

**Guide de prélèvement  
des fumées de soudage**  
Section 1 : Matières particulaires  
(Fumées totales)



**ÉTUDES ET  
RECHERCHES**

Yves Cloutier  
Luc Ménard

Novembre 1986 T-01

GUIDE TECHNIQUE



**IRSST**  
Institut de recherche  
en santé et en sécurité  
du travail du Québec

## La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

### ATTENTION

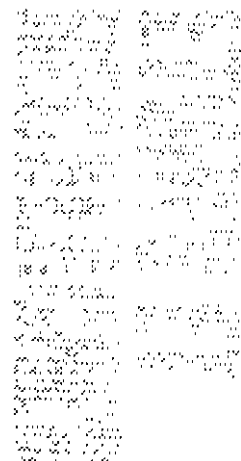
Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal  
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications  
505, boul. de Maisonneuve Ouest  
Montréal (Québec)  
H3A 3C2  
Téléphone : (514) 288-1 551  
Télécopieur: (514) 288-7636  
Site internet : [www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)  
© Institut de recherche en santé  
et en sécurité du travail du Québec,

# **Guide de prélèvement des fumées de soudage**

## **Section 1 : Matières particulaires (Fumées totales)**



**Yves Cloutier et Luc Ménard**  
Programme soutien analytique, IRSST

**GUIDE TECHNIQUE**

## TABLE DES MATIÈRES

	Page
1.- Sommaire.....	1
2.- Introduction.....	3
3.- Dispositif de prélèvement.....	4
3.1- Pompe personnelle.....	4
3.2- Tête de captation.....	5
3.3- Montage du dispositif de prélèvement.....	6
4.- Stratégie d'échantillonnage.....	12
4.1- Échantillonnage personnel.....	12
4.2- Prélèvement d'échantillon en milieu ambiant....	13
5.- Détermination d'une dose d'exposition.....	14
A) Opération continue.....	14
B) Opération irrégulière ou travail partagé.....	15
C) Fumées contenant des éléments toxiques.....	16
6.- Conclusion.....	17
7.- Références bibliographiques.....	18

## TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

	Page
ANNEXE I: Composition des fumées de soudage.....	20
FIGURE 1: Modèle de cassettes proposées et système d'attache.....	8
FIGURE 2: Dispositif d'attache et prélèvement.....	8
FIGURE 3: Fixation du dispositif de prélèvement à un support serre-tête.....	9
FIGURE 4: Ajustement du dispositif de prélèvement (Masque conventionnel et cassette 25 mm).....	9
FIGURE 5: Ajustement du dispositif de prélèvement (Masque conventionnel et cassette spéciale 37 mm à embranchement latéral).....	10
FIGURE 6: Prélèvement continu des fumées de soudage en zone respiratoire.....	10
FIGURE 7: Attache rapide.....	11
TABLEAU DE LA COMPOSITION MOYENNE DES FUMÉES DE SOUDAGE POUR LES PRINCIPAUX TYPES DE BAGUETTES OU DE FILS.....	22

## 1.- SOMMAIRE

Les fumées de soudage sont parmi les contaminants les plus couramment rencontrés dans l'industrie, lors des opérations d'assemblage ou d'entretien des composantes métalliques des équipements.

Le besoin d'une uniformisation au niveau des méthodes de prélèvement de ces fumées de soudage a été formulé à maintes reprises par les hygiénistes et techniciens(nes) en hygiène du travail du Québec.

En premier lieu, un dispositif de prélèvement a dû être développé afin de permettre l'échantillonnage dans la zone respiratoire durant le soudage et les opérations connexes. Ce dispositif est constitué d'un tube de matière plastique flexible ("Tygon") dans lequel est inséré un tube de métal semi-rigide d'une longueur de 18 pouces. Cette section est maintenue à l'intérieur du casque du soudeur à l'aide de bandes auto-adhésives. La semi-rigidité du tube permet de placer la cassette de prélèvement à l'intérieur du casque sans pour autant gêner le soudeur.

L'approche à utiliser lors de l'échantillonnage dépend des objectifs de l'évaluation. L'évaluation de l'exposition d'un travailleur suppose le prélèvement en zone respiratoire sur une période représentative de son exposition quotidienne. Par contre, l'évaluation de l'efficacité de système de ventilation et la détermination des concentrations ambiantes sont réalisées par des prélèvements en postes fixes.

