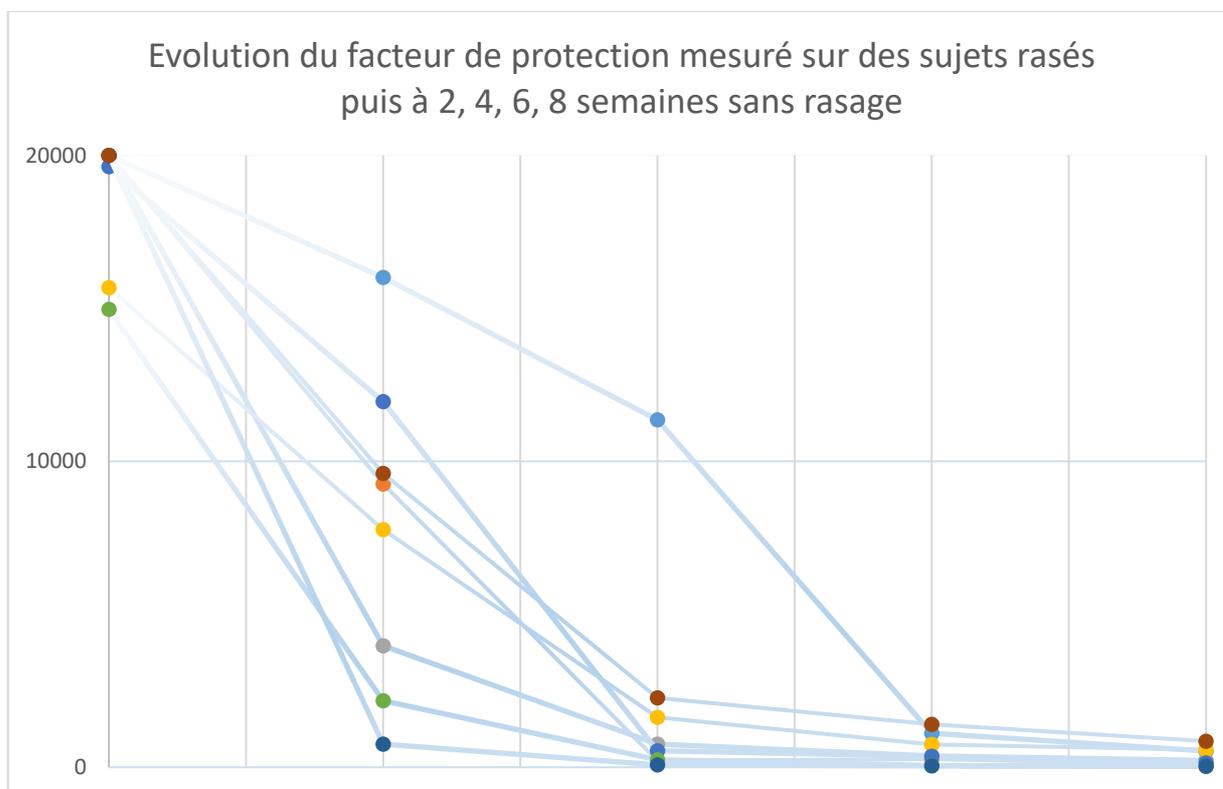


Figure 6 : Evolution du facteur de protection offert par un Biopak 60 à des sujets initialement rasés puis interdits de rasage. 8 sujets, moyenne de trois mesures, mesures répétées à 2, 4, 6, 8 semaines.

Les différents modes de vérification de l'ajustage

Vérification par l'utilisateur : ^{xixxx}

Par pression positive :

Après fermeture de la valve expiratoire et/ou couverture du matériau filtrant, l'utilisateur expire dans le masque. L'ajustement de la face est considéré comme satisfaisant si une légère pression positive peut être établie sans aucune fuite d'air vers l'extérieur au niveau du joint d'étanchéité.

Par pression négative :

Après obstruction de l'orifice d'entrée ou du matériau filtrant, l'utilisateur inspire doucement pour que le masque s'écrase légèrement et retient sa respiration pendant dix secondes. Si le masque reste dans son état légèrement écrasé et qu'aucune fuite d'air vers l'intérieur n'est détectée, l'étanchéité du masque est considérée comme satisfaisante.

