unisanté
Centre universitaire
de médecine générale
et santé publique · Lausanne

Risques pour la santé dus au soudage

Isabelle Rossi

5 à 7 Neuchâtelois du 15.05.2025

Plan de la présentation

- Définition et chiffres
- Différents types de soudage
  - Arc électrique (manuel et sous protection gazeuse)
- Dangers pour la santé liés au soudage
- Effets sur la santé
- Prévention
- Conclusions

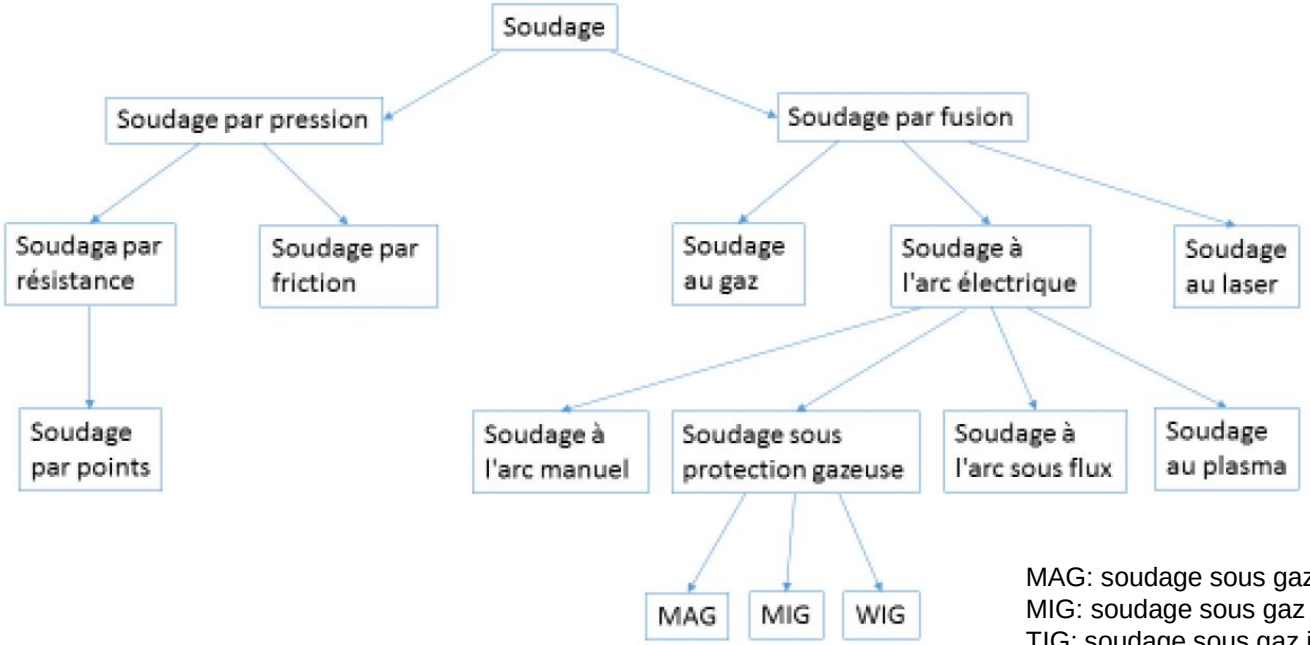
Définition et chiffres

- Définition
  - Réunir ou revêtir
  - matériaux métalliques ou thermoplastiques
  - sous l'effet de la chaleur[1] ou de la pression
  - avec ou sans matériaux d'apport
- Usages
  - Largement utilisé dans les secteurs de la fabrication, construction, réparation, maintenance
- Chiffres
  - 25'000 soudeurs (SUVA 2018)
  - Grand nombre de travailleurs qui effectuent sporadiquement des opérations de soudage
  - Les méthodes de soudage automatisées : de plus en plus en d'applications

[1]Chaleur produite par un chalumeau à gaz ou courant électrique (arc électrique)

