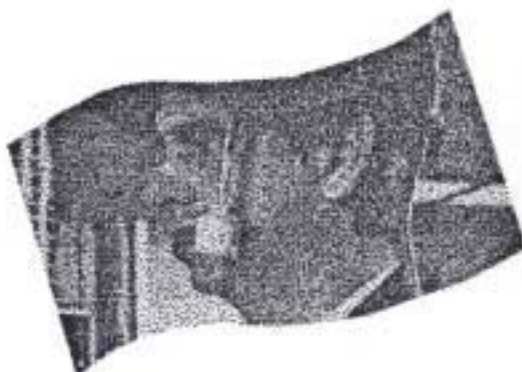


**Guide de prélèvement
des fumées de soudage**
Section 2 : Les gaz de soudure



**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Brigitte Roberge
Luc Ménard

Juin 1988

T-10

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
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

Guide de prélèvement des fumées de soudage

Section 2 : Les gaz de soudure

Brigitte Roberge et Luc Ménard
Programme soutien analytique, IRSST



GUIDE TECHNIQUE

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Sommaire.....	1
1.- Introduction.....	3
2.- Les gaz de soudage.....	5
2.1- L'oxyde de carbone.....	5
2.2- L'ozone.....	6
2.3- Les oxydes d'azote.....	7
2.4- L'anhydride carbonique.....	9
2.5- Phosgène.....	9
2.6- Phosphine.....	11
3.- Méthode de prélèvement.....	13
3.1- L'oxyde de carbone.....	13
3.2- L'ozone.....	16
3.3- Les oxydes d'azote.....	18
4.- Stratégie de prélèvement de gaz.....	21
5.- Détermination d'une dose d'exposition.....	23
6.- Conclusion.....	23
7.- Références bibliographiques.....	25
Annexe 1 : Tableau des contaminants gazeux générés par procédé de soudage.....	27
Annexe 2 : Intégrateur minuté autonome, prototype II - IMA II.....	31

SOMMAIRE

Les opérations de soudage sont génératrices de fumée et de gaz. Le prélèvement des fumées de soudage a fait l'objet d'une première section qui a trait, plus particulièrement, aux matières particulaires ainsi générées. Toutefois, des gaz y sont également produits et ce, selon les procédés de soudage utilisés. Or, la littérature rapporte l'existence d'une vingtaine de procédés majeurs de soudage.

La présente section traite des contaminants gazeux associés au procédé de soudage, leur prélèvement et l'évaluation quantitative. Le dispositif de prélèvement des fumées de soudage illustré dans la première section est utilisé pour le prélèvement des gaz de soudage en y fixant la sonde d'échantillonnage de l'instrument.

En plus des méthodes de prélèvement, la présente section discute de la stratégie de prélèvement et de la détermination d'une dose d'exposition en ce qui a trait aux gaz de soudage. Sa rédaction contribue à uniformiser l'évaluation de l'exposition des travailleurs aux gaz de soudage.

1.- INTRODUCTION

L'évaluation de l'environnement de travail d'un soudeur, pour ce qui a trait aux contaminants gazeux, est très complexe. Étroitement liées au type de procédé utilisé, des variations sont observées au niveau de la nature des gaz générés et de leur quantité respective.

Les gaz toxiques les plus couramment identifiés lors des opérations de soudage sont l'oxyde de carbone (CO), l'ozone (O₃) et les oxydes d'azote (NO, NO₂). Bien que l'anhydride carbonique (CO₂) ne soit pas un gaz toxique, il est inclus dans cette liste. L'exposition à ce dernier peut causer des effets néfastes à la santé en fonction de la concentration présente au niveau de la zone respiratoire du soudeur. De plus, le phosgène (COCl₂) et la phosphine (PH₃) sont également présents lorsque les pièces à souder sont préalablement nettoyées avec des agents de dégraissage (hydrocarbures chlorés ou phosphates).

L'évaluation passe par l'identification et la quantification des gaz retrouvés à l'aide de méthodes analytiques (pile électrochimique, chimiluminescence, chromatographie en phase gazeuse) spécifiques à chacun des contaminants présents dans l'environnement de travail d'un soudeur. Elle est fonction de la stratégie de prélèvement et de son objectif.

2.- LES GAZ DE SOUDAGE

2.1 L'oxyde de carbone

L'oxyde de carbone, dans les opérations de soudage, origine de trois (3) sources. Premièrement, il est produit par la combustion incomplète de matières organiques présentes dans l'enrobage et l'âme des électrodes ainsi que sur les surfaces des métaux à souder (enduits, peinture, solvants).