Il faut noter que ce test n'a qu'une faible efficacité. Une étude réalisée à Hong Kong^{xxi} avec des FFP2 a montré qu'ils ne détectent une fuite qu'une fois sur 5 et que 4 fois sur 10 il est faussement rassurant (sensibilité 20%, Valeur Prédictive Négative 62%, Gold Standard : QNFT par comptage, cf. infra)

Protocoles de vérification Qualitative (Fit Test Qualitatifs, QLFT)

Ces protocoles reposent sur la capacité de l'utilisateur porteur d'un masque à percevoir des odeurs présentes dans le milieu ambiant ou dans une cagoule en utilisant des agents comme :

- Saccharine (Sucrée)
- Bitrex^r (Amère)
- Isoamyl Acetate (Banane)

Des kits appropriés ont été commercialisés. (Figure 6 : celui développé par 3M.)



Guide 3M pour le Fit Test Qualitatif

Les kits de test d'étanchéité 3M™ FT-10 (sucré) et 3M™ FT-30 (amer) ont comme objectif de tester l'étanchéité des masques de protection respiratoire jetables et réutilisables avec des filtres antipoussières ou des filtres combinés.

LE TEST DU « GOÛT »

Partie A - L'essai de sensibilité

- 1 Verser ½ cuillère à café de solution pour essai de sensibilité (étiquette **ROUGE**) dans le pulvérisateur de sensibilité (marqué en **ROUGE**).
- 2 Placer la tête de la personne dans la coiffe d'essai.
- 3 Demander à la personne de respirer lentement avec la bouche ouverte et de vous avertir lorsqu'elle percevra le goût de la solution d'essai.
- 4 Pulvériser doucement la solution dans la coiffe en comptant le nombre de pressions exercées jusqu'à ce que la personne à l'essai goûte la solution.
- 5 Demander à la personne de boire un verre d'eau en prenant soin de nettoyer leurs lèvres ; la faire attendre 10 minutes avant de poursuivre.

Arrêter le test d'étanchéité si :
la personne ne perçoit pas le goût après 30 pulvérisations.
Choisir une solution alternative :
Goût sucré 3M FT11 (solution de sensibilité),
3M FT12 (solution d'essai)
Goût amer 3M FT31 (solution de sensibilité),
3M FT32 (solution d'essai)

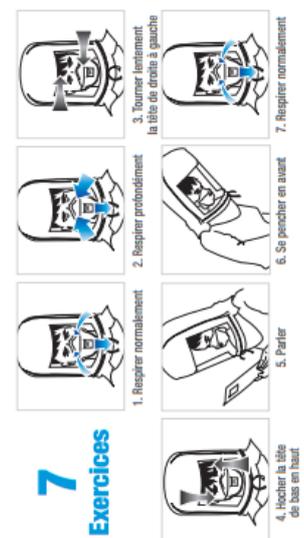
Partie B - L'essai d'étanchéité

- 1 Verser ½ cuillère à café de solution pour essai d'ajustement (étiquette **NOIRE**) dans le pulvérisateur de test (marqué en **NOIR**).
- 2 S'assurer que le masque respiratoire est porté de façon étanche. Se référer aux instructions 3M pour le port du masque.
- 3 Placer la tête de la personne dans la coiffe d'essai.
- 4 Pulvériser la solution à la « dose initiale » et commencer les exercices. Ajouter les pulvérisations additionnelles toutes les 30 secondes comme indiqué ci-dessous :

Nombre de pulvérisations nécessaires en partie 1	Nombre de pulvérisations en « dose initiale »	Nombre de pulvérisations additionnelles toutes les 30 secondes
1-10	10	5
11-20	20	10
21-30	30	15

- 5 Après la pulvérisation de la dose initiale, demander à la personne d'exécuter les 7 exercices (voir pictogrammes ci-contre) et indiquer immédiatement si le goût de la solution est perçu. Ne pas oublier d'ajouter des pulvérisations supplémentaires toutes les 30 secondes.
- 6 Enregistrement des résultats :
Si le goût de la solution n'est pas perçu après les 7 exercices : la personne a passé avec succès le test pour cette référence de protection respiratoire.
Si le goût de la solution est perçu : **ARRÊTER** l'essai, rincer la bouche, le visage et les mains, repositionner le masque et recommencer à partir de la partie 2.

