

Exposition au soudage à l'arc électrique

Mots Clefs (Activité - Métier - Poste de travail - Nuisance)

SOUDAGE - SOUDEUR - ARC ELECTRIQUE - MIG - MAG - TIG - FIL FOURRE - ELECTRODE ENROBEE - FLUX EN POUDRE - METAUX (CADMIUM, BERYLLIUM, OXYDES CHROME VI, OXYDES DE NICKEL, TRIOXYDE DE DIARSENIC) - HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP) - BENZO(A)PYRENE - UV- RAYONNEMENTS IONISANTS - DIOXYDE DE TITANE - PREVENTION - CANCER PROFESSIONNEL

Description de l'activité, du métier, du poste

Description de l'activité :

Il existe de nombreux procédés de soudage dont le soudage à l'arc électrique fait partie.

Le soudage à l'arc consiste à joindre des pièces de métal de même nature en fusionnant leurs bords avec ou sans métal d'apport. L'arc résulte du passage du courant électrique entre les pièces à souder et une électrode. Le métal de base et le métal d'apport se mélangent par dilution pour former le cordon de soudure.

Remarque : le brasage consiste à joindre des pièces de même nature ou non, sans fusion intime des bords (dilution), avec addition de métal d'apport complémentaire généralement de nature différente des pièces à joindre.

A noter que le brasage n'est pas traité et fait l'objet d'une autre fiche (FIP 2).



© CRAM Bretagne

Cette fiche ne concerne que les risques cancer liés à cette activité. Les autres risques (chimiques, physiques, biologiques...) ne sont pas pris en compte. Les photos ci-dessus illustrent des situations de travail sans préjuger de la pertinence des mesures de prévention présentées.

Principales techniques de soudage à l'arc électrique :

Un arc électrique est établi entre l'extrémité d'une électrode et les pièces à assembler, sous la protection ou non d'un mélange gazeux dont la nature dépend du type de soudure réalisée. L'électrode, amenée soit automatiquement par un dévidoir, soit manuellement, se présente sous forme d'un fil plein ou d'un fil fourré (le centre de l'électrode contient du fondant ou flux), l'électrode peut être enrobée (le métal qui forme l'intérieur de l'électrode est enrobé de flux), consommable (fusible) ou non.

- **MIG (Metal Inert Gas)** : utilisation d'une électrode consommable avec un fil plein et d'un gaz inerte (ex : argon, hélium, mélange argon-hélium)
- **MAG (Metal Active Gas)** : utilisation d'une électrode consommable avec un fil plein et d'un gaz actif (ex : gaz carbonique, mélange argon et gaz carbonique)
- **Soudage au fil fourré avec gaz (appelé aussi "MAG fil fourré")** : utilisation d'une électrode consommable dont le centre contient un fondant et d'un gaz protecteur ; le métal fondu est protégé par le laitier produit par la fusion du fondant et par le gaz protecteur
- **Soudage au fil fourré sans gaz** : utilisation d'une électrode consommable dont le centre contient un fondant ; le métal fondu est protégé par le laitier produit par la fusion du fondant

- **Soudage manuel avec électrode enrobée ou MMA (Metal Manual Arc)** :

La température de soudage est générée par l'arc électrique entre deux électrodes que constituent la pièce à souder et la baguette de métal d'apport ; le métal fondu est protégé par le laitier produit par la fusion de l'enrobage.

- **TIG (Tungsten Inert Gas)** : un arc électrique est établi entre l'extrémité d'une électrode en tungstène et la pièce à assembler, sous la protection d'un gaz inerte (argon, hélium, mélange argon-hélium...). Le métal d'apport est ajouté si nécessaire sous forme d'une baguette ou d'un feuillard placé dans l'arc électrique. L'électrode est non fusible.

- **Soudage à l'arc sous flux ou arc submergé** :

Il consiste à effectuer un dépôt de soudure (joint, rechargement...) sur de l'acier à l'aide d'un arc électrique, créé entre la pièce à souder et le fil plein, qui est submergé de flux en poudre (ou fondant). Le flux se dépose sur la surface à souder.

▪ **Repérage du risque** :

Des fumées sont dégagées par le soudage ; leurs constituants proviennent essentiellement du métal d'apport, et aussi du métal de base, du revêtement, des gaz protecteurs. Elles peuvent contenir des métaux dont certains sont cancérigènes (cadmium, béryllium, oxydes de chrome VI, trioxyde de diarsenic, oxydes de nickel, cobalt).