Différents types de soudage

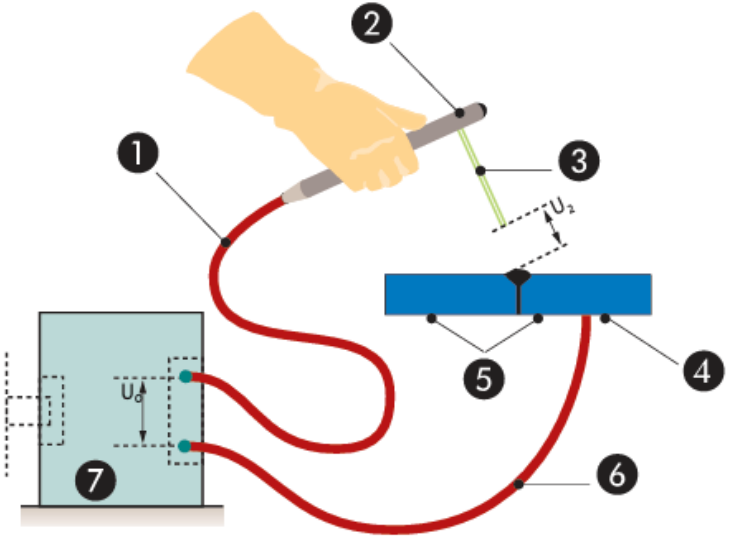
- Env. 140 procédés normalisés



MAG: soudage sous gaz actif
MIG: soudage sous gaz inerte
TIG: soudage sous gaz inerte. avec électrode au tungstène

Soudage à l'arc électrique

- Arc électrique permet d'assembler les métaux
  - Entre cathode (porte-électrode) et anode (pièce à souder) → l'air est partiellement ionisé et conduit
  - Production de chaleur +++ et rayonnements dans le visible, UV, IR
  - Différents types dont
    - À l'arc manuel
    - Sous protection gazeuse



1. Conducteur (isolé) de soudage
2. Porte-électrode isolé
3. Électrode enrobée consommable
4. Connecteur de pièce
5. Pièces à assembler
6. Conducteur (isolé) de retour
7. Générateur de courant de soudage

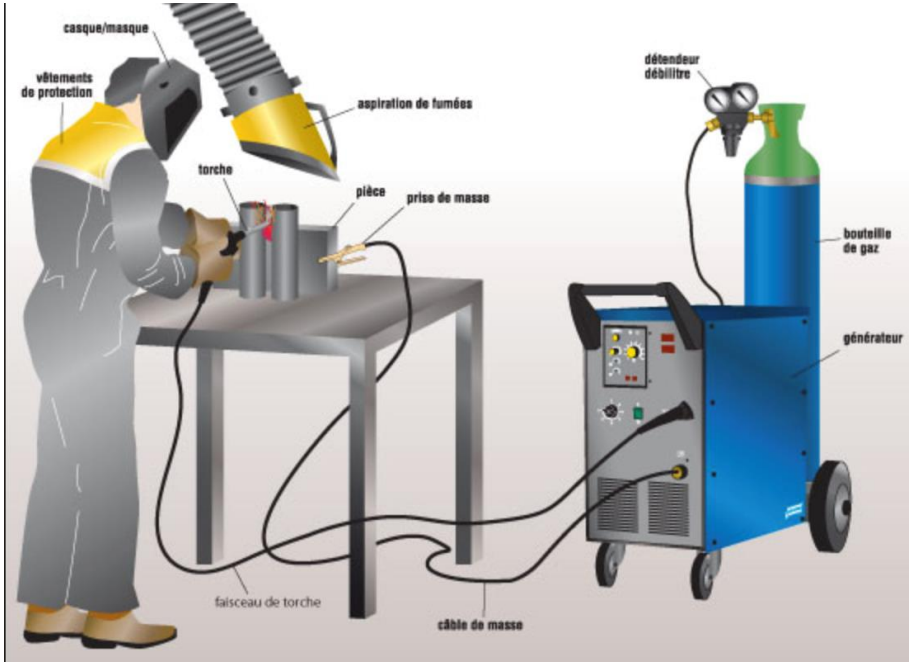
Soudage à l'arc électrique - manuel

- Le plus répandu
- Sans apport de gaz
- Métal d'apport
  - sous forme de baguette (électrode)
  - ~métal à souder
- Baguette s'égoutte sous la chaleur de l'arc, se lie aux bordures à souder
- Baguettes le + svt enrobées
  - ≠ types d'enrobage
  - additifs qui améliorent la soudure et stabilisent l'arc et en le protégeant de l'air
- Electrode brûle:
  - → produits sont en partie libérés dans l'air
- Technique à fortes émissions de fumées

Soudage à l'arc à l'électrode enrobée (baguette)