7 Exercices



Si le goût de la solution est encore perçu après le deuxième essai, arrêter le test, se nettoyer les mains, le visage et la bouche et recommencer l'essai avec une autre protection respiratoire 3M. Recommencer l'essai à partir de la partie 2.

Dans le cas d'un autre échec, contacter le service clients 3M Département pour la Protection Individuelle au 01 30 31 65 96.

Les porteurs doivent être **RASÉS DE PRÈS** pour obtenir une bonne étanchéité avec leur masque.

Merci de noter que pour réaliser un test d'étanchéité complet, toutes les étapes détaillées ci-dessus doivent être suivies.

Contactez notre équipe conseil clients.
A votre service de 9h à 18h du lundi au vendredi.
Un numéro de téléphone unique : 01 30 31 65 96
E-mail : 3m-france-ep@3m.com
Site internet : www.3m.com/fr/accs



Figure 6 : Guide 3M pour le Fit Test Qualitatif (documentation constructeur)

Protocoles de vérification Quantitatifs (Fit Test Quantitatifs, QNFT)

Méthodes en enceintes :

Se reporter à l'essai de fuite vers l'intérieur à l'hexafluorure de soufre page 8. Non utilisables en pratique courante.

Méthodes hors enceintes :

Ces méthodes font appel à des équipements portables.

- Compteur de particules : mesure le nombre de particules s'attaquant à la pièce faciale et le nombre de particules pénétrant.
- Méthode de pression : L'appareil génère une dépression à l'intérieur du masque. La fuite est égale à la quantité d'air évacuée nécessaire au maintien d'une pression constante.



Figure 7 : Fit test quantitatif par méthode de pression (site fabricant OHD)

Réglementation et recommandations émises en France et à l'étranger

Françaises :

Arrêté du 8 avril 2015

A l'origine de ce travail, il dispose : « *le rasage est impératif pour la prise de service ; dans le cas particulier du port de la barbe ou de la moustache, celles-ci doivent être bien taillées et permettre une efficacité optimale du port des masques de protection.* » Il est peu informatif, fait référence à une efficacité optimale sans la définir.

Règlement intérieur du SDIS de l'OISE

Art 34 : Sont interdits : Le port de la barbe lorsqu'il est incompatible avec l'usage d'un appareil respiratoire isolant ou d'un masque de plongée pour les agents dont les missions impliquent l'utilisation de ces équipements. De même, les critères d'incompatibilité ne sont pas détaillés.

CHS SDIS 60 :

La délibération 14 de la séance du 21 Janvier 2014 « Compatibilité du port de la barbe avec l'utilisation de l'ARI » rappelle les règles existantes au sein du SDIS qui ne seront pas modifiées.

Guide National de Référence : appareils respiratoires isolants.^{xiii}

Ne détaille pas les caractéristiques faciales ni la procédure de vérification de l'étanchéité.

INRS :

Il cite parmi les principaux paramètres à prendre en compte pour le choix d'un appareil de protection respiratoire adaptéⁱⁱⁱ : « *Des caractéristiques du visage comme des cicatrices, des poils non rasés (dernier rasage datant de plus de 8 heures), des favoris, des éruptions cutanées peuvent anéantir la protection apportée...car une surface irrégulière nuit à l'étanchéité de la pièce faciale. Une seule taille de pièce faciale ne peut pas convenir toutes les morphologies de visage.* » L'interposition de branches de lunettes doit également être évitéeⁱⁱⁱ.