Les procédés dégageant le plus de fumées sont ceux avec électrode enrobée (MMA) et le MAG. Le dégagement des fumées du TIG est faible. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont formés par la dégradation des huiles, graisses, peintures, produits anti-grattons (anti-projections) pouvant être présents sur les pièces à souder.

Lors des réparations par soudage, il y a décomposition à chaud des produits de protection des métaux (brai de houille, produits antiadhésion, produits d'isolation, revêtements diélectriques...)

Comme toute combustion, celle du gaz dégage de l'aldéhyde formique.

La silice peut entrer dans la composition d'électrodes enrobées.

Le plomb : les peintures peuvent contenir du plomb (peinture anti-rouille par exemple) et les fumées peuvent donc en contenir.

Les rayonnements ultraviolets (UV) proviennent de l'arc électrique et se subdivisent en UVA et UVB. Les rayonnements infrarouges (IR) proviennent du métal en fusion en raison du dégagement de chaleur.

Les rayonnements ionisants :

- les rayons alpha (α) proviennent de l'utilisation d'électrodes en tungstène thorié (le thorium 232 génère des rayons alpha).
- rayonnements émis lors du contrôle des pièces (il ne s'agit pas alors de l'activité même de soudage) :

Les rayons X (RX) sont utilisés pour le contrôle de soudures acier et aluminium, ils ne sont présents que lorsque l'appareil est en marche.

Les rayons gamma (γ) permettent d'inspecter des soudures, ils sont émis par des sources radioactives (iridium 192, cobalt 60), confinées dans un conteneur blindé.

Les solvants chlorés peuvent être utilisés pour le nettoyage ou le décapage de pièces.

Pour éviter les projections de soudure on utilise des produits anti-grattons qui peuvent contenir du dichlorométhane.

Les matériaux isolants utilisés peuvent contenir des FCR (bouclier thermique de protection) ou des laines minérales.

Remarque : L'amiante a longtemps été une source d'exposition des soudeurs : matériaux isolants, certains enrobages d'électrodes, masse poreuse (matière poreuse contenant de l'amiante, charbon de bois, ciment... à l'intérieur des bouteilles) des bouteilles d'acétylène.

Nuisances cancérigènes

Substances ou procédés :

| Substance cancérigène | Classification UE actuelle ^(a) | CIRC | Organes cibles des cancers |
|-----------------------|---|------|---------------------------------|
| Fumées de soudure | | 2B | - Poumons |
| Arsenic | 1 | 1 | - Poumons - Foie - Peau |
| Béryllium | 2 | 1 | - Poumons |
| Cadmium et composés | 2 | 1 | - Poumons - Reins (suspecté) |
| Chrome VI | 2 | 1 | - Poumons, cavités nasales |

| Substance cancérogène | Classification UE actuelle ^(a) | CIRC | Organes cibles des cancers |
|--|---|--|---|
| Cobalt et composés | 2 pour certains composés | 2B 2A (cobalt métal en présence de carbure de tungstène) | - Poumons |
| Nickel | 3 | 2B | - Poumons |
| Certains composés nickel : Dioxyde de nickel, monoxyde de nickel, trioxyde de nickel | 1 | | - Poumons |
| Plomb | 3 pour certains composés | 2B (métal) 2A (dérivés inorganiques) | - Poumons - Reins |
| Dioxyde de titane | | 2B | - Poumons |
| Silice cristalline respirable | | 1 | - Poumons |
| UV | | 2A | - Peau - Mélanome oculaire |
| Rayons X et γ Radioélément générant rayonnement α (Thorium 232) | | 1 | - Leucémie - Thyroïde - Bronches, poumons - Os |
| HAP dont benzo(a)pyrène | 2 | 1 | - Peau, poumons, vessie, reins (suspecté) |
| Formaldéhyde* | 3 | 1 | - Rhinopharynx |
| Trichloréthylène | 2 | 2A | Sites différents en fonction des espèces animales, chez l'homme : cancers du rein, foie, estomac, lymphomes sont suspectés mais preuves insuffisantes |
| Dichlorométhane | 3 | 2B | - Foie et poumons chez la souris |

* NB : Depuis le 1^{er} janvier 2007, le décret CMR 2001-97 du 1^{er} février 2001 s'applique aux travaux exposant au formaldéhyde (arrêté du 13 juillet 2006).

| Substance cancérogène | Classification UE actuelle(a) | CIRC | Organes cibles des cancers |
|---|-------------------------------|------|----------------------------|
| Amiante | 1 | 1 | - Poumons - Plèvre |
| FCR | 2 | 2B | - Poumons - Plèvre |
| Fibres minérales artificielles (laine de verre, de roche) | 3* | 3 | - Poumons |