La détermination des doses d'exposition de tout travailleur doit considérer le caractère continu ou périodique des opérations, le degré d'exposition du travailleur et la toxicité des composantes des fumées de soudage. Certains métaux d'alliages particuliers

contiennent des éléments plus toxiques que les alliages de base utilisés en soudure. Dans ce cas particulier, des analyses spécifiques doivent être faites afin de déterminer les concentrations respectives des éléments toxiques.

Le développement de ce nouveau dispositif et la production d'un guide de prélèvement uniformiseront à ce niveau le travail d'évaluation des fumées de soudage par les intervenants en santé et en sécurité du travail du Québec.

## 2.- INTRODUCTION

L'évaluation de l'environnement de travail d'un soudeur est complexe, puisque plusieurs facteurs influencent la composition et la quantité de fumée émise lors d'une opération de soudage. Par exemple, la nature du métal d'apport et du métal de base, ainsi que la composition de l'enrobage des baguettes influencent la composition de la fumée générée. (Voir annexe 1: Composition des fumées de soudage)

Le type de procédé de soudage utilisé induit également des variations importantes tant au niveau des quantités générées que de la nature des émissions.

Le degré d'exposition du travailleur dépend de ses habitudes de travail (position courbée au dessus de l'arc) et des endroits où il soude (espaces confinés).

L'environnement du soudeur dépend également de facteurs externes à sa technique, tels que la présence de système de ventilation ou de captation à la source, l'exiguïté des locaux et le nombre de travailleurs opérant simultanément.

Antérieurement à 1984, certains échantillons de fumées de soudage étaient prélevés indistinctement à l'extérieur du masque, au niveau du col ou de la poitrine du travailleur. Toutefois, depuis octobre 1984, l'organisme OSHA (Occupational Safety and Health Administration) a émis une nouvelle directive à l'effet que, dorénavant, les cassettes de prélèvement devraient être placées à l'intérieur du masque. D'autres organismes, tels l'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist), NIOSH (National

Institute for Occupational Safety and Health) et l'AWS (American Welding Society) recommandent que l'échantillon soit prélevé en zone respiratoire à l'intérieur du masque du soudeur. (2, 5, 8)

Le BSI (British Standards Institution), en 1977 (1) propose une méthode de prélèvement et d'analyse pour les fumées générées lors du soudage et des procédés connexes. Dans cette méthode, le dispositif de prélèvement qui y est décrit, permet la prise d'échantillon à l'intérieur du masque du soudeur. Par contre, il semble encombrant et sa fabrication implique des coûts relativement élevés.

Le dispositif de prélèvement présenté dans le présent guide rencontre les critères d'acceptabilité suivants:

- 1) Permet un prélèvement en zone respiratoire en tout temps au cours du soudage et des activités qui s'y rattachent;
- 2) Est facile d'installation et peu coûteux;
- 3) Interfère le moins possible avec les activités du soudeur;
- 4) N'implique aucune altération au masque du soudeur.

### 3.- DISPOSITIF DE PRÉLEVEMENT

#### 3.1- Pompe personnelle

L'échantillonnage est prélevé à l'aide d'une pompe personnelle portative, alimentée par l'énergie d'un accumulateur rechargeable. Cette pompe doit rencontrer les exigences suivantes:

- 1) La pompe doit maintenir un débit constant d'air au travers le filtre pour la durée complète de l'échantillonnage (une pompe à compensation de débit doit être utilisée de préférence, pour pallier à l'augmentation de la perte de charge);
- 2) Le débit doit être régulier et exempt de pulsation;
- 3) La pompe doit pouvoir opérer durant la période complète d'échantillonnage (8 heures) à un débit habituel de 1,5 litres/minute;
- 4) La variation du débit doit être inférieure à  $\pm 5\%$ ;
- 5) La pompe doit être la plus légère possible afin de ne pas interférer avec le travail du soudeur.

### 3.2 Tête de captation

La tête de captation comprend une cassette de 25 mm de diamètre munie d'un filtre de chlorure de polyvinyle de porosité 0,8  $\mu\text{m}$ . Puisque la surface de ce filtre est d'environ la moitié de celle du filtre de 37 mm, il est préférable d'étaler l'échantillonnage sur de plus courtes périodes (environ 2 heures) afin de prévenir le colmatage.

La cassette de 37 mm est également utilisable lorsque le soudeur se sert d'un masque facial portatif (voir figure 3). Un serre-tête est alors utilisé pour retenir le dispositif de prélèvement. (Ce serre-tête est disponible chez les distributeurs d'équipements de sécurité).