Internationales :

USA

Le site « Occupational Safety and Health Administration » du United States Department of Labor (littéralement département en charge de la santé et de la sécurité au travail du ministère du travail,) détaille précisément notre problématique (standard 1910.134)^{xvii} En Substance :

- Avant qu'un employé n'utilise un masque facial à ajustement serré ou à pression positive, il doit être testé avec la même marque, modèle, style et taille que celui utilisé. (QLFT ou QNFT)
- L'employeur doit effectuer un test d'ajustement supplémentaire chaque fois que l'état physique de l'employé change de façon qui pourrait affecter l'ajustement du respirateur (notamment les cicatrices faciales, les modifications dentaires, la chirurgie esthétique, ou les modifications évidentes de poids corporel.).
- Si un employé porte des lunettes correctrices ou des lunettes de protection ou un autre équipement de protection individuelle, l'employeur veille à ce que l'équipement soit porté de façon à ne pas interférer avec le joint du masque.
- L'employeur ne doit pas permettre de porter un masque aux travailleurs ayant des poils entre le joint du masque et le visage ou qui interfèrent avec la fonction de la valve.

La précision suivante a été apporté suite à des questionnements en Novembre 1985^{xxii} : « *Peu importe si les poils poussent sur d'autres zones du visage, tant qu'ils ne dépassent pas sous le joint d'étanchéité et que leur longueur n'interfère pas avec la fonction du dispositif (avec la valve). En conséquence, les moustaches courtes, les favoris et les boucs qui sont taillées de façon à ce qu'aucun poil ne passe sous le joint du dispositif ne présentent aucun risque et ne violent pas les dispositions de la 29 CFR 1910.134.* »

Pays de Galle :

Le *South Wales Fire and Rescue Service* détaille^{xxiii} par des diagrammes les normes acceptables pour les poils de visage afin que ceux-ci ne nuisent pas à l'étanchéité des masques. (Figure 8)

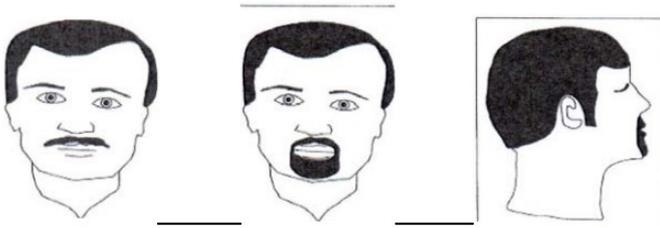
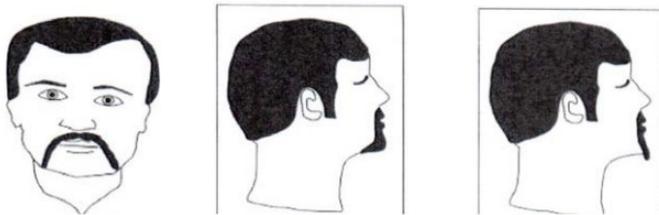
Acceptable

Figure 8: Standards of Appearance for Firefighters (South Wales Fire and Rescue)

Not Acceptable**Canada :**

Le *Fire Department Recruitment Office* de la ville de Calgary a fixé les règles suivantes^{xxiv} :

Les membres portant un uniforme du Service des incendies ou en service doivent être rasés sauf si les poils du visage sont conformes aux deux normes suivantes :

Les favoris ne doivent pas s'étendre au-dessous du bas du lobe de l'oreille et ne pas interférer avec le joint de l'appareil respiratoire autonome ou des masques respiratoires N95 (équivalent de nos FFP2).

Les barbes et boucs ne seront pas autorisés. Les moustaches doivent être maintenues propres, coupées et rasées à moins de 10 mm du coin de la bouche et 10 mm au-dessous de l'axe de la bouche. Les moustaches ne doivent pas interférer avec l'étanchéité du masque respiratoire autonome ou du masque respiratoire N95.

Arabie Saoudite :

Mansour A. Balkhyour de l'Université King Abdulaziz de Jeddah a mesuré la fuite vers l'intérieur sur des sapeurs-pompiers en utilisant la méthode de pression^{xxv}. Constatant que la présence d'une barbe augmente considérablement la fuite vers l'intérieur, il recommande malgré l'importance culturelle et religieuse du port de la barbe en Arabie Saoudite son interdiction chez les sapeurs-pompiers.