Deuxièmement, la surface des pièces à souder est fréquemment couverte d'huile ou de matières graisseuses, suite au découpage mécanique. La quantité d'oxyde de carbone ainsi générée par la combustion de ces huiles, peut augmenter sensiblement dans l'environnement du soudeur.

Le procédé de soudage M.A.G. ("Metal Active Gas") utilise l'anhydride carbonique pur ou en mélange avec l'argon comme gaz protecteur. En cours d'opération, ce gaz est décomposé en oxyde de carbone, pouvant entraîner une accumulation de ce produit de décomposition, surtout dans des endroits mal aérés.

Finalement, des concentrations relativement élevées de ce gaz sont présentes suite à la décomposition des gaz utilisées dans les opérations d'oxycoupage ou d'oxysoudage.

L'oxyde de carbone est un gaz asphyxiant, incolore et inodore. Sa toxicité repose sur sa puissante capacité de liaison avec l'hémoglobine du sang. Après sa pénétration dans l'organisme, par la voie des poumons, il se combine à l'hémoglobine pour former la carboxyhémoglobine. Il y a alors diminution de la fonction de transport de l'oxygène (O_2) par le sang au niveau des tissus et apparition du phénomène d'asphyxie.

Les symptômes d'une exposition à l'oxyde de carbone varient en fonction des concentrations présentes dans le milieu, de la durée d'exposition et de l'activité physique. L'exposition à ce contaminant peut causer des céphalées, étourdissements, nausées, cyanose et même l'inconscience. L'anoxémie, résultant de la formation de la carboxyhémoglobine, diminue graduellement en fonction de l'élimination de l'oxyde de carbone du sang.

2.2 L'ozone

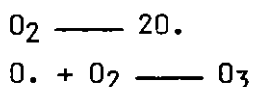
L'ozone est formé par réaction photochimique de l'oxygène de l'air avec les radiations ultraviolettes produites par l'arc électrique dans les opérations de soudage. Les procédés de soudage T.I.G. ("Tungsten Inert Gas"), M.I.G. ("Metal Inert Gas") et l'arc à plasma produisent les plus grandes quantités d'ozone.

La quantité d'ozone produite varie en fonction de plusieurs paramètres. Le procédé M.I.G./Al (argon) en produit une plus grande quantité que le procédé T.I.G.. Quand le bain de soudure est protégé par de l'hélium, la quantité d'ozone formé est moins grande que s'il l'est par de l'argon.

La quantité générée d'ozone dépend en grande partie de la composition du fil de métal d'apport. Le dégagement d'ozone augmente avec l'intensité du courant utilisé. La concentration de ce gaz dépend de l'intensité des radiations et diminue en fonction de l'éloignement de la source d'émission.

La production maximale d'ozone se fait à proximité de l'arc électrique. Parce que l'ozone est instable et sa distribution non uniforme, il est recommandé de faire le prélèvement au niveau de la zone respiratoire du soudeur, donc sous le casque. Ce sujet sera traité plus loin.

L'ozone est un agent oxydant énergétique, constitué de trois (3) atomes d'oxygène. Les radiations ultravioletes de longueur d'onde de 200 nm à 170 nm, produites par certains procédés de soudage, favorisent la dissociation des molécules d'oxygène atmosphérique en oxygène radicalaire. Un tel radical libre se combine avec une molécule d'oxygène pour former l'ozone. Il s'agit d'une réaction photochimique.

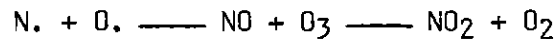
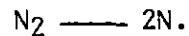


Présent dans l'atmosphère, l'ozone, si dilué, a une odeur caractéristique et est très instable. Il se décompose facilement en libérant de l'oxygène par la chaleur de l'arc électrique et en présence d'oxyde nitrique. Son seuil de détection olfactif est de 0,05 ppm et la limite permise d'exposition est de 0,1 ppm.

Bien qu'ayant des utilisations bénéfiques (agent de blanchiment, action désinfectante, etc.), il est un poison à action aiguë ou chronique pour l'homme. Il entraîne une sensation de sécheresse, une irritation des voies aériennes supérieures et de la gorge, des maux de tête jusqu'à un oedème pulmonaire, et ce selon le niveau et la durée de l'exposition. Ses effets apparaissent après un délai d'attente.

2.3 Les oxydes d'azote

La chaleur dégagée par l'arc électrique est la principale cause de la dissociation des molécules d'azote atmosphérique. Un atome d'azote, ainsi formé, se combine à un atome d'oxygène, préalablement dissocié par les radiations ultravioletes et forme de l'oxyde nitrique (NO). Ce dernier est oxydé par l'ozone présent dans le milieu de soudure en bioxyde d'azote (NO₂).