La cassette à embranchement de sortie circonférenciel (7) (figures 1 et 5) est peu encombrante et permet l'utilisation d'un filtre 37 mm qui colmate moins rapidement. Toutefois, son utilisation est problématique puisqu'il n'est pas possible de protéger la membrane de la contamination lors du transport et de la manipulation des cassettes. Des hypothèses de modification sont à l'étude afin de solutionner cet inconvénient inacceptable. Des filtres d'esters de cellulose 0,8 um sont recommandés lorsque la spéciation des métaux est exigée.

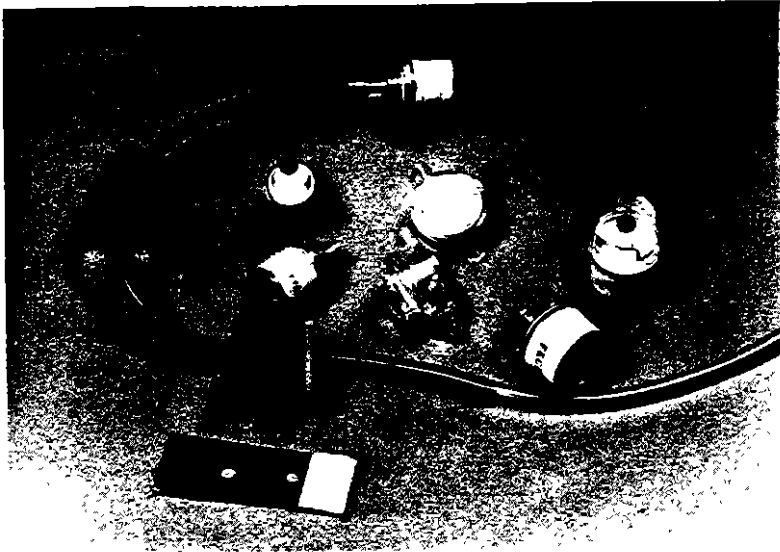
Voir figure 1 pour l'illustration des modèles de cassettes proposés.

### 3.3 Montage du dispositif de prélèvement

Le montage du dispositif de prélèvement se détaille comme suit:

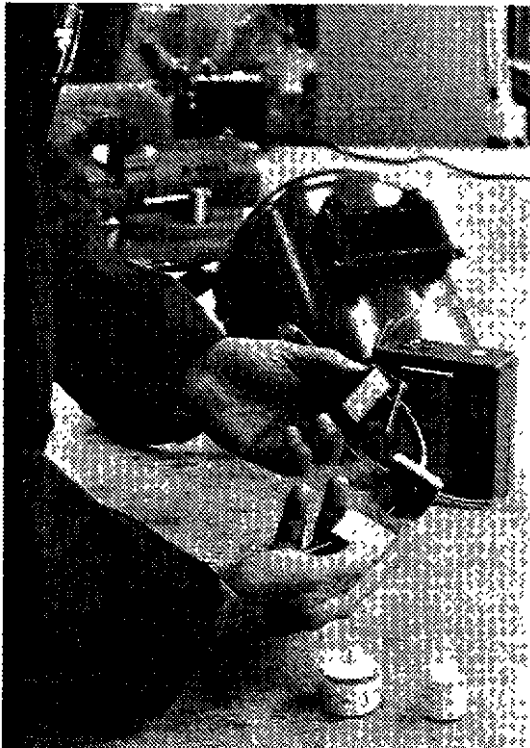
- 1) Un tube de matière plastique flexible ("Tygon") de 1/4 de pouce de diamètre interne et de 1/16 de pouce d'épaisseur est coupé de façon à assurer la pleine liberté de mouvement au soudeur. La longueur nécessaire varie habituellement de 130 à 140 cm. Elle correspond à la distance entre la bouche et le niveau de la ceinture du travailleur, en passant par le dessus de la tête.
- 2) Un tube de métal, recouvert de matière plastique, d'un diamètre extérieur de 1/4 de pouce, et d'une longueur de 40 à 45 cm, est inséré à l'intérieur du tube de matière plastique ("Tygon"), en utilisant un peu de poudre de talc afin de faciliter l'insertion. Ce tube semi-rigide doit dépasser le tube de métal de 1 à 2 cm afin de permettre le branchement de la cassette. (Voir figures 1 et 2).

- 3) Deux attaches de cuir (voir figures 1 et 2) munies de surfaces auto-adhésives ("Velcro") sont glissées sur la section du boyau contenant le tube de métal plastifié, respectivement à 25 et 40 cm de l'extrémité devant recevoir la cassette. (Voir figure 7 pour les détails concernant les dimensions de fabrication des attaches). Des pinces conventionnelles peuvent également être utilisées pour fixer le tube au support du masque, mais n'assurent pas une aussi bonne prise que les attaches proposées.
  