Soudage à l'arc électrique – sous protection gazeuse

- 2ème le plus répandu
- Sur des postes fixes
  - installations lourdes et encombrantes
- Arc et soudure protégés de l'air par un gaz
  - électrode en principe non enrobée
  - ↓ des émissions de fumées

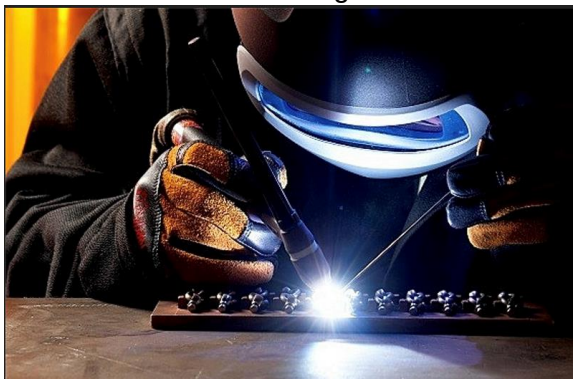


Soudage à l'arc électrique – sous protection gazeuse

3 types

- MAG: soudage sous gaz actif avec électrode fusible
  - Gaz protecteur participe activement au processus
- MIG: soudage sous gaz inerte avec électrode fusible
  - Gaz (argon ou hélium) est inerte et ne participe pas au processus
- TIG: soudage sous gaz inerte avec électrode non fusible en tungstène
  - Gaz (argon ou hélium)
  - Électrode en Tg pur ou thorié
  - Très répandu car convient à la plupart des métaux
  - Nb industries (nucléaire, aéronautique, pétrochimique, etc.)

Soudage MIG/MAG



Soudage TIG

Dangers pour la santé liés au soudage

- Les soudeurs travaillent avec:
  - Grande variété de procédés, de matériaux
  - Dans grande diversité de conditions
- Nombreux dangers pour la santé
  - Agents chimiques: gaz, vapeurs, fumées
  - Agents physiques
    - Bruit
    - Electricité
    - Rayonnement (non ionisant, visible, infrarouge, UV, ionisant lors de Rx)
    - Chaleur
  - Contraintes ergonomiques : vibrations, postures forcées et extrêmes
  - Incendies et explosions
    - Flamme, gaz sous pression, électricité (→ étincelles, arcs, projection de métal en fusion)
  - Accidents et blessures (rayonnement et à la chaleur +++, aussi étincelles et débris)

Dangers chimiques: gaz, vapeurs

- Sources:
  - transformation thermique des gaz combustibles, de l'air, de matériaux de revêtement ou d'impuretés
- Exemples: ozone, NO_x, CO, phosgène, aldéhydes, acétylène

Dangers chimiques: fumées

- Distribution de matières fines et solides dans l'air
- **95% de la fumée vient du métal d'apport, 5% vient du métal de base**
- Presque tous les types de soudage émettent des fumées
- La quantité dépend du procédé et de ses paramètres
- Le soudage à l'arc manuel est le plus émissifs (électrodes enrobées)
  - **30-90% de la fumée est constituée de chrome VI**
  - **Enrobage alcalin →fluorures**
  - **Nickel peut être en forte proportion si le métal en contient**
- TIG et soudage au plasma: le moins émissifs