La production des oxydes d'azote est reliée au procédé de soudage à l'arc protégé par des gaz inertes (T.I.G., M.I.G., M.A.G. ou M.M.A. ("Metal Manual Arc")). Comme dans la production de l'ozone, celle des oxydes d'azote est proportionnelle à l'intensité du courant. Une plus grande quantité est retrouvée à proximité de la flamme. Dans les endroits de travail clos, il est possible d'atteindre des concentrations importantes et potentiellement fatales. Il y a également production d'oxydes d'azote dans les opérations d'oxycoupage et d'oxysoudage.

L'oxyde nitrique est un gaz toxique et inodore. Il s'oxyde en présence d'ozone pour former du bioxyde d'azote. Son action nocive se caractérise par une irritation des muqueuses. Ses effets toxiques sont attribués à la formation de méthémoglobine et son action ultérieure se localise sur le système nerveux central.

Les informations disponibles sur le mécanisme d'intoxication à l'oxyde nitrique suspectent des effets additifs quand il est en présence d'un mélange d'oxyde de carbone aussi bien qu'avec le bioxyde d'azote.

Le bioxyde d'azote est un gaz ininflammable, très toxique qui se décompose en oxyde nitrique. Il a une odeur piquante caractéristique. Il est un puissant irritant pour les yeux et les voies respiratoires.

Une exposition à des concentrations élevées peut entraîner un oedème pulmonaire tardif. Cependant, il peut arriver que les symptômes apparaissent uniquement sous forme de détresse respiratoire aiguë avec toux, cyanose, douleurs thoraciques pendant une période de plusieurs heures.

2.4 L'anhydride carbonique

Le bioxyde de carbone ou anhydride carbonique (CO_2) est un gaz incolore, inodore, ininflammable, chimiquement peu réactif et seulement toxique pour des concentrations élevées. Il existe dans l'atmosphère en concentration variable, comprise entre 0,03% et 0,06%. Étant plus lourd que l'air, il s'accumule au niveau du sol et devient dangereux dans des endroits mal aérés.

L'anhydride carbonique est un sous-produit de tout processus de combustion. Dans le soudage ou coupage oxyacétylénique, la combustion de l'oxygène et de l'acétylène entraîne la production de ce gaz, par l'intermédiaire de la flamme du chalumeau.

Ce gaz est également utilisé pour constituer des atmosphères inertes dans les procédés de soudage à l'arc en protégeant la soudure de l'oxydation. La présence de ce gaz protecteur, dans l'environnement du poste de soudage, ne représente pas un risque très élevé pour la santé et la sécurité des soudeurs, nonobstant la décomposition de celui-ci.

L'anhydride carbonique est peu toxique à dose peu élevée dans l'air. Des maux de tête sont observés chez les personnes exposées à une concentration supérieure à 1%, sans toutefois produire d'effets nocifs chroniques à la suite d'expositions répétées. De fortes concentrations provoquent des céphalées, des nausées, des vomissements et même l'inconscience. L'exposition à des concentrations plus élevées que 15% entraîne une insuffisance circulatoire rapide avec coma et mort.

2.5 Phosgène

Le chlorure de carbonyle ou phosgène (COCl_2) est un gaz inflammable à très haute toxicité. Il est formé par oxydation

photochimique de certains agents de dégraissage qui peuvent être présents dans l'air ambiant à proximité du poste de soudage ou à la surface des métaux. Cette oxydation est attribuable à l'action des rayonnements ultraviolets ou à la chaleur de l'arc électrique.

Ces agents de dégraissage sont des hydrocarbures chlorés servant à diluer et à éliminer les graisses, les huiles, etc., sur les pièces à souder. Le trichloroéthylène et le tétrachloroéthylène sont principalement utilisés. La lumière émise par les types d'électrodes fusibles utilisés dans le procédé M.I.G. est plus intense et entraîne le phénomène d'oxydation plus rapidement que celle émise par les électrodes non-fusibles au tungstène. Les produits de décomposition et leur proportion varient selon la nature des hydrocarbures chlorés.

Ainsi, le principal produit de décomposition du trichloroéthylène est le chlorure de dichloroacétyle généré plus rapidement que le phosgène. Par contre, le phosgène est formé plus rapidement lors de la décomposition du tétrachloroéthylène par rapport à celle du trichloroéthylène.