- 4) Les attaches ou les pinces sont fixées à la bande du dessus de la tête et la bande arrière de support du masque.



MODÈLE DE CASSETTES  
PROPOSÉES ET SYSTÈME  
D'ATTACHE

FIGURE 1:



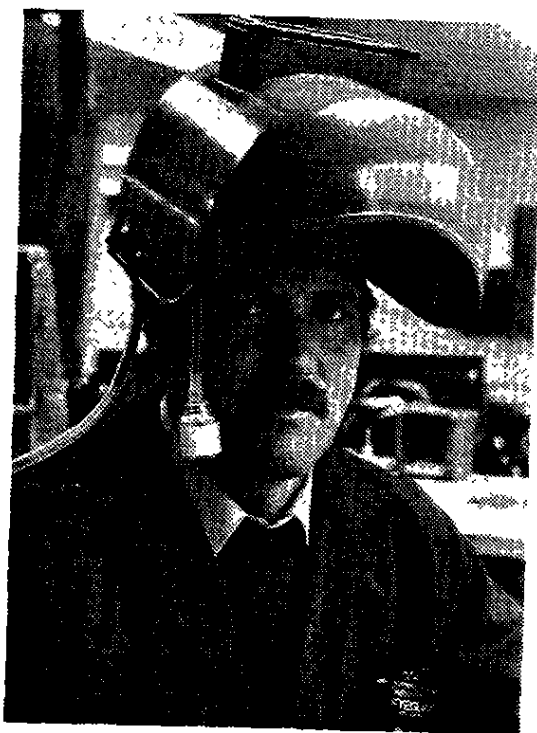
DISPOSITIF D'ATTACHE  
ET PRÉLÈVEMENT

FIGURE 2:



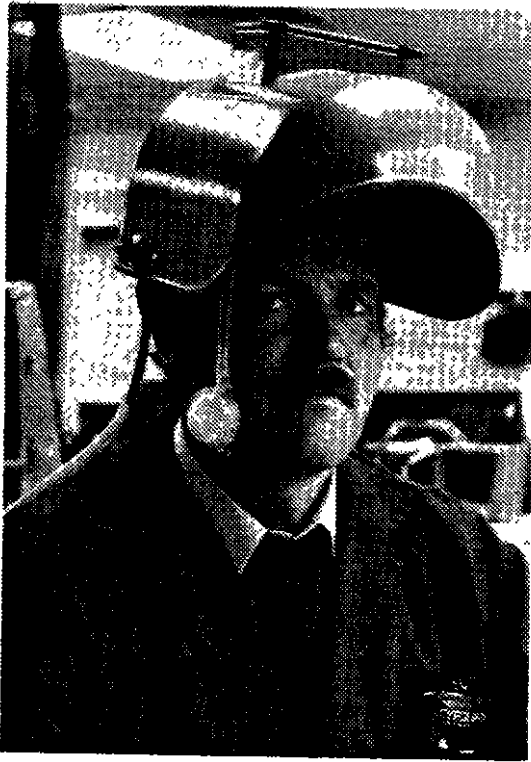
FIXATION DU DISPOSITIF  
DE PRÉLÈVEMENT À UN  
SUPPORT SERRE-TÊTE

FIGURE 3:



AJUSTEMENT DU DISPOSITIF  
DE PRÉLÈVEMENT  
(Masque conventionnel  
et cassette 25 mm)

FIGURE 4:



AJUSTEMENT DU DISPOSITIF  
DE PRÉLÈVEMENT  
(Masque conventionnel  
et cassette spéciale 37 mm  
à embranchement latéral)

