



Photo: Shutterstock / Mex Chriss

Risques liés aux travaux de soudage

Le soudage consiste à assembler des matériaux en les amenant à l'état liquide ou pâteux sous l'action de la chaleur et/ou de la pression. La température peut atteindre 1500°C, voire plus. Quels sont les risques auxquels sont exposés les soudeurs lors de travaux de soudage?

Exposition aux fumées de soudage

En raison de la température élevée atteinte pendant le soudage, ces activités libèrent les fumées de soudage, composées de différents gaz et de particules. Les soudeurs courent dès lors un risque accru de développer des maladies respiratoires aiguës et chroniques (asthme, emphysème pulmonaire, bronchite chronique, cancer du poumon,...). Une exposition aux fumées de soudage peut aussi causer des affections

LES ABONNÉS PREVENTASSIST PEUVENT LIRE CET ARTICLE EN LIGNE SUR prevent.be/fr/node/181719

neurologiques et des intoxications graves.

Valeurs limites

La protection des travailleurs contre les

risques des agents chimiques est régie par le Code du bien-être au travail (Livre VI *Agents chimiques, cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques* Titre 1er *Agents chimiques* et Titre 2 *Agents cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques*).

L'annexe VI.1-1 du Code fixe une valeur limite pour les fumées de soudage en général, mais aussi pour les éléments séparés (chrome, nickel, manganèse,...) (voir tableau 1).

Procédés de soudage courants

MIG/MAG (Metal Inert Gas/ Metal Active Gas): Soudage par arc électrique par lequel un fil alimenté en continu est fondu à l'aide d'un arc de soudage entre le fil et la pièce à souder. Cet arc de soudage se forme dans un gaz qui est amené par une buse. L'on parle de soudage MIG ou MAG selon que l'on utilise un gaz inerte pur (argon ou hélium) ou un gaz contenant un gaz actif en plus du gaz inerte. Le soudage MAG est le procédé de soudage le plus fréquemment appliqué.

TIG (Tungsten Inert Gas): Soudage par arc électrique où le soudeur crée un arc électrique entre une électrode non fusible et la pièce à souder. Cet arc de soudage se forme dans un gaz inerte (argon) et permet de faire fondre le matériau de la pièce à souder. Le matériau d'apport introduit dans l'arc se présente sous la forme d'une tige. Le soudage TIG est utilisé principalement pour des travaux de soudage de haute qualité.

MMA (Manual Metal Arc welding): Soudage à l'arc avec électrode enrobée. Un arc de soudage électrique est amorcé entre une électrode fusible et la pièce à souder. L'électrode se compose d'un fil massif entouré d'un revêtement qui assure entre autres la protection du bain de fusion (c'est-à-dire la zone contenant le métal liquide). Le soudage MMA est l'option la mieux adaptée à un environnement extérieur.

Soudage autogène: La combustion d'un mélange d'oxygène et d'acétylène produit une flamme qui fait fondre le matériau de la pièce à souder. Le matériau d'apport est une tige que l'on expose à la flamme. Le soudage autogène est un procédé de soudage ancien encore utilisé sur des chantiers et par les carrossiers.

Tableau 1 – Valeurs limites et effets possibles des principaux éléments présents dans les fumées de soudage

Nom des agents	Valeur limite en mg/m ³	Effets directs possibles	Effets possibles à long terme
Fumées de soudage (en général)	5	Fièvre des fondeurs, irritation des yeux, mal de gorge	Bronchite, asthme, affections neurologiques
Oxyde de fer	5		Sidérose (atteinte des poumons)
Dioxyde de silicium	0,1		Silicose-pneumoconiose
Manganèse et composés inorganiques	0,05	Pneumonie	Atteinte du système nerveux central (Parkinson)
Fluor	1,58	Picotement au niveau des voies respiratoires	Intoxication
Chrome	0,5	Eruption cutanée eczémateuse	Affections pulmonaires
Chrome CRVI	0,005		Cancer du poumon
Oxyde de zinc	2	Fièvre des fondeurs	
Fumées de sulfure de nickel	1	Fièvre des fondeurs	Cancer du poumon
Pentaoxyde de vanadium	0,005	Irritation des muqueuses	