Le point de vue d'un fabricant d'ARI

Le fournisseur de nos ARI a eu l'amabilité de répondre à certaines de nos interrogations.

Question : On entend dire que la surpression protège des fuites vers l'intérieur et je me suis donc demandé dans quelle mesure cet argument était fondé ?

Réponse : Il s'agit d'un phénomène physique.

Pour un masque à pression positive, en cas du manque d'étanchéité le gaz se trouvant à l'intérieure du masque aura une tendance d'équilibrer sa pression par rapport à la pression extérieure qui est plus basse. Il y aura donc une fuite vers l'extérieur du masque empêchant ainsi toute pénétration de gaz extérieur à l'intérieure du masque.

Question : Je me suis intéressé aux débits inspiratoires de pointes de sujet en effort maximum et ai considéré que si ceux-ci dépassaient les débits délivrés par la valve, aucune surpression n'était possible et qu'il y aurait de facto fuite vers l'intérieur en l'absence d'étanchéité parfaite masque/visage. (La littérature retrouve des DIP mesurés à 200 w en parlant approchant les 600 l/min)

Réponse : Ceci est parfaitement vrai. La conception d'un appareil respiratoire doit toujours assurer une alimentation en gaz supérieure au débit de pointe de l'utilisateur.

Question ? Le fabricant émet-il une réserve quant à l'utilisation du matériel par des sujets ne présentant pas les conditions nécessaires à l'étanchéité ? Dégagerait-il sa responsabilité en cas d'inhalation accidentelle ?

Réponse :

- La norme NF EN 529 « Appareils de protection respiratoire Recommandations pour le choix, l'utilisation, l'entretien et la maintenance » précise dans le §4.2.2 Pièces faciales que « Les pièces faciales hermétiques (pièces faciales filtrantes, quarts de masque, demi-masques et masques complets) fonctionnent largement sur le principe d'une étanchéité parfaite entre le masque et le visage du porteur »

- Le guide INRS relatif au choix et à l'utilisation des appareils respiratoires indique clairement dans son §3.1 « qu'avec une pièce faciale telle qu'un masque complet ou un demi-masque il est nécessaire de veiller à la bonne continuité du joint facial. Les hommes seront correctement rasés ; l'interposition de cheveux, de barbes et favoris ou de branches de lunettes doit être évité »

- Les fabricants informent les utilisateurs, d'une façon très claire, (ci-dessous extrait de la notice d'utilisation du masque PANO CL3+) « Vérifier que des cheveux ne sont pas bloqués entre le masque et le visage. L'étanchéité du masque est également affectée par une barbe, des favoris ou des branches de lunettes »

- La notice d'utilisation du masque complet de type PANO CL+ dit « HONEYWELL RESPIRATORY SAFETY PRODUCTS décline toute responsabilité en cas de l'inobservation des recommandations contenues dans cette notice ».

Discussion

Les missions des sapeurs-pompiers les exposent à des dangers réels, imminents et de gravité extrême (exposition à des agents bactériologiques et chimiques incluant les fumées d'incendie). Lorsque les mesures de protection appropriées à la source ne sont pas possibles ou insuffisantes pour limiter l'exposition à l'inhalation, Ils utilisent un appareil de protection respiratoire adéquat. Ceux-ci sont le dernier échelon de la hiérarchie des mesures de protection. Des accidents graves ou mortels sont possibles en cas d'erreur dans le choix ou l'utilisation de ces équipements de protection individuels. Les normes précises auxquelles ils répondent spécifient des conditions expérimentales nécessaire à la détermination d'un facteur de protection. L'étanchéité parfaite est unanimement citée par les normes NF, L'INRS, le GNR et la littérature internationale. Le respect de ce critère protège la sécurité du sapeur-pompier en intervention. A contrario, la présence de cheveux, de poils de barbe même naissant, de branches de lunettes, d'irrégularité faciale ou un défaut de congruence entre la morphologie de l'utilisateur et le masque diminuent la protection apportée par l'EPI.