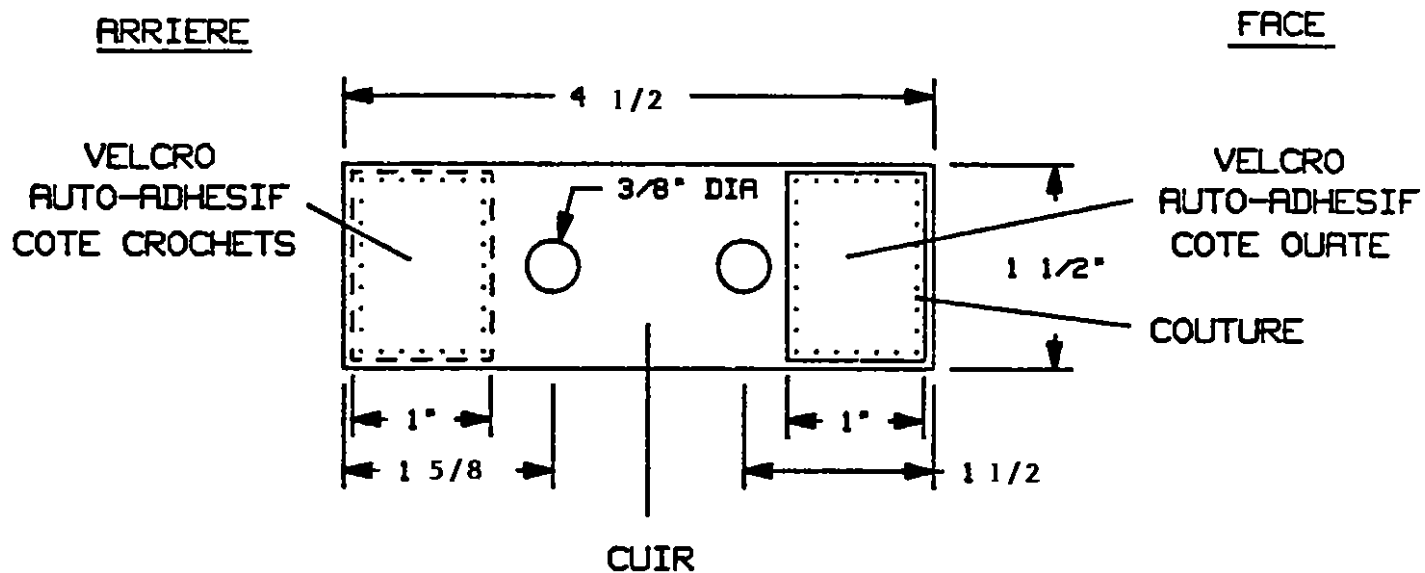
FIGURE 5:



PRÉLÈVEMENT CONTINU  
DES FUMÉES DE SOUDAGE  
EN ZONE RESPIRATOIRE

FIGURE 6:

## DISPOSITIF D'ATTACHE



## ASSEMBLAGE

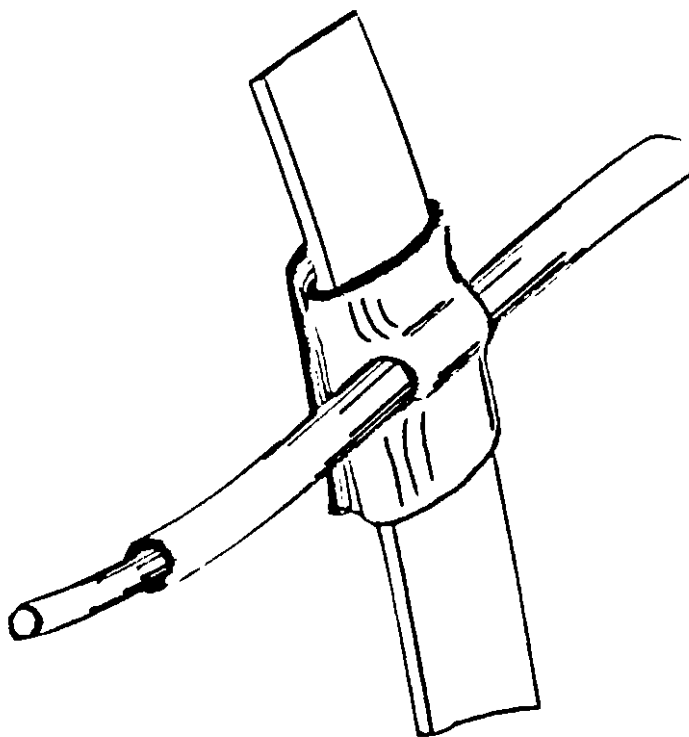


FIGURE 7

Note: Si un masque portatif est utilisé, on procédera à la fixation du dispositif de prélèvement au système de support d'une visière de sécurité. (Voir illustration, figure 3).

5) La pompe est fixée à la ceinture du travailleur et la cassette branchée à l'extrémité de la section métallisée du tube de prélèvement. L'ajustement final de la cassette en zone respiratoire est réalisé en donnant la forme désirée au tube semi-flexible. (Voir figures 4 et 5).

#### 4.- STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

L'approche utilisée lors de l'échantillonnage d'un contaminant dépend principalement de l'objectif poursuivi. L'évaluation de l'exposition d'un travailleur incite à prélever des échantillons dans la zone respiratoire. (Voir illustration, figure 6). Par contre, si l'évaluation d'un système de captation est visée aussi bien que la détermination de la concentration de fumée ambiante, l'échantillonnage en poste fixe se prête davantage à ce type d'intervention.