(a) Equivalence entre la classification UE actuelle et la nouvelle classification selon le règlement CLP

| Classification UE actuelle | Cancérogène de catégorie 1 R45 ou R49 | Cancérogène de catégorie 2 R45 ou R49 | Cancérogène de catégorie 3 R40 |
|----------------------------|--|--|-----------------------------------|
| Règlement CLP | Catégorie 1A | Catégorie 1B | Catégorie 2 |

- des exonérations d'étiquetage sont possibles pour les laines minérales non bio-persistantes, c'est-à-dire éliminées par les milieux biologiques du poumon (directive 97/69/CE)

▪ **Autres maladies possibles :**

- **Exposition aiguë :**

- asphyxie-anoxie (remplacement de l'oxygène par CO₂, argon, hélium : risque en atmosphère confinée),
- irritation des voies respiratoires, asthme, œdème pulmonaire (gaz et poussières),
- fièvre du fondeur ou des métaux (oxydes de nickel, zinc, cuivre, cadmium, béryllium),
- pneumopathie chimique (oxydes manganèse, cadmium, béryllium),
- coup d'arc : lésions de la cornée, rétine, conjonctivite,
- brûlures, irritation cutanée,
- risques liés à la chaleur (déshydratation, syncope, coup de chaleur..., accélération du rythme cardiaque).

- **Exposition chronique :**

- pneumoconiose (béryllium), sidérose (fer), bronchite chronique, fibrose, emphysème, silicose (silice),
- cataracte (Infra Rouges),
- atteinte rénale (cadmium),
- saturnisme (plomb).

Voies de contamination habituelle

- **Inhalation** : Fumées de soudure
- **Passage à travers la peau** : Passage à travers la peau des HAP et certains métaux
- **Ingestion** : Possible par le port des mains souillées à la bouche et déglutition de poussières.
- **Diffusion du risque hors du poste de travail** : Contamination par transport de poussières par les vêtements de travail (bleus, chaussures...).

Outils d'évaluation

- **Prélèvements atmosphériques** :

| Substance | VME mg/m ³ | VLCT mg/m ³ |
|--------------------------------------|---|------------------------|
| Fumées de soudage (total particules) | 5 | |
| Arsenic (trioxyde de di-) | 0,2 | |
| Béryllium | 0,002 | |
| Cadmium et composés (oxydes de) | | 0,05 |
| Chrome VI (composés du chrome) | 0,05 | |
| Cobalt | * | |
| Nickel (oxydes) | 1 | |
| Plomb | 0,1 | |
| Formaldéhyde | 0,6** | 1,23** |
| Dioxyde de titane | 10 | |
| Silice cristalline | 0,05 (tridymite) cristobalite) ; 0,1 (quartz) | |

* cobalt : Etats-Unis : valeur limite d'exposition au cobalt métallique et à ses composés inorganiques fixée à 0,02 mg/m³ par ACGIH/USA.

**formaldéhyde : recommandation de l'Affset du 9/12/2008 pour le formaldéhyde : VME = 0,25 mg/m³ et VLCT = 0,5 mg/m³

Attention !

- Les VME/VLCT ne constituent pas un seuil de protection pour le risque cancer et ne prennent pas en compte la contamination cutanée et/ou digestive.
- Pour les cancérigènes, même lorsque les VME/VLCT existent, il convient de maintenir une concentration dans l'air la plus faible techniquement possible.

- **Frottis de surface** : Possible pour certains métaux (béryllium, plomb, cadmium...).
- **Dosage sanguin ou urinaire** : Dosage de certains métaux dans le sang ou les urines (biométrie).

Prévention

- **Suppression, autre procédé :** autre mode d'assemblage notamment mécanique, avec boulons, rivets...
- **Substitution :** suppression de la silice dans les électrodes enrobées, substitution des électrodes en tungstène thorié
- **Travail en vase clos :** automatisation des procédés avec suivi par caméra
- **Captage au plus près :** aspiration localisée des fumées de soudage et vérification de la vitesse d'air (0,5 m/s au point de soudage)
Ordre préférentiel pour le choix d'un dispositif de captage (guide ventilation INRS, ED 668) : torche aspirante - gabarit aspirant - table aspirante - cabine de soudage - caisson aspirant - bras articulé - hotte - dispositif de captage récepteur sur poste robotisé - ventilation générale

- **Mode opératoire - Organisation - Maintenance :**

Préparation des pièces à souder :

- enlever la peinture, l'huile, le revêtement de surface,
- ne pas utiliser de solvants chlorés
- assurer un temps de séchage suffisant des solvants avant soudage

- **Choix du procédé :**

- Choisir un procédé moins émissif : les procédés les plus émissifs de fumées sont le soudage avec électrode enrobée et le MAG, le dégagement de fumées du TIG est faible, le soudage sous flux en poudre est généralement automatisé et le dégagement de fumées est faible.