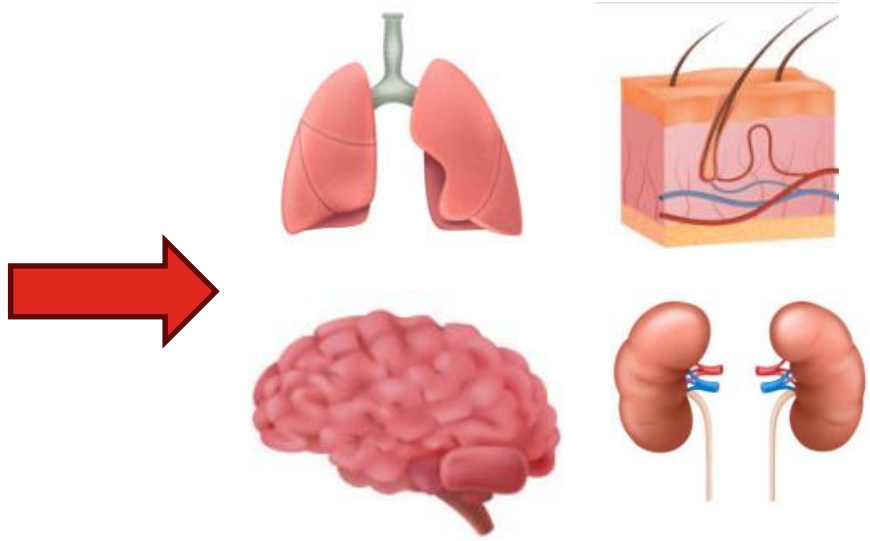
Revêtements

- Les pièces à souder sont parfois revêtues de
  - Vernis, peintures, résines, couches de fond, protection grasse, résidus de produits dégraissants ou nettoyants
  - Dans les fumées invariés ou modifiés par la chaleur ou UV
- Les couches de fond sont problématiques
  - Pigments: oxydes de fer, de zinc, chromates de zinc
  - Liants : résines époxy ou phénoliques, silicate d'éthyle , polyuréthane (isocyanates)
- Anciens revêtements antirouille : Pb

Principaux constituants des gaz et fumées

Particules de, ou oxydes de	Gaz
Aluminium	Aldéhyde formique*
Antimoine	Cyanure d'hydrogène*
Baryum	Dioxyde d'azote
Béryllium	Monoxyde de carbone
Cadmium	Monoxyde d'azote
Chrome	Ozone
Cobalt	Phosgène*
Cuivre	
Étain	
Fer	
Fluorures	
Magnésium	
Manganèse	
Molybdène	
Nickel	
Plomb	
Silice amorphe	

> PRINCIPAUX CONSTITUANTS POTENTIELS DES FUMÉES DE SOUDAGE (d'après [4])

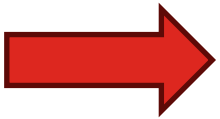


Penven et al.. INRS 2016

Effets sur la santé

Expositions et effets aigus et chroniques

Expositions
AIGUËS
Minutes, heures, jours
CHRONIQUES
Années, vie entière

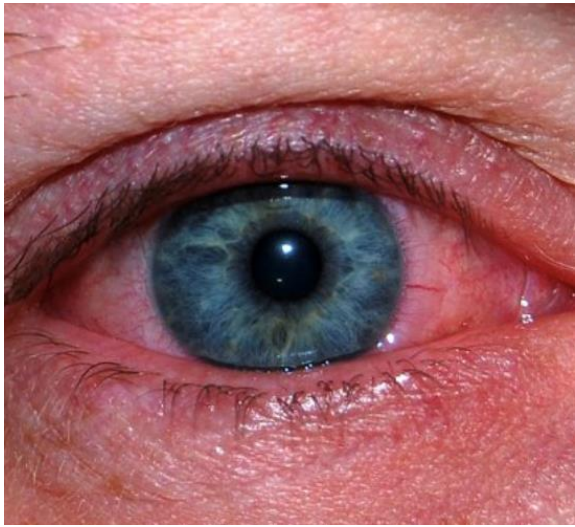


Effets
AIGUS
Irritation des yeux, asthme
CHRONIQUES
Cancers

Effets aigus (1)

Coup d'arc (photokératite)

- Exposition de la cornée au rayonnement UV(B) produit par l'arc de soudage
- Yeux ne sont pas protégés
- Qqs secondes suffisent (intensité, durée)
- Symptômes:
  - Douleur, brûlure, sensation de "sable" dans l'œil
- Autolimités, disparaissent en qqs heures
- Important de consulter un ophtalmologue
  - Corps étrangers ou lésions oculaires thermiques



Parfois associé à conjonctivite: œil rouge

Effets aigus (2)

Brûlures cutanées

- Chaleur et projections scories
- Émission rayonnements UV (TIG+++)
  - Directe ou par réflexion sur les surfaces environnantes (e.g. au niveau de la nuque)

Irritation des voies respiratoires (y.c. asthme)

- Exposition à divers contaminants et émissions du soudage, e.g.
  - Poussières, O_3, oxydes de aluminium, azote, cadmium et les fluorures

Effets aigus – fièvre des métaux (3)

- Symptômes: ~ similaire «état grippal»
  - Fièvre (39-40°C), frissons, douleurs musculaires, toux
  - Goût métallique, irritation de la gorge
- Apparition: 3-12h après exposition
- Affection généralement bénigne:
  - Evolution favorable dans les 24-48h
- Cause:
  - Exposition oxydes métalliques (Zn+++, Cu, Mg)
  - Soudage sur du métal galvanisé suggère le diagnostic
- Réapparition possible après nouvelle exposition, parfois phénomène de tolérance qui disparaît après congé +/- long
  - «Monday morning fever»