La liste des valeurs limites réglementaires d'exposition professionnelle la plus récente date de mai 2021. La valeur limite fixée en Belgique pour les fumées de soudage (5 mg/m³) signifie que l'exposition moyenne aux fumées de soudage pendant une journée de travail de 8 heures ne peut pas être supérieure à 5 mg/m³. A titre de comparaison, depuis 2010, la valeur limite aux Pays-Bas est de 1 mg/m³ d'air.

Composition des fumées

La composition des fumées de soudage est déterminée par différents facteurs:

- le matériau de la pièce à souder (carbone ou acier inoxydable, aluminium,...)
- le matériau d'apport et les produits résiduels se trouvant sur la pièce à souder (peinture de fond, couche de galvanisation, huile de protection contre la corrosion,...)
- le procédé de soudage utilisé (l'émission de fumées de soudage est par exemple beaucoup plus élevée si l'on utilise une électrode enrobée d'une substance basique plutôt qu'une électrode enrobée d'un rutile minéral voir fig. 1).

- l'intensité du courant de soudage (plus le courant est fort, plus l'émission de fumées de soudage est importante).

Production de fumées

La quantité de fumées produite dépend également du procédé de soudage: c'est le soudage à l'électrode enrobée et le soudage avec fils fourrés qui génèrent le plus de fumées de soudage (voir fig. 2).

Dans la pratique, les entreprises qui travaillent de l'acier au carbone ont recours essentiellement au procédé de soudage MIG/MAG semi-automatique. Le soudage TIG s'applique le plus souvent à l'aluminium et à l'acier inoxydable. Le soudage à l'électrode enrobée est surtout utilisé sur les chantiers.

Mesures de protection

Des mesures de protection générales et individuelles doivent être définies sur la base des résultats de l'évaluation des risques. Voici les principales mesures de prévention selon la hiérarchie de prévention:

- Mesures de prévention à la source:
 - » optimisation des paramètres de

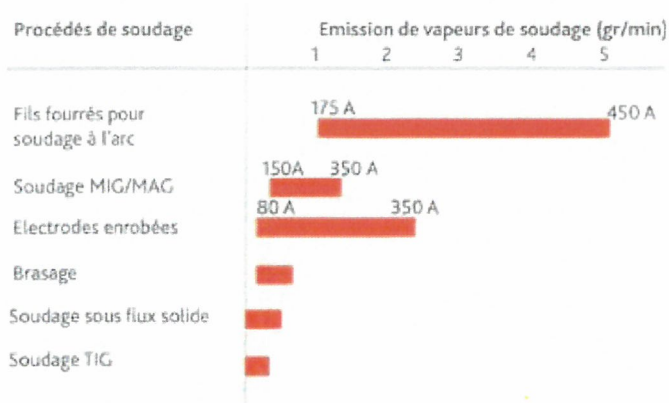


Fig. 1: Emission de fumées de soudage lors du soudage à l'électrode enrobée

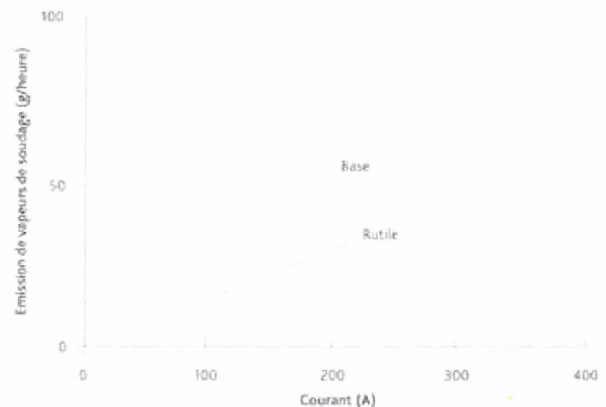


Fig. 2: Emission de fumées de soudage lors des divers procédés de soudage

soudage et élimination des résidus sur la surface à souder (graisse, peinture, solvant, etc.)