Le phosgène est un gaz suffocant, lacrymogène et très toxique. La concentration maximale admissible pour 8 heures sans effet décelable est de 0,1 ppm ou 0,4 mg/m³. Le seuil de détection olfactif est 1 ppm. Des concentrations de 2 à 5 ppm peuvent causer un oedème pulmonaire, entraîné par son action caustique, précédé d'une période de latence de plusieurs heures.

La littérature rapporte que le principal produit résultant de l'oxydation photochimique du trichloroéthylène est le chlorure de dichloroacétyle. Ce dernier, qui se forme plus rapidement que le phosgène, a une odeur pénétrante reconnaissable à 0,1 ppm. La toxicité de ce contaminant est peu connue et il n'y a pas de norme au Québec.

2.6 Phosphine

Le phosphure d'hydrogène ou phosphine (P_3H) est un gaz incolore, d'odeur désagréable, excessivement toxique et inflammable. Il est généré, dans les opérations de soudage, quand la pièce à souder a un revêtement inoxydable au phosphate. Il peut entraîner une irritation des yeux, du nez, de la peau, un oedème pulmonaire et un coma convulsif. La concentration maximale admissible est de 0,3 ppm ou (0,4 mg/m³).

3.- MÉTHODE DE PRÉLÈVEMENT

Le dispositif de prélèvement, présenté dans le guide sur les matières particulaires, permet la prise d'échantillons à l'intérieur du casque de soudage. Par une modification mineure de ce dispositif, le prélèvement des gaz de soudage est effectué dans la zone respiratoire du soudeur.

Cette technique est privilégiée afin d'estimer l'exposition réelle du travailleur en tenant compte des divers facteurs externes au procédé : habitude de travail, endroits où il soude, captation à la source, etc. Elle permet d'uniformiser la technique chez tous les intervenants.

3.1 L'oxyde de carbone

Deux (2) techniques de prélèvement de l'oxyde de carbone sont décrites ici. La plage de concentration dans l'environnement de travail est de l'ordre de 5 à 500 ppm en oxyde de carbone.

Dans la première technique, ce gaz présent dans la fumée de soudage est prélevé en continu. La sonde d'échantillonnage d'un analyseur à lecture directe d'oxyde de carbone est reliée par le tube du dispositif de prélèvement. L'autre extrémité du dit-tube reste libre sans cassette, rendant possible l'échantillonnage en zone respiratoire (Voir figure 1). La quantification de la concentration de ce contaminant est faite au moyen d'une pile électrochimique, technique de détection de la très grande majorité des instruments à lecture directe.

Dans la deuxième, la sonde d'échantillonnage, fixée au dispositif de prélèvement, sert à collecter ce gaz dans un sac d'échantillonnage permettant ainsi une forme de dosimétrie (Voir figure 2). L'analyse ultérieure en oxyde de carbone est faite par

électrochimie par le biais d'un instrument à lecture directe, et ce à la fin de la période de prélèvement.

Figure 1

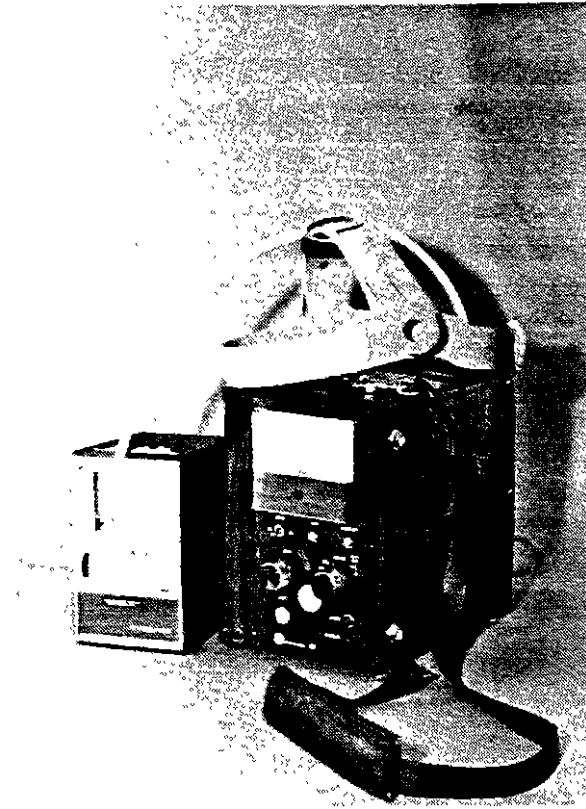
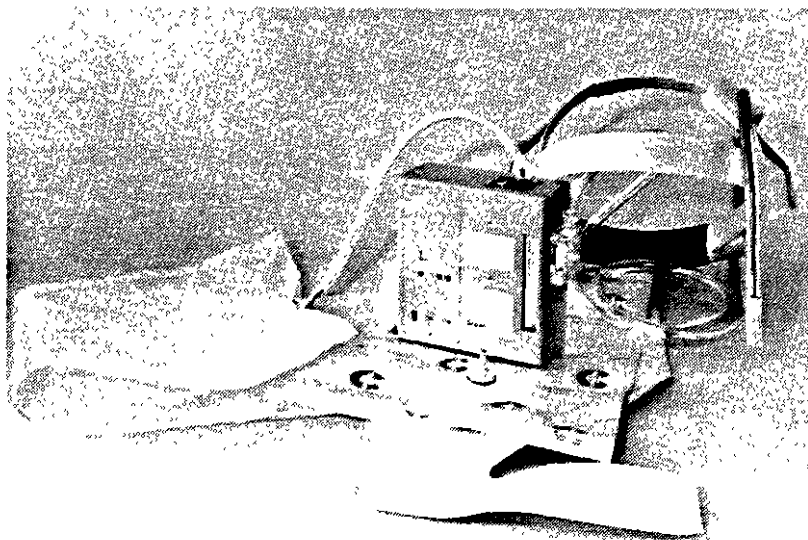