Effets aigus (4)

Atteintes pulmonaires aiguës sévères

- Rares
- Œdème pulmonaire : NOx, CdO, phosgène
- Pneumopathies chimiques : Cd, Cr, Mn, Zn
- Soudage ou brasage **au gaz** dans espaces clos ou mal ventilés ou **travail de la tôle**
  - envisager ce type de lésions, observation médicale approfondie

Intoxications et asphyxies aigues

- En milieu confiné: gaz et fumées et/ou appauvrissement en O_2

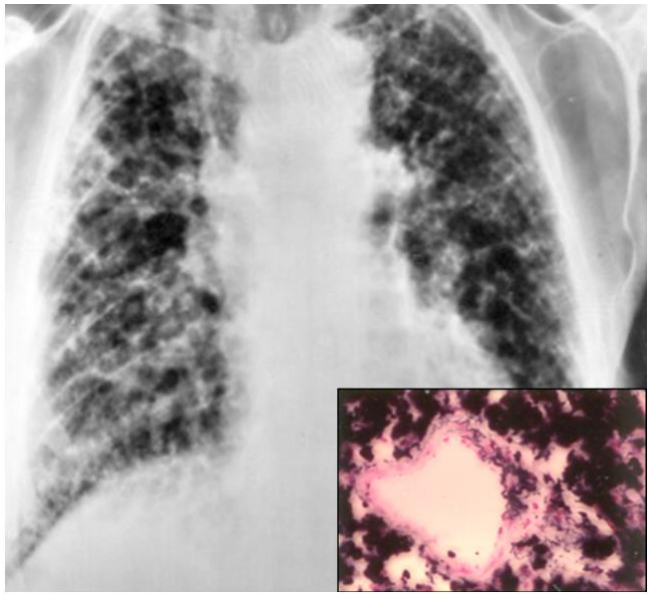
Effets chroniques: pneumoconioses

- Fibrose (~ cicatrisation du tissu pulmonaire)
- Cause: inhalation de fibres minérales
- Risque associé au niveau d'exposition (chronique)
- Différentes causes chez les soudeurs
  - Divers métaux dans les électrodes
    - Oxydes de fer ++++
  - Silice cristalline
  - Amiante
    - Utilisation et surtout découpe de matériaux d'isolation thermique

Sidérose ou poumon du soudeur

- Pneumoconiose
- Exposition régulière et prolongée (10-15 ans)
- Fumées d'oxydes de fer
- Espaces confinés (cuves, citernes)
- Absence ou EPI avec protection insuffisante
- Formes «bénignes»:
  - Sans atteinte de la respiration
- Formes «compliquées»

Rx normale



Rx: opacités réticulaires
Histo: coloration au bleu de Prusse (pigments de fer)

Effets chroniques

- Asthme : induit par des sensibilisants (allergènes) ou des irritants
  - Divers sensibilisants dans les fumées e.g.
    - Cr, Ni, (Co) lors du soudage sur acier inox
    - Colophane
    - Surfaces traitées isocyanates
- Atteintes pulmonaires fréquentes chez les soudeurs
  - Excès de symptômes respiratoires
  - ↑ absences au travail pour cause de maladies respiratoires
  - Diminution de la fonction pulmonaire
  - Risque ↑ bronchopneumopathie chronique obstructive, pneumonie dont infection à pneumocoques
- Eczéma de contact: irritatifs ou allergiques
- Fumées de soudage : cancérigène avéré poumon (CIRC, 2018)
  - Notamment en raison de l'exposition aux substances cancérigènes
    - Chrome VI
    - Nickel

Autres effets sur la santé

- Hautes températures et rayonnement infrarouge
  - Stress thermique : contrainte physiologique importante
- Bruit
  - Très fréquent (>85 dB) par le procédé (plasma notamment ≈120 dB) ou dans l'environnement (aussi ventilation)
  - → effets auditifs et extra-auditifs
- Champs électromagnétiques de basse fréquence
  - Effets pas démontrés
  - Problèmes possibles pour porteur d'implants (pacemaker et défibrillateurs) → analyse au cas par cas
- Radiations ionisantes
  - Electrodes en Tg thorié (TIG)→ pas de problèmes décrits mais
    - respect des mesures de protection collectives et individuelles important
  - Accidents d'irradiation décrits lors de la radiographie de contrôle de soudures