- » système d'aspiration à la source avec filtration, avec ou sans recirculation: les systèmes les plus utilisés sont l'aspiration à la source avec bras flexible ou l'aspiration sur la table de soudage.
- Ventilation adéquate du local.
- Aménagement du poste de travail (position de soudage appropriée).
- Protection respiratoire:
 - » bien qu'elle se trouve dans le bas de la hiérarchie de prévention, la protection respiratoire est en pratique souvent nécessaire pour garantir une exposition inférieure à la valeur limite.
 - » il faut utiliser des masques anti-poussières P3 pour le chrome 6, le nickel, le béryllium et le cadmium (cancérogènes).
 - » parmi les protections respiratoires les plus fréquentes (masque de soudage avec protection respiratoire, masque anti-poussières,...), le casque de soudage à surpression offre la meilleure protection.

Formation/information

Le soudeur doit avoir été sensibilisé aux risques liés aux fumées de soudage et à l'utilisation correcte des équipements fournis. La formation/information doit également porter sur le comportement à adopter lors du soudage pour réduire l'exposition aux fumées:

- garder la tête hors du panache de fumées
- considérer le meulage comme une activité distincte (nécessitant des équipements de sécurité adaptés)
- éliminer les résidus sur la surface à souder.

Risques électriques

La plupart des procédés de soudage utilisant de l'électricité pour amorcer un arc de soudage, ils comportent dès lors un risque d'électrocution.

Tension à vide

La tension à vide est la tension présente entre l'électrode et la masse lorsqu'aucun courant de soudage ne passe. Elle est importante car, lors du soudage électrique, il est difficile de protéger le soudeur de l'électrode.

La tension à vide maximale d'un appareil de soudage et de découpage utilisant un arc électrique (usage industriel) est définie dans le livre 1 *Installations à basse tension et à très basse tension* du RGIE (voir tableau 2).

Les valeurs à respecter sont inférieures si on réalise des travaux de soudage dans un environnement à risque accru de danger électrique.

On parle d'environnement à risque accru:

- si au moins une des conditions externes suivantes est présente: peau mouillée ou immergée (BB2 ou BB3), contact fréquent ou permanent avec la masse (BC3 ou BC4) (p. ex. soudage dans un fût en acier).

- dès que le soudeur se trouve dans une position dite inconfortable (à genoux, assis, allongé).

Si on réalise des travaux de soudage dans un environnement à risque accru, on doit utiliser un appareil pourvu d'un équipement permettant de réduire la tension à vide. Ces appareils sont reconnaissables à la présence du symbole **S** sur la plaque.

Tableau 2 – Tension à vide maximale autorisée pour les appareils de soudage industriels (RGIE)

Type d'appareil de soudage	Tension à vide (V) maximale autorisée			
	Environnement sans risque accru		Environnement avec risque accru	
	Courant alternatif	Courant continu	Courant alternatif	Courant continu
Appareil manuel	80	113	48	113
Appareils tenus mécaniquement sans protection accrue pour l'opérateur	80	113	48	113
Appareils tenus mécaniquement avec protection accrue pour l'opérateur	100*	141*	100*	141*

* Ces valeurs sont uniquement autorisées si la tension à vide est automatiquement interrompue à la fin du soudage et si la protection contre les chocs électriques par contact direct des pièces nues sous tension est assurée par des enveloppes ayant un degré de protection d'au moins IP XX-B ou un dispositif réducteur de risques.

Contrôle

Un appareil de soudage électrique est un équipement de travail qui être soumis à un contrôle périodique (Code, art IV 2-14). La périodicité de ce contrôle est fixée par l'employeur ou une personne qu'il a désignée (par exemple, un membre de la ligne hiérarchique).