Figure 2



L'analyse en laboratoire peut également être faite par spectrophotométrie infrarouge non-dispersive. Dans cette technique d'analyse, l'oxyde de carbone absorbe dans la région de 4,67 à 4,72 μm . L'échantillon passe en continu à travers la cellule et son absorbance est convertie en ppm.

3.2 L'ozone

La sonde d'échantillonnage fournie avec l'instrument à lecture directe est glissée à la place ou à côté du tube initialement installé dans la gaine trouée du dispositif (Voir figure 3). De plus, des pinces conventionnelles pour échantillonnage peuvent être utilisées pour fixer la sonde de l'analyseur au support du masque de soudeur ou au dispositif de prélèvement (Voir figure 4). L'ozone, présent dans les fumées de soudage, est analysé simultanément par réaction de chimiluminescence entre l'éthylène (C_2H_4) et l'ozone présent dans l'air échantillonné.

Dans la réaction de chimiluminescence, une lumière résulte de la réaction sans flamme entre l'éthylène et l'ozone. La longueur d'onde de la radiation émise est à 430 nm et son intensité est proportionnelle à la concentration d'ozone présent dans la zone respiratoire du travailleur.

La sonde d'échantillonnage est préalablement saturée afin que sa composante (teflon uniquement) ne permette ni l'absorption, ni la diffusion de l'ozone. Ces deux phénomènes sont réduits par la saturation de la composante de la sonde.

Figure 3

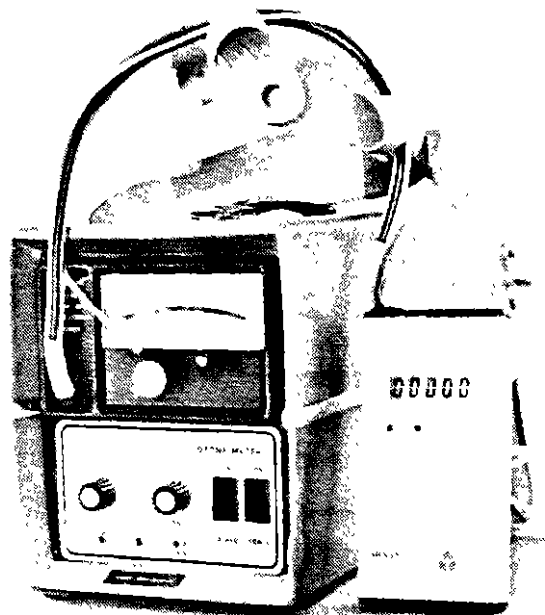
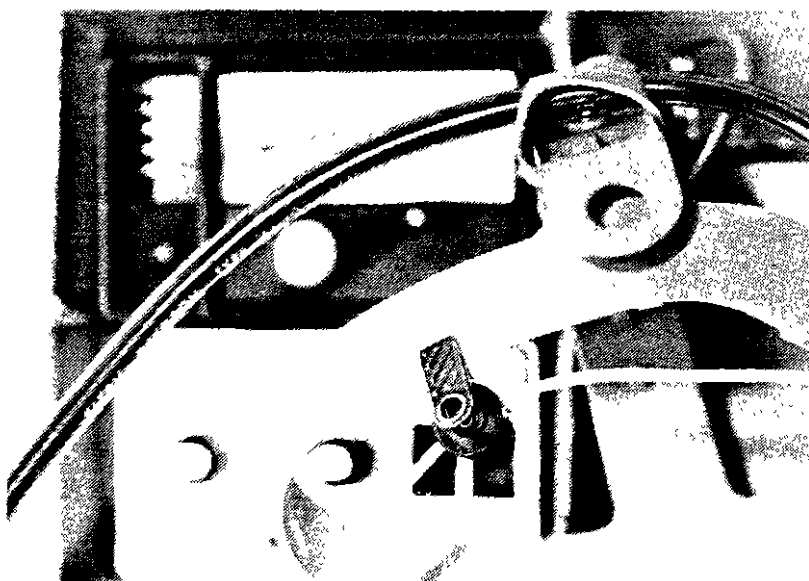