Remplacer le soudage avec fil fourré par du soudage sous gaz protecteur avec fil plein, moins émissif.

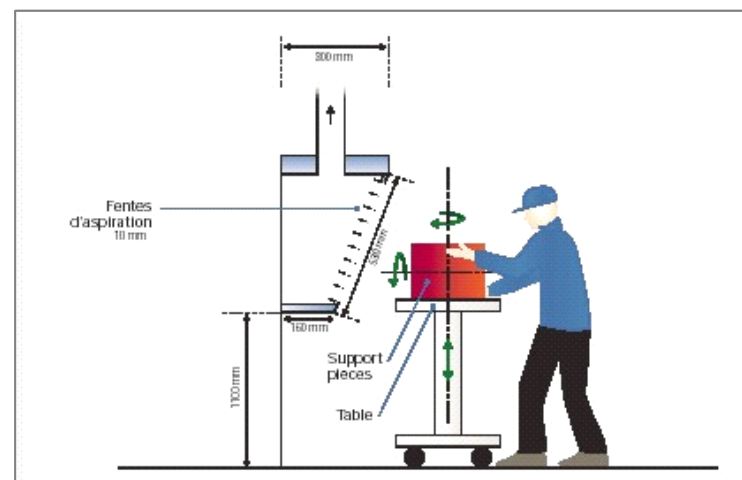
Choix possibles :

- soudage à l'arc submergé ou soudure sous flux, semi-automatisé
- soudage TIG semi-automatisé,
- MIG pulsé (semi-automatique permet de régler l'intensité du courant),



© CRAM Bretagne

Table à dossier aspirant



© Valérie Causeuse pour l'INRS

Poste de soudage équipé d'un caisson aspirant

- Soudage par friction-malaxage (pour les alliages à bas point de fusion comme l'aluminium, le magnésium, le cuivre) qui ne nécessite pas de matériaux d'apport et ne génère pas de fumées.
 - Privilégier les procédés sans métal d'apport ou avec métal d'apport peu émissif (classification norme NF EN ISO 15011-4 qui classe les métaux d'apport en fonction de la toxicité des fumées du plus dangereux « 0 » au moins dangereux « 5 » et de la quantité de poussières émises du moins « a » au plus « e ») : utiliser de préférence l'indice a et proche ou égal à 5.
 - Réduire l'intensité du courant (l'émission de fumées augmente avec l'intensité du courant)
 - Réduire le diamètre de l'électrode (plus il est élevé, plus l'intensité du courant augmente ainsi que l'émission de fumées)
 - Eviter le régime de soudage globulaire (un des modes de transfert de soudage MIG-MAG), plus émissif que la pulvérisation ou le court-circuit.
 - Réduire la longueur de l'arc (la production de fumées augmente avec la longueur de l'arc).
 - Changer le gaz de protection ; par exemple ajouter de l'argon au gaz carbonique diminue la quantité de fumées.
- **Equipement de protection individuel (= EPI) :**
- Gants en cuir traité anti-chaaleur, chaussures/bottes de sécurité à semelles isolantes, vêtement ininflammable protégeant aussi le cou, contre les étincelles, projections de métal et radiations.
 - Equipements de protection respiratoire avec cartouche filtrante contre particules et certains gaz pour les opérations de courte durée. Attention pas de masque filtrant dans un environnement pauvre en oxygène (moins 19,5 %), masque à adduction d'air.
 - Ecran facial ou masque de soudeur avec filtre optique adapté au procédé de soudage utilisé.
Contre les rayonnements, l'annexe de la norme EN 169 relatif aux filtres pour le soudage permet de choisir les filtres appropriés en fonction du procédé de soudage et de l'intensité de courant. (il y a des numéros d'échelon et utilisations recommandées pour le soudage à l'arc, voir ED 798 de l'INRS).
- **Mesures d'hygiène :**
- Local pour les vêtements de ville et local pour les vêtements de travail.
 - Ne pas manger, boire, fumer, mâcher du chewing-gum dans l'atelier.
 - Manger dans des locaux propres, après avoir quitté ses vêtements de travail et s'être nettoyé le visage et les mains.
 - Ne pas emporter les vêtements de travail à l'extérieur. Leur nettoyage doit être organisé par l'entreprise.
- **Indicateurs de contrôle de l'efficacité des mesures prises :**
Mesure sur les dispositifs de ventilation et captage (vitesse d'air et débit), prélèvements atmosphériques, frottis de surface, suivi biométrologique