##### 4.1 Échantillonnage personnel

Les travailleurs qui présentent des risques plus élevés d'exposition (espaces confinés, procédés particuliers, soudage continu, système de captation déficient ou inexistant), doivent être évalués en premier lieu.

Des échantillons consécutifs couvrant la période complète de travail sont prélevés en zone respiratoire à l'aide du dispositif décrit précédemment.

Si le travail est régulier, quelques prélèvements de 2 heures peuvent être suffisants pour assurer une bonne évaluation de l'exposition du travailleur.

Des échantillons de plus courte durée donnent généralement l'ordre de grandeur du niveau d'exposition. (Mesures qualitatives).

Un groupe représentatif de travailleurs doit être choisi au hasard lorsqu'un nombre important est évalué. L'organisme américain NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) recommande la proportion suivante de travailleurs à être évalués parmi un groupe à risque homogène (Criteria for Recommended Standards) (Référence 8):

Nombre d'employés exposés	Nombre de travailleurs échantillonnés
1 - 20	5 ou 50% du total
20 - 100	10 + 25% du reste excédant 20
100 et plus	30 + 5% du reste excédant 100

En toute circonstance, le jugement personnel du responsable de l'évaluation est important afin de déterminer l'approche la plus appropriée.

#### 4.2 Prélèvement d'échantillon en milieu ambiant

Les échantillons d'ambiance générale servent à évaluer le niveau d'exposition moyen des travailleurs qui oeuvrent à des tâches connexes aux opérations de soudage. Ils sont également d'une grande utilité pour vérifier l'efficacité d'un système

de ventilation ou de captation à la source. Ils peuvent de plus, fournir des informations importantes sur le niveau des fumées présentes dans des espaces confinés.

Les échantillons d'ambiance générale sont prélevés à une hauteur d'environ 1,5 mètre au dessus du niveau du plancher. Les concentrations résiduelles sont habituellement faibles. (1 à 2 milligrammes par mètre cube, mg/m<sup>3</sup>). Les sites de prélèvement sont choisis en fonction du but de l'évaluation et de façon à ce que le matériel d'échantillonnage n'interfère pas avec les opérations de production des travailleurs.

#### 5.- DÉTERMINATION D'UNE DOSE D'EXPOSITION

Le calcul de la dose d'exposition se fait à partir des mesures obtenues par les échantillonnages personnels. Lorsque les opérations ne sont pas continues, des prélèvements en ambiance générale viennent fournir les données nécessaires à ce calcul.

##### A) Opération continue

Deux ou plusieurs échantillons ont été prélevés et couvrent une partie importante du quart de travail. (Habituellement, au moins 5 heures)

$$C_m (8 \text{ heures}) = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + \dots + C_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

$C_m (8 \text{ heures})$  = concentration moyenne pondérée sur 8 heures

ou  $C_1$  à  $C_n$  = concentrations en mg/m<sup>3</sup> trouvées pour chacun des prélèvements individuels.

$t_1$  à  $t_n$  = temps représentatifs de chacune des concentrations déterminées par les différents échantillonnages, exprimés en heures ou en minutes.

Note: Le temps n'est pas nécessairement égal à la durée du prélèvement (Ex: Si un échantillon de 2 heures est représentatif d'une période de travail de 4 heures, alors on utilisera 4 heures pour  $t_1$  à une concentration moyenne en  $\text{mg}/\text{m}^3$  égale à celle calculée pour l'échantillon de 2 heures.

La somme des temps doit donner 8 heures ou 480 minutes, selon les unités de temps utilisées. (Correction pour les quarts de travail de plus de 8 heures).

#### B) Opération irrégulière ou travail partagé

Lorsque le travailleur effectue des opérations de soudage de façon sporadique ou que son travail comporte d'autres tâches que des activités reliées directement au soudage, on procède comme suit pour le calcul de la dose d'exposition:

$$C_m (8 \text{ heures}) = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + \dots + C_k t_k + \dots + C_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_k + \dots + t_n}$$

ou

$C_m (8 \text{ heures})$  = concentration moyenne pondérée pour 8 heures

$C_1$  à  $C_k$  = concentrations en  $\text{mg}/\text{m}^3$  pour les périodes de soudage.

$C_{k+1}$  à  $C_n$  = concentrations d'ambiance générale pour les périodes représentant l'autre affectation.

$t_1$  à  $t_n$  = temps représentatifs de chacune des mesures faites en personnel durant le soudage, plus (+) le temps durant lequel le travailleur était affecté à une autre tâche et exposé à un niveau ambiant.