Figure 4



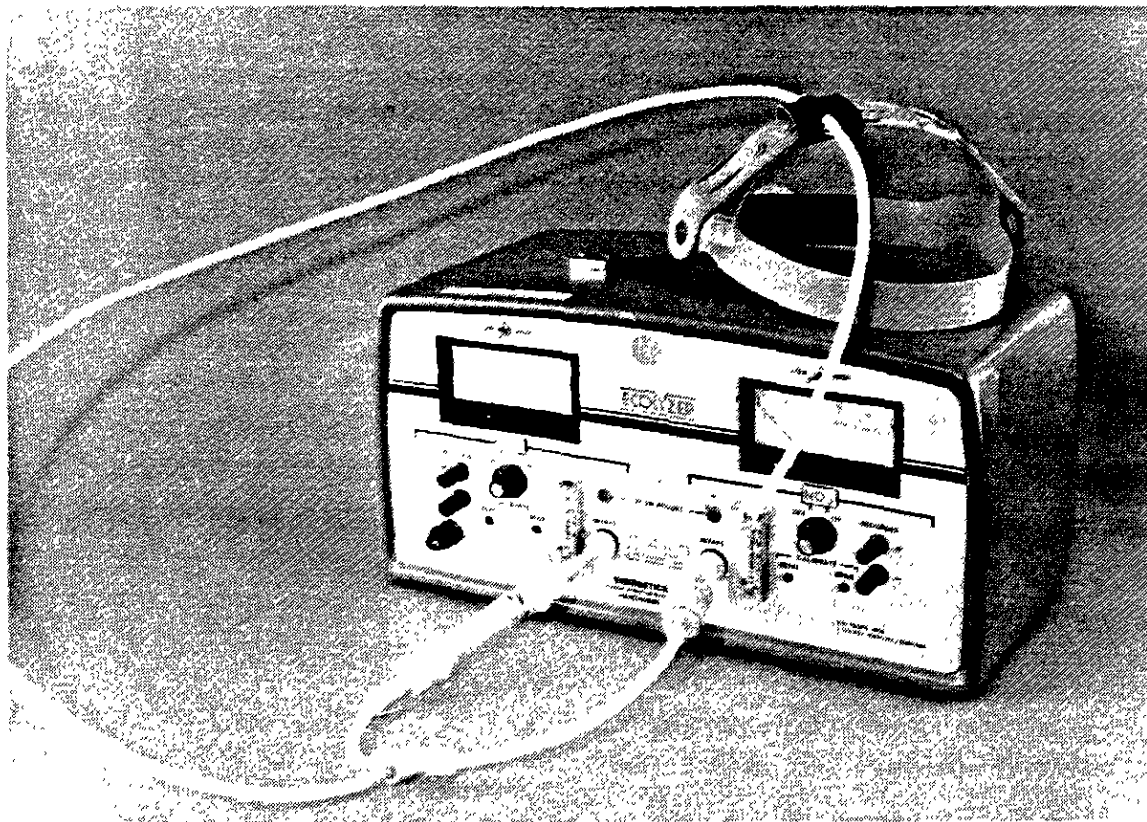
3.3 Les oxydes d'azote

L'échantillonnage des oxydes d'azote est fait selon les mêmes techniques de prélèvement que celles utilisées pour l'oxyde de carbone. Premièrement, il est possible de fixer la sonde d'échantillonnage des instruments à lecture directe au dispositif de prélèvement par remplacement du tube initial du dispositif. L'analyse est faite simultanément par électrochimie.

Lors de l'utilisation d'un ILD NO-NO₂ de marque Ecolyser, la sonde est subdivisée avant l'entrée d'air échantillonné dans les filtres interférentiels et les piles électrochimiques respectives de l'instrument (Voir figure 5).