Réparation

- **Tableau de maladie professionnelle (MP) :**
 - **Tableau 1 (plomb) :** le cancer n'est pas mentionné. Il est alors nécessaire de faire une demande devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles.
 - **Tableau 6 (rayonnements ionisants) :** Leucémie, cancer broncho-pulmonaire par inhalation et sarcome osseux sont cités dans le tableau 6 des maladies professionnelles ; en dehors de ces cas faire appel au CRRMP.
 - **Tableau 10 ter (chrome hexavalent) :** cancer broncho-pulmonaire et des cavités nasales uniquement mentionné pour manipulation d'acide chromique, chromates et bichromates alcalins. Il est nécessaire de faire une demande devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles.
 - **Tableau 12 (trichloréthylène et dichlorométhane) :** le cancer n'est pas inscrit au tableau. Il est alors nécessaire de faire une demande devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles.
 - **Tableaux 20 et 20 bis (arsenic) :** cancer cutané (épithélioma), angiosarcome du foie, cancer bronchique.
 - **Tableau 25 (silice) :** cancer broncho-pulmonaire
 - **Tableaux 30, 30 bis (amiante) :** mésothéliome, cancer broncho-pulmonaire.
 - **Tableau 33 (béryllium) :** pour dermatose, conjonctivite, béryllose chronique mais pas pour le cancer pulmonaire Il est alors nécessaire de faire une demande devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles.
 - **Tableau 37 ter (nickel) :** cancers bronchopulmonaire, de l'éthmoïde et des sinus de la face uniquement mentionnés pour les opérations de grillage de matre de nickel. Sinon il est nécessaire de faire une demande devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles.
 - **Tableau 43bis (formaldéhyde) :** cancer du nasopharynx. Pour les autres cancers, il est nécessaire de faire une demande devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles.
 - **Tableau 61 bis (cadmium) :** Le cancer broncho-pulmonaire est inscrit dans le tableau « Maladies professionnelles provoquées par le cadmium et ses composés » mais avec une liste de travaux limitative. Il est nécessaire de faire une demande devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles en dehors des travaux décrits dans cette liste.
 - **Tableaux 70, 70 bis et 70 ter (cobalt) :** le cancer broncho-pulmonaire primitif est reconnu pour les poussières de cobalt associées au carbure de tungstène avant frittage et ne concerne pas la soudure, Il est nécessaire de faire une demande devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles.
- **Droit au suivi cancérogène post-professionnel :** Oui

Autres activités pouvant être concernées

Pour en savoir plus

- Opérations de soudage à l'arc et coupage. Guide pratique de ventilation n° 7. INRS. ED 668.
- Le soudage manuel à l'arc avec électrodes enrobées. Fiche pratique de sécurité. ED 83
- Soudage et coupage au chalumeau. INRS. ED 742
- Les équipements de protection individuelle des yeux et du visage. INRS. ED 798
- Fiche d'Aide au Repérage : FAR 15 : soudage/brasage des métaux
- Fiche d'Aide à la Substitution : FAS 20 : oxyde de thorium
- Consulter la base de données MetroPol sur le site INRS : Recueil de méthodes de prélèvement et d'analyse de l'air pour l'évaluation de l'exposition professionnelle aux agents chimiques.
- Biotox : Guide biotoxicologique pour le médecin du travail. [INRS/BIOTOX](#) . ED 791.

Evolution de la fiche

Cette fiche est appelée à être modifiée en fonction des connaissances toxicologiques et des techniques utilisées dans les entreprises.

Vos remarques nous intéressent et vous pouvez nous les faire parvenir à l'adresse suivante : hipp.prevention@cramif.cnamts.fr

Autres outils disponibles

Le réseau prévention CNAMTS-CRAM-CGSS-INRS met à votre disposition d'autres outils complémentaires :

- sur le site INRS (www.inrs.fr), **le dossier [Agir sur le risque chimique cancérogène en entreprise](#)** dans lequel vous trouverez :
 - les fiches FAR (Fiches d'Aide au Repérage par activité),
 - les fiches FAS (Fiches d'Aide à la Substitution par activité),
- **un cd-rom (CD 0371) « Agir pour prévenir les cancers professionnels d'origine chimique »**, que vous pouvez vous procurer :
 - ⇒ si vous êtes en Ile de France, auprès de la [CRAMIF](#)
 - ⇒ si vous êtes en province, prenez contact auprès de votre CRAM.

La CRAMIF programme régulièrement des formations (www.cramif.fr) concernant les cancérogènes professionnels dont l'amiante.