Il faut tenir compte:

- de la périodicité d'entretien définie dans le manuel qui accompagne le matériel de soudage
- des mesures de réduction des risques découlant de l'analyse des risques de la machine
- de l'entretien curatif.

Le contrôle des équipements de travail est généralement organisé tous les ans. Il doit être effectué par un expert (interne ou externe). Si le contrôle est organisé en interne, l'employeur doit s'assurer que la personne qui effectue le contrôle est compétente.

Lors de l'inspection, il faut réaliser un contrôle visuel du matériel et des câbles (sont-ils endommagés?), vérifier la tension à vide (voir plus haut), mesurer l'isolation et effectuer les contrôles prescrits par le fabricant du matériel de soudage.

Les travailleurs qui utilisent une installation électrique doivent être informés des risques. L'employeur vérifie régulièrement l'état des prises, des câbles et du boîtier

du poste de soudage et procède aux réparations nécessaires.

Exposition aux rayonnements optiques artificiels

La lumière émise par un arc de soudage comprend, outre la lumière visible, un rayonnement ultraviolet et infrarouge intense. Le rayonnement infrarouge peut brûler la peau, endommager la rétine des yeux et provoquer, à long terme, une cataracte.

Le rayonnement ultraviolet peut, comme le soleil, brûler la peau. A long terme, il peut provoquer une cataracte et endommager la cornée des yeux. A court terme, le rayonnement ultraviolet peut entraîner une inflammation de la cornée et de la conjonctive (après 4-8 heures). Ce phé-

nomène, plus connu sous le nom de *coup d'arc*, survient souvent après une journée de travail. Il concerne généralement des non-soudeurs qui travaillaient à proximité. Dans la plupart des cas, ils guérissent spontanément.

Pour se protéger du rayonnement ultraviolet, le soudeur doit porter des vêtements de protection fermés et utiliser un masque de soudeur pourvu d'un verre adapté à l'activité (l'intensité et le spectre des rayonnements émis diffèrent suivant le processus de soudage).

La norme EN ISO 16321-2 *Protection des yeux et du visage à usage professionnel Partie 2: Exigences complémentaires relatives aux protecteurs utilisés pour le soudage et*

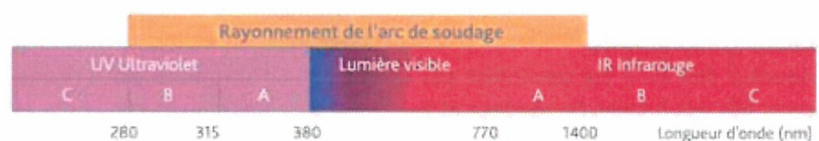


Fig. 3: Rayonnement émis par l'arc de soudage

les techniques connexes spécifie notamment les exigences applicables aux filtres des protecteurs. Ces filtres sont classés en différentes catégories en fonction de leur perméabilité aux rayons UV et IR, allant de W1 à W16 (W1 étant le moins obscurcissant

et W16 le plus obscurcissant). La norme EN ISO 19734 fournit un tableau indiquant le filtre à choisir en fonction du processus de soudage et du courant appliqué.

Tableau 3 – Recommandations en matière de filtres de soudage (source: EN ISO 19734)

Procédé de soudage	Courant A																											
	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600							
MMA	8				9				10				11				12				13				14			
MAG	8								9		10		11				12				13				14			
TIG	8				9				10				11				12				13							
MIG sur métaux lourds									9		10		11				12				13		14					
MIG sur alliages légers											10		11				12				13		14					
Gougeage à l'arc avec jet d'air comprimé	10												11		12		13		14		15							
Coupage au jet de plasma									9		10		11		12				13									
Soudage à l'arc par microplasma	4		5		6		7		8		9		10		11				12									
	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600							

Note : l'expression 'métaux lourds' couvre les aciers, les aciers alliés, le cuivre et ses alliages, etc.