Analyse des risques

- Nécessaire pour savoir si les procédés de soudage présentent un risque pour la santé du soudeur et personnes à proximité
- → Analyse de risques
  - Caractériser l'exposition
  - Déterminer si elle est acceptable (VME, VLE pour les substances chimiques)
- Pour les substances chimiques
  - Déterminer la concentration et la durée d'exposition du travailleur à des substances nocives
  - Fait par des hygiénistes du travail
- Pour l'exposition aux métaux: biomonitoring possible

Mesures de prévention

- Hiérarchie des mesures de prévention
  - Selon l'acronyme STOP
- S: suppression/substitution
  - Suppression du risque: renoncer à un procédé (pièces ne nécessitant pas de soudage)
  - Substitution des substances et procédés dangereux par d'autres moins nuisibles pour la santé, e.g.
    - Soudage sous gaz de l'acier au lieu de soudage à l'arc avec électrodes en barre
    - Pour le soudage sous gaz remplacer MAG, par MIG ou mieux TIG

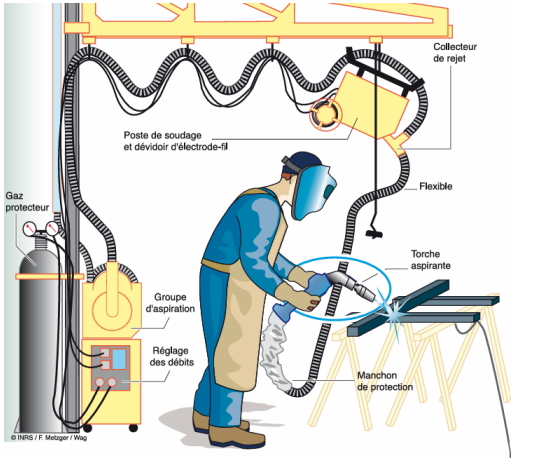
Mesures de prévention techniques (T)

- Captage de la fumée à la source
  - Table de soudage avec aspiration intégrée (le + fréquent)
  - Bouches d'aspiration mobiles, torches aspirantes
- Confinement du procédé: boîte à gants ventilée, hotte d'aspiration cloisonnée
- Automatisation du procédé: robots par ex. dans l'industrie automobile
- Ventilation
  - Dans le voisinage proche ou ventilation générale des locaux
  - Svt le plus utilisé, mais pas le plus efficace
  - Svt mal conçues et difficiles à mettre en œuvre de manière efficace
  - Le flux d'air ne doit pas passer à hauteur des voies respiratoires

Mesures de prévention organisationnelles (O)

- Regroupement des postes de soudage de même type dans même secteur
- Information sur les risques
- Formation avec maîtrise des méthodes de travail

Fig. 8. Table à dosseret aspirant.



Principe de fonctionnement d'une torche aspirante.

Mesures de protection personnelle (P)

- Pratiquement systématiquement
  - Protection des yeux, visage (écran ou casque), corps (tablier), mains (gants)
- Protection respiratoire déterminée par les expositions et les conditions d'utilisation

Conclusions

- Travail des soudeurs
  - Grande variété de procédés, de matériaux
  - Dans grande diversité de conditions
- Nombreux risques pour la santé
- Une analyse de risque est indispensable
  - Mettre en place les bonnes mesures de prévention
  - Prévenir les atteintes à la santé

Références

- SUVA 2018. Factsheet. Risques pour la santé dus au soudage
- Thaon I et al. Risques toxiques et pathologies professionnelles liés au soudage métallique. Pathologies professionnelles et de l'environnement 2001; 20 (6), 1-9
- INRS 2011. Le soudage manuel à l'arc avec électrodes enrobées. Fiche pratique de sécurité ED83.
- INRS. Fumées de soudage. Un risque majeur. Dossier 09/22. Accessible sous : https://www.inrs.fr/risques/fumees-soudage/ce-qu-il-faut-retenir.html
- Penven E Rhinite et asthme en relation avec les activités de soudage et de brasage. Références en santé au travail 2016
- INRS 2014. Opérations de soudage à l'arc et de coupage. Guide pratique de ventilation n° 7. Accessible sous : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20668

Merci de votre attention

Isabelle Rossi
Médecin
Département santé, travail et environnement
Unisanté
Tél. 031 314 56 04
isabelle.rossi@unisante.ch