La deuxième technique est réalisable sous certaines réserves. En effet, les gaz peuvent être collectés dans un sac d'échantillonnage en teflon uniquement. Prélevés sur une courte période (environ 15 minutes), ils peuvent être analysés immédiatement à la fin de la dite période. Ces gaz interagissent entre eux et avec les autres contaminants présents. De plus, ils sont absorbés par la composante du sac et diffusent, même s'il s'agit de teflon. Il est déconseillé de se servir de sac en polyester (Mylar : marque déposée).

Figure 5



4.- STRATÉGIE DE PRÉLÈVEMENT DE GAZ

Tel que précisé dans la section sur les matières particulaires, l'approche utilisée lors de l'échantillonnage d'un contaminant dépend principalement de l'objectif poursuivi. Le prélèvement dans la zone respiratoire du soudeur nous permet de faire l'évaluation de l'exposition du travailleur.

La sonde d'échantillonnage, fixée au dispositif de prélèvement sous le casque du soudeur, entraîne certaines contraintes pour le travailleur et pour l'intervenant responsable de l'échantillonnage. En effet, elle nuit aux activités du travailleur, réduit les limites gestuelles de ce dernier, dérange les opérations de production, puisque le soudeur est relié à un instrument à lecture directe et parfois à un système d'enregistrement de données (enregistreur graphique ou I.M.A. 11 - Voir annexe 2).

L'intervenant doit suivre le soudeur, ainsi relié, avec les instruments. Il doit composer avec leurs poids respectifs et la co-utilisation de ces derniers.

La variabilité dans les quantités générées de contaminants justifie la présence du système d'enregistrement de données, malgré les contraintes suscitées par son utilisation. De plus, le poids et le manque de maniabilité réduisent considérablement l'accessibilité des espaces confinés.

La technique de prélèvement de courte durée dans la zone respiratoire du soudeur, telle que suggérée ici, est une méthode peu souhaitable pour faire une comparaison de l'estimation de l'exposition à une norme de 8 heures. Les limites de confiance sur cette estimation sont très larges. Selon l'annexe E de NTSI (9), le nombre optimum d'échantillons de courte durée est compris entre 8 et 11 prélèvements, répartis au hasard durant la période de

travail, et ce lorsque l'exposition du travailleur est relativement constante durant la période de travail à un poste.

Si le travailleur est localisé durant la période de travail à différents postes où le niveau d'exposition aux contaminants présents dans les fumées de soudage sont différents, la même approche est utilisée pour chacun d'eux. Le nombre d'échantillons prélevés par localisation du travailleur est fonction de la proportion de temps passé à chaque poste de travail. Il y aura un plus grand nombre d'échantillons au(x) endroit(s) où le travailleur est le plus longtemps.

Dans la technique de prélèvement de courte durée, le temps de l'échantillonnage est très important, afin de tenir compte de la quantité d'air collectée et de la réponse de l'instrument à lecture directe. En effet, un IID pour l'analyse de l'oxyde de carbone a un temps de réponse d'une minute pour donner 90% de la concentration réelle présente dans l'air échantillonné.

Des échantillonnages répétitifs, d'une durée de 15 minutes, faits en zone respiratoire à l'aide du dispositif adapté de prélèvement, sont privilégiés. Ces données permettent l'évaluation du niveau d'exposition moyen du soudeur, jumelées aux informations pertinentes sur l'organisation du travail.

En plus, un prélèvement dans l'ambiance générale documente le niveau d'exposition des travailleurs d'entretien général, ayant accès à l'aire de travail des soudeurs. Ces échantillons sont prélevés à une hauteur d'environ 1,5 mètre au-dessus du plancher. L'approche décrite plus haut est également utilisée ici. Le nombre d'échantillons est compris entre 8 et 11 prélèvements par poste de travail et réparti au hasard durant la période de travail. Les concentrations résiduelles sont fonction de la ventilation générale et diminuent proportionnellement avec l'éloignement de la zone de soudage.

5.- DÉTERMINATION D'UNE DOSE D'EXPOSITION

Ce chapitre a été largement décrit dans la section sur les matières particulaires (fumées totales). Le lecteur pourra s'y référer aux pages 14, 15 et 16.

6.- CONCLUSION

L'importance et la complexité de l'évaluation de l'environnement de travail d'un soudeur nécessite une uniformisation dans les techniques de prélèvement des contaminants gazeux.

Contrairement aux fumées de soudage où les échantillons sont envoyés au laboratoire pour analyse, l'évaluation des gaz de soudage nécessite une mesure immédiate en milieu de travail et implique une maîtrise des divers instruments de mesure utilisés. La consultation des guides techniques, des procédures d'utilisation et des méthodes d'étalonnage est un pré-requis important pour une bonne mesure évaluative des divers gaz présents dans l'aire de travail du soudeur.