Risque de brûlure

Lors des procédés de soudage classiques, la température atteinte est au moins équivalente à la température de fusion des matériaux à assembler. En cas de contact avec la pièce à souder ou la torche de soudage, le soudeur peut être grièvement brûlé. Les activités de soudage sont souvent accompagnées de projections de particules de matériau liquide provenant du bain de soudage. Ces particules peuvent causer des brûlures et provoquer un incendie, si elles entrent en contact avec des éléments combustibles (chiffons, papier, produits inflammables, etc.). Pour l'éviter, il faut retirer tous les éléments combustibles de la zone qui entoure le poste de soudage ou, si ce n'est pas possible, les protéger au moyen d'une couverture de soudage. Un extincteur approprié doit également toujours être présent dans la zone des travaux de soudage, de manière à ce que le soudeur

ou des personnes présentes puissent intervenir rapidement en cas d'incident.

Le soudeur doit porter des équipements de protection individuelle adaptés:

- Chaussures de sécurité fermées résistant aux températures élevées (code HRO)
- Vêtements de protection: la norme EN ISO 11611 spécifie les exigences auxquelles doivent répondre les équipements de protection à porter durant des opérations de soudage.
- Gants: dans la norme EN 12477, on trouve les exigences auxquelles doivent répondre les gants de soudeur en termes de protection contre les risques mécaniques et thermiques.

Exposition à la radioactivité

Les électrodes de tungstène utilisées pour le soudage TIG peuvent contenir un isotope de l'oxyde de thorium. Cet oxyde augmente la température de fusion des

électrodes et améliore la stabilité de l'arc de soudage. L'isotope thorium 232 est un composant (faiblement) radioactif, mais qui a une très longue demi-vie physique (il faut donc attendre longtemps avant que la quantité d'atomes radioactifs ne diminue de moitié). Le thorium 232 émet entre autres des rayons alpha, qui n'ont pas une grande portée dans l'air, mais sont très nocifs en cas de contact direct avec la peau et les muqueuses. Le danger réside donc surtout dans l'inhalation ou l'ingestion de la substance produite lors de l'affûtage de la pointe de l'électrode (comparable à la taille d'un crayon).

Si ce type d'électrode est encore utilisé, il faut veiller à une hygiène très rigoureuse du lieu de travail concerné et à recueillir, lors de l'affûtage, les poussières dans un touret à meuler spécial, rempli d'huile. En Belgique, ces électrodes sont encore autorisées, mais l'AFCN (Agence fédérale

de contrôle nucléaire) conseille d'utiliser des solutions alternatives contenant du lanthane ou du cérium pour remplacer le thorium.

Troubles musculo-squelettiques

Les soudeurs sont souvent penchés de longues heures sur leur travail ou doivent adopter des positions peu ergonomiques pour accéder à l'endroit à souder. Outre le fait qu'elle n'est pas ergonomique, cette position penchée en avant augmente l'exposition aux fumées de soudage. La meilleure mesure de prévention consiste donc à bien positionner la pièce à souder. On trouve sur le marché de nombreux manipulateurs de soudure qui positionnent la pièce afin que l'endroit à souder soit beaucoup plus accessible. La soudure d'avant-main (la torche dirigée vers le bas) donne d'ailleurs souvent une meilleure qualité de soudure.

Comme il n'est pas toujours possible de manipuler la pièce à souder, bien organiser les différentes étapes de soudage permet déjà de s'épargner bien des problèmes.

Vibrations transmises au système main-bras et bruit

Les travaux de soudage s'accompagnent parfois de travaux de meulage permettant de préparer la soudure, d'enlever la couche d'oxyde, de nettoyer ou réparer une ancienne soudure,... Le meulage expose le soudeur aux vibrations, au bruit et aux projections d'éclats. Pour se protéger, il doit disposer d'une bonne protection auditive, de lunettes de sécurité, de gants et éventuellement d'un masque anti-poussières.