Dans ce cas également, la somme des temps doit égaler 8 heures ou 480 minutes selon les unités choisies.

### C) Fumées contenant des éléments toxiques

Certaines baguettes ou fils de soudage contiennent des éléments dont la toxicité est largement supérieure à celle des oxydes de fer. Dans de tels cas, l'analyse de chaque constituant est recommandée en utilisant, bien entendu, les filtres d'esters de cellulose.

Toutefois, l'interprétation des résultats relativement à la conformité ou non-conformité de l'exposition, doit être faite en utilisant le calcul de l'indice cumulatif d'exposition.

Il est déterminé à l'aide de la relation mathématique suivante:

$$R_m = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

ou  $R_m$  = indice cumulatif d'exposition

$C_1$  à  $C_n$  = concentration en  $\text{mg}/\text{m}^3$  de chacun des éléments toxiques constituants de la fumée.

$T_1$  à  $T_n$  = concentration permmissible respective en  $\text{mg}/\text{m}^3$  de chacun de ces constituants.

La valeur de  $R_m$  doit être inférieure ou égale à l'unité pour respecter la conformité.

## 6.- CONCLUSION

Une recherche bibliographique suivie d'essais en laboratoire et en industries ont permis de développer un dispositif de prélèvement qui répond aux critères d'acceptabilité fixés au départ.

Le développement de ce dispositif et la production d'un guide de prélèvement des fumées de soudage contribueront à uniformiser le travail d'évaluation des intervenants en santé et en sécurité.

Le guide de prélèvement des fumées de soudage est conçu de façon à être modifié ou amélioré si de nouveaux développements surviennent. Nous demeurons ouverts à toutes les suggestions des utilisateurs.

**7.- RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- 1.- Draft for Development, Methods for the Sampling and Analysis of Fume from Welding and Allied Processes, Part I. Particulate Matter. BSI 0054:1977. British Standards Institution.
- 2.- Evaluating Contaminants in the Welding Environment, A Sampling Strategy Guide. AWS F1.3-83. American Welding Society.1
- 3.- Jenkins, N. Moreton, J. Oakley, P.J. and Stevens, S.M., Welding Fume: Sources, characteristics, control. Published by The Welding Institute, Abington, Cambridge, CBI GAL, 1981, volume 1.
- 4.- Moreton, J. Welding Fume: a critical review. Published by The Welding Institute, Abington, Cambridge, CBI 6AL, 1983, volume 3.
- 5.- Younes, Antoine. Quelles sont les opinions de l'ACGIH, NIOSH, OSHA et l'AIHA concernant l'échantillonnage des fumées de soudage derrière le casque de soudeur et les justifications invoquées? Centre de référence, Soutien scientifique et technique. Commission de la santé et sécurité du travail du Québec. CREF: 85 051401.
- 6.- Goller, J.W. and Paik, N.W. General Electric Company, Erie, PA 16531 and Clayton Environmental Consultant Inc., Southfield MI 48075. A Comparison of Iron Oxide Fume inside and outside of Welding Helmets. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 46 (2): 89-93 (1985)

7.- RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES (SUITE)

7.- Mc Cawley, M. Burbhart, J. Baron, P. and Dollberg, D. Testing of a Personal Filter Cassette with a Circumferential Orifice. May 1983. Environmental Investigations Branch, NIOSH. Presented at the AIHA Conference, May 22-27, 1983.

8.- NIOSH. Criteria for Environmental Standards. US Department of Health, Education and Welfare, 1973.

**ANNEXE I**

**COMPOSITION DES FUMÉES DE SOUDAGE**

### COMPOSITION DES FUMÉES DE SOUDAGE

Les concentrations de fumée de soudage dans l'environnement de travail sont présentées habituellement en milligramme de fumée totale par mètre cube d'air (totalité des particules mesurée par gravimétrie). Toutefois, certains alliages utilisés pour des types de soudage particuliers contiennent des oxydes plus nocifs que l'oxyde de fer d'où la nécessité d'une spéciation des métaux présents. Les aciers inoxydables et certains types de fils fourrés à haute teneur en manganèse émettent des oxydes plus toxiques lorsqu'ils sont utilisés en soudure. Habituellement, de 1 à 4% du poids des électrodes soudées se transforme en fumée de soudage.