Il est souvent avancé que le fonctionnement en surpression de l'appareil respiratoire isolant à circuit ouvert protège contre les fuites. C'est un phénomène physique réel et démontré dans des conditions standards d'utilisation mais pouvant disparaître lors d'efforts extrêmes. La vérification d'ajustage à pression négative réalisée avant l'engagement n'est probablement que faiblement efficace. Sa sensibilité et sa valeur prédictive négative n'ayant pas à notre connaissance encore été étudié mais son évaluation avec des masques FFP2 incite à le rejeter comme preuve certaine d'étanchéité. La règle doit rester le respect des recommandations d'utilisation (notamment l'absence d'une quelconque interférence avec le joint du masque) et la procédure par inspiration la vérification ultime.

La protection relative que confère cette surpression n'est retrouvée avec aucun autre masque (FFP2, Appareil Respiratoire Filtrant, Appareil Respiratoire Isolant à Circuit Fermé) Dans toutes ces situations, le non-respect des préconisations est de nature à annihiler l'efficacité des EPI. L'incendie ne concernait en 2014 que 6,3% des interventions (DGSCGC). L'exception ne peut être la règle.

Les Etats Unis ont abordé la problématique de façon pragmatique, le sud du Pays de Galles a produit des schémas explicatifs, l'université King Abdulaziz de Jeddah en Arabie Saoudite a recommandé la prohibition de la barbe chez les sapeurs-pompiers malgré son importance culturelle et religieuse.

Du point de vue des responsabilités, le fabricant rappelle ses recommandations et décline toutes responsabilité en cas d'inobservance.

Le Code du travail dans sa partie hygiène et sécurité applicable aux SDIS^{xxvi} impose à l'employeur de prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs.^{xxvii} La responsabilité du SDIS est donc susceptible d'être engagée en cas de sinistre secondaire à une utilisation incorrecte des EPI.

Par ailleurs, les agents ne peuvent dégager le SDIS de ses responsabilités et en cas d'accident en service, la faute détachable ne pourra être invoquée.

Le SSSM a notamment pour mission le conseil en matière de médecine préventive, d'hygiène et de sécurité, et les médecins doivent apporter leur concours à l'action entreprise par les autorités compétentes en vue de la protection de la santé.^{xxviii}

Il est donc proposé la conclusion suivante :

Conclusion :

Au vu des données règlementaires, des normes NF, des recommandations françaises, des prescriptions des fabricants de masques de protection respiratoires, des données expérimentales et des pratiques observées à l'étranger concernant les sapeurs-pompiers détaillées dans ce document et afin d'assurer l'efficacité optimale du port des masques de protection, il est recommandé de prohiber tout élément (notamment la présence de poils ainsi que toute situation similaire) interférant physiquement avec les masques de protection respiratoire et notamment les joints faisant étanchéité avec la peau, les valves et le pourtour des pièces faciales filtrantes.

Des actions d'information sur ces bases pourront être menées à destination des sapeurs-pompiers et de leur hiérarchie en collaboration avec le CHS.