Exposition aux champs électromagnétiques

Le soudage électrique utilise généralement des courants de plusieurs centaines d'ampères. Ce courant passe via un câble de soudage vers le chalumeau et crée ainsi un champ électromagnétique.

La protection des travailleurs est régie par le Titre 7 *Champs électromagnétiques* du Livre V *Facteurs d'environnement et agents physiques* du Code du bien-être au travail. Ces dispositions légales ne concernent que les effets reconnus à court terme (effets thermiques, stimulation électrique des tis-

sus, effets indirects pouvant entraîner des risques pour la santé ou la sécurité). Elles fixent des valeurs limites d'exposition et d'action. L'employeur doit veiller à ce que ses travailleurs ne soient pas exposés à des champs électromagnétiques supérieurs aux valeurs limites définies et prendre des mesures pour y parvenir. La Commission européenne a rédigé un guide à destination des employeurs.

Gaz sous pression

Beaucoup de procédés de soudage utilisent des gaz sous pression. Il s'agit de gaz inertes (argon, hélium ou un mélange des deux) pour les procédés de soudage TIG et MIG.

Le procédé de soudage MAG recourt en outre à un gaz actif, comme le CO₂ par exemple. Les gaz inertes ne sont pas nocifs en soi, mais leur danger réside dans le fait qu'ils peuvent éliminer l'oxygène présent dans une pièce. Le soudage autogène utilise un gaz combustible (acétylène ou propane) mélangé avec de l'oxygène. Dans ce cas, les conduites doivent être dotées d'un arrêt de flamme et de dispositifs anti-retour pour éviter un retour de flamme vers la bouteille en acier. L'oxygène est un comburant qui peut entraîner la combustion spontanée d'huile, de graisse, de vêtements,...

Les gaz sont stockés à haute pression, soit dans des bouteilles en acier, soit dans un grand réservoir raccordé à une conduite circulaire et qui fournit le gaz nécessaire à tout l'atelier. Les bouteilles en acier sont pourvues d'une étiquette et d'un code couleur (norme EN 1089-3 harmonisée au niveau européen), pour que l'on puisse, en cas d'incident, voir de loin si le contenu de la bouteille constitue un danger ou non.

Mesures de prévention pour le stockage et la manipulation des bouteilles en acier:

- Entreposer les bouteilles dans un lieu bien aéré éloigné de toute source de chaleur.
- Séparer les gaz combustibles, les gaz inertes et l'oxygène.
- Entreposer les bouteilles en position verticale et toujours les fixer pour qu'elles ne puissent pas tomber.
- Ne jamais lubrifier les raccords d'une bouteille avec de la graisse.

Espace confiné

Souder dans un espace confiné (réservoir, cave, égout,...) implique des risques supplémentaires: le risque d'électrocution est beaucoup plus important parce que le soudeur est souvent entouré de matériaux conducteurs (p.ex. réservoir en acier) et il est beaucoup plus difficile de trouver une position de travail confortable. En outre, le risque de manquer d'oxygène est particulièrement élevé: l'oxygène présent dans l'air peut se raréfier du fait de la présence d'un autre gaz ou à cause de la combustion. Un casque de soudeur à adduction d'air peut offrir une solution.

Certains gaz peuvent aussi présenter un danger d'explosion. Une ventilation suffisante est dès lors primordiale.

Le bruit constitue un autre risque: dans un espace confiné, le bruit se répercute contre les parois et est source de nuisance sonore.

Maîtrise des risques

Les risques auxquels le soudeur est exposé diffèrent en fonction du procédé de soudage. Une bonne analyse des risques doit mettre en lumière tous ces risques, qui peuvent être ramenés à un niveau acceptable dans la plupart des cas.

À propos de l'auteur: Benny Droesbeke, IWE, Normen-antenne lastechniek