Le tableau, présenté à cette annexe, donne une composition approximative des fumées émises lors du soudage avec les électrodes ou fils fourrés utilisés les plus couramment. (3, 4)

TABLEAU DE LA COMPOSITION MOYENNE DES FUMÉES DE SOUDAGE POUR LES PRINCIPAUX TYPES DE BAGUETTES OU DE FILLS

## CONCENTRATION DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS CONSTITUANTS EN POURCENTAGES (POIDS)

ÉLECTRODES ENROBÉES	Fe	Mn	Si	Ni	Cu	Cr	Mo	Al	Mg	F	K	Na	Ca	Zn	Tl	V	Co	W	
E-6010	46,2	3,3	3,3																
E-6013	56,2	4,9	12,7																
E-7014	39,0																		
E-7016	32,7									15,2 <sup>1</sup>									
E-7018	26,3	4,1	0,2							14,0 <sup>1</sup>									
E-7024	20 à 30	2,0 à 4,0	10 à 20	0,01	0,1	0,01	0,005	0,1	0,02		8,0 à 12,0	2,0 à 4,0	0,3	0,1	0,4	0,01	0,01		
E-7028	38,1									11,6 <sup>1</sup>									
E-8018	45,2	7,2		0,3		0,1	0,01			35,8 <sup>1</sup>									
E-9018	21,9	5,9		0,1		1,6	0,1			28,1 <sup>1</sup>									
E-316-15	8,4	7,7		1,1	5,8	0,1													
E-316-16	10,0	8,8		1,5		6,5	0,1			17,2 <sup>1</sup>									
E-410-16	10, à 20,	1,0 à 2,0	2,0 à 3,0	0,05	0,1	5,0 à 10,	0,05	0,5	0,3		10, à 20,	4,0 à 8,0	2,0 à 4,0	0,1	0,4	0,03	0,01		
E NiCo-2	0,1	2,1		4,2	6,2														
Inconel-625	0,6			4,6	0,7	5,9	2,1												
E Ni-C1	2,5	0,3		6,9	0,1					10,0									
Haynes C-276	0,3	0,3		1,1		2,5	0,6	1,0	1,4	5,9 <sup>1</sup>		2,4			4,9		0,1	0,1	
Haynes 25		4,6		1,8		6,9		1,1	0,1	7,7 <sup>1</sup>		2,4			5,3		7,7	1,3	

<sup>1</sup> = Fluorures totaux<sup>2</sup> = Fluorures solubles dans l'eau

TABLEAU DE LA COMPOSITION MOYENNE DES FUMÉES DE SONDAGE POUR LES PRINCIPAUX TYPES DE BAGUETTES OU DE FILS

CONCENTRATION DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS CONSTITUANTS EN POURCENTAGES (POIDS)

ÉLECTRODES SOUS PROTECTION GAZEUSE	Fe	Mn	Si	Ni	Cu	Cr	Mo	Al	Mg	F	K	Na	Ca	Zn	Ti	V	Co	W	
E 70S-3	60,7	5,3	1,2		0,7														
E 70S-5	61,7	5,8	0,9		1,8														
ER 53 56								38,0	3,8										
ER 40 43			1,7					46,2											
ER NiCu-7	5,0	1,1	0,65	22,1	44,4	0,01													
Inconel-625	1,9			27,2	0,69	15,4	2,1												
Haynes C-276	3,6	1,0		32,5		8,2	16,2	0,4									33,5	3,2	1,0
Haynes 25		15,4		7,1		14,9		0,3											
ER-Qual-A2					70,5			3,4											
ER-Cu					66,0														

ÉLECTRODES ENROBÉES FILLS FOURNIES	Fe	Mn	Si	Ni	Cu	Cr	Mo	Al	Mg	F	K	Na	Ca	Zn	Ti	V	Co	W	
E 70T-1	30, à 40,	4,0 à 6,0	2,0 à 3,0	0,01	0,1	0,1	0,01	0,4	0,02	7 <sup>1</sup>	1,0	4,0 à 6,0	0,1	0,01	0,5	0,01	0,01		
E 70T-4	15, à 25,	2,0 à 3,0	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	7,0 à 10,	7,0 à 10,	13 <sup>1</sup>	2,0	0,1	15, à 25,	0,1	0,01	0,01	0,01		
E 70T-5	30, à 40,	4,0 à 6,0	2,0 à 3,0	0,01	0,02	0,01	0,01	1,0 à 2,0	0,2	7 <sup>1</sup>	4,0 à 6,0	1,0	8,0 à 12,	0,1	0,2	0,02	0,01		
316 L	12,4	7,3	0,05	1,06		12,5	0,34			11,5 <sup>2</sup>									

<sup>1</sup> - Fluorures totaux

<sup>2</sup> - Fluorures solubles dans l'eau