De légères modifications au dispositif de prélèvement déjà utilisé pour les matières particulaires et la publication de ce guide de prélèvement des fumées de soudage uniformisent la stratégie d'échantillonnage des fumées et gaz de soudage.

7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1.- The Welding Environment : A Research Report on Fumes and Gases Generated During Welding Operation, American Welding Society (1973) (p. 10-91).
- 2.- Jenkins, N., Moriton, J., Oakley, P.J. and Stevens, S.M., Welding Fumes : Sources, Characteristics, Control. Published by The Welding Institute, Abington, Cambridge, CBI GAL, (1981), volumes 1 et 2.
- 3.- Le Beau, G., Le soudage aux gaz et l'hygiène du travail, CSST, Direction Prévention, Service des programmes de santé et de sécurité du travail, (1980).
- 4.- The Problem of Ozone in TIG Welding. A report from AGA Gas Division's Research Unit. Report GM 116c.
- 5.- Anderson, H.F., Dahlberg, J.A. and Wettström, R., Phosgene Formation during Welding in Air Contaminated with Perchloroethylene, The Annals of Occupational Hygiene, Vol. 18, N° 2 (1975).
- 6.- Dahlberg, J.A. and Myren, L.M., The Formation of Dichloroacetyl Chloride and Phosgene from Trichloroethylene in the Atmosphere of Welding Shops, (1971).
- 7.- Stern, R.M., The Production of Ozone and other Photochemical Oxidants during Welding with MIG, Report The Working Environment Research Group, The Danish Welding Institute (1978).
- 8.- Encyclopédie des gaz, Air Liquide, Division Scientifique, Elsevier, (1976).
- 9.- Nelson, A., Leidel, Kenneth, A. Bush and Jeremiah, R. Lynch, Occupational Exposure Sampling Manual, NIOSH, Report 77-173, Cincinnati, (1977).

ANNEXE 1

TABLEAU DES PRINCIPAUX CONTAMINANTS GAZEUX
GÉNÉRÉES PAR PROCÉDÉ DE SOUDAGE

ANNEXE 1TABLEAU DES PRINCIPAUX CONTAMINANTS
GAZEUX GÉNÉRÉES PAR PROCÉDÉ DE SOUDAGE

MIG ("Metal Inert Gas")	ozone (O ₃) oxydes d'azote (NO _x)
MIG (gaz protecteur CO ₂)	oxyde de carbone (CO) anhydride carbonique (CO ₂)
MIG (en présence d'agent de dégraissage à la surface des métaux)	phosgène (COCl ₂)
TIG ("Tungsten Inert Gas")	ozone (O ₃) oxydes d'azote (NO _x)
MAG ("Metal Active Gas")	ozone (O ₃) oxydes d'azote (NO _x)
MAG (Gaz protecteur CO ₂)	oxyde de carbone (CO) anhydride carbonique (CO ₂)
MMA ("Metal Manual Arc")	ozone (O ₃) oxydes d'azote (NO _x)
Arc à plasma	ozone (O ₃)
Oxysoudage	anhydride carbonique (CO ₂) oxyde de carbone (CO)
Oxycoupage	oxyde de carbone (CO) anhydride carbonique (CO ₂)

ANNEXE 2

L'INTÉGRATEUR MINUTÉ AUTONOME, PROTOTYPE II
(IMA II)

ANNEXE 2

Le IMA II (Intégrateur minuté autonome, prototype II) est un système d'enregistrement de données que l'on jumelle à un analyseur ayant une sortie 0 - 1 Volt. Sa conception et sa fabrication sont le fruit de travaux réalisés à l'IRSST, à la direction des laboratoires.

Cet instrument est plus particulièrement jumelé avec un analyseur d'ozone (O₃) de marque CSI, modèle 2000 (Voir figure 3). L'ozone est un gaz qui se décompose facilement par la chaleur et en présence d'oxyde nitrique. Cette propriété rend difficile son évaluation quantitative. L'intégration pour l'évaluation d'une dose d'exposition est complexe à partir des graphiques recueillis par un système d'enregistrement de données conventionnel (Enregistreur de marque Rustrak, Easterline Angus, Linéar).

Le IMA II simplifie cette intégration en calculant l'aire sous la courbe d'un signal venant de l'analyseur. Il utilise un convertisseur voltage/fréquence qui permet une intégration en continu pour une période prolongée (jusqu'à 99999 secondes 9999.9 ppm maximum).