Bibliographie

-
- ⁱ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000030511676&dateTexte=&categorieLien=id>
- ⁱⁱ Code général des collectivités territoriales - Article R1424-24
- ⁱⁱⁱ INRS ED 6106 Les appareils de protection respiratoire Choix et utilisation.
- ^{iv} INRS ED 105 Appareils de protection respiratoire et métiers de la santé Fiche pratique de sécurité
- ^v NF EN 14683 Août 2014 Masques à usage médical - Exigences et méthodes d'essai
- ^{vi} NF EN 149+A1 Septembre 2009 Appareils de protection respiratoire - Demi-masques filtrants contre les particules - Exigences, essais, marquage
- ^{vii} NF EN 136 Mars 1998 Appareils de protection respiratoire - Masques complets - Exigences, essais, marquage
- ^{viii} NF EN 14387+A1 Avril 2008 Appareils de protection respiratoire - Filtres anti-gaz et filtres combinés - Exigences, essais, marquage
- ^{ix} NF EN 137 Janvier 2007 Appareils de protection respiratoire - Appareils de protection respiratoire autonomes à circuit ouvert, à air comprimé avec masque complet - Exigences, essais, marquage
- ^x NF EN 145/A1 Mai 2000 Appareils de protection respiratoire - Appareils de protection respiratoire isolants autonomes à circuit fermé, du type à oxygène comprimé ou à oxygène-azote comprimé - Exigences, essais, marquage
- ^{xi} NF EN 13274-2 Avril 2001 Appareils de protection respiratoire - Méthodes d'essai - Partie 2 : essais pratiques de performance
- ^{xii} Honeywell : Fiche Produit ARI : système de détente, pression positive.
- ^{xiii} http://www.interieur.gouv.fr/content/download/31278/234101/file/GNR_ARI.pdf
- ^{xiv} Dahlbäck GO, Novak L. Do pressure-demand breathing systems safeguard against inward leakage? *Am Ind Hyg Assoc J.* 1983 May;44(5):336-40. PubMed PMID: 6869251.
- ^{xv} Berndtsson G. (2004) Peak inhalation air flow and minute volumes measured in a bicycle ergometer test. *J Int Soc Resp Prot* 21, 21–30. 3
- ^{xvi} Åstrand PO, Rodahl K, Dahl HA, & Stromme SB. (2003) *Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise*, 4th ed., McGraw-Hill Book Co., International Series, New York.
- ^{xvii} *Am Ind Hyg Assoc J.* 1988 Apr;49(4):199-204. Facial hair and respirator fit: a review of the literature. Stobbe TJ1, daRoza RA, Watkins MA.
- ^{xviii} McGee M.K., Oestenstad R.K. The effect of the growth of facial hair on protection factors for one model of closed-circuit, pressure-demand, self-contained breathing apparatus. *Amer. Ind. Hyg. Assn. J.* 1983;44:480–484. doi: 10.1080/15298668391405175.
- ^{xix} https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadis.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=12716
- ^{xx} NF EN 529 Janvier 2006 Appareils de protection respiratoire - Recommandations pour le choix, l'utilisation, l'entretien et la maintenance – Guide

^{xxi} Lam SC, Lee JK, Yau SY, Charm CY. Sensitivity and specificity of the user-seal-check in determining the fit of N95 respirators. *J Hosp Infect.* 2011 Mar;77(3):252-6. doi: 10.1016/j.jhin.2010.09.034. PubMed PMID: 21236516.

^{xxii} https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=INTERPRETATION&p_id=19355

^{xxiii} <http://www.southwales-fire.gov.uk/English/careers/Documents/Standards%20of%20Appearance%20for%20Firefighters.pdf>

^{xxiv} http://www.calgary.ca/_layouts/cocis/DirectDownload.aspx?target=http%3a//www.calgary.ca/CSPS/Fire/Documents/Recruitment/Hair-Jewellery-and-Body-Markings-Protocols.pdf&noredirect=1&sf=1

^{xxv} Balkhyour MA. Evaluation of full-facepiece respirator fit on fire fighters in the municipality of Jeddah, Saudi Arabia. *Int J Environ Res Public Health.* 2013 Jan 14;10(1):347-60. doi: 10.3390/ijerph10010347. PubMed PMID: 23343987; PubMed Central PMCID: PMC3564146.

^{xxvi} Article 108-1 de la loi n° 84-53 du 26 janvier 1984

^{xxvii} Article L4121-1 du Code du travail

^{xxviii} Article R4127-12 du CSP



Pôle Santé et Secours Médical
SDIS.SSSM.LD.2016- 142
TAT FI 3SMSPV-MSPP

ACCORD DU MEDECIN-CHEF POUR LE TAT

Je soussigné, Médecin de classe exceptionnelle François JOLY, Médecin-chef du SDIS de l'Oise, atteste avoir pris connaissance du sujet du médecin de 2^{ème} classe Bruno LEBOURGEOIS, dont l'intitulé portera sur les particularités faciales et masques de protection respiratoire, ce jour le 3 novembre 2016.

Par conséquent, il a mon accord pour venir soutenir son Travail d'Application Tutoré lorsqu'il aura reçu sa convocation avec la date et le lieu.

Le Médecin-chef Départemental
Médecin de classe exceptionnelle

François JOLY

Docteur JOLY François
Service de santé et de secours médical
du SDIS 60