

# RISQUES AUXQUELS SONT EXPOSES LES SOUDEURS

## RISQUES CHIMIQUES ☠️

Les fumées de soudure sont incommodes, insalubres, irritantes ou toxiques, Ces fumées, mélangées à de l'air chaud, sont formées, en proportion variable suivant le procédé, de gaz et de poussières :

### GAZ ET VAPEURS TOXIQUES

Les gaz et les vapeurs toxiques émis lors du soudage proviennent de la transformation thermique de gaz combustibles, de l'air, de matériaux de revêtements ou d'impuretés. [1] [2]

- ☠️ Produits de décomposition thermique ou photochimique des enduits, peintures, graisses, lubrifiants ou de solvants de dégraissage recouvrant les pièces « sales » (dégagement de phosgène en cas d'utilisation de solvants chlorés pour le dégraissage)
- ☠️ Produits de fusion et de volatilisation de l'électrode et des métaux de base
- ☠️ Le flux et/ou l'enrobage peut contenir de la colophane (résine), du polypropylène glycol ou du alkylaryl polyéthylalcool. Les produits de décomposition thermique de la colophane comprennent : l'acétone, le méthanol, diverses aldéhydes aliphatiques, le CO<sub>2</sub>, le CO, le méthane, l'éthane, l'acide abiétique et divers acides diterpéniques.
- ☠️ Gaz utilisés dans le procédé de soudage ou produits par combustion ou par action sur l'air ambiant.

PROCEDE DE SOUDAGE	CO	F <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>
Arc, électrode enrobée		X	X	
Arc, sous flux	X	X	X	
Arc, sous gaz, argon ou hélium			X	X
Arc, sous gaz carbonique	X		X	
Arc, tungstène, sous gaz (TIG)			X	X
<b>Principaux gaz nocifs selon le procédé de soudage</b>				

[1]

Il s'agit notamment des composés suivants :

- **Le monoxyde de carbone (CO)**, émis par la combustion incomplète de gaz combustible dans le procédé de soudage au chalumeau. Ainsi que lors du soudage sous gaz protecteur actif (procédé MAG, gaz : CO<sub>2</sub>-Argon), par la combustion incomplète du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).
- **Les oxydes d'azote ou vapeurs nitreuses**, monoxyde d'azote (NO) et dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), désignés parfois par NO<sub>x</sub>, produits lors de procédés thermiques par la réaction entre l'azote et l'oxygène de l'air.
- **L'ozone (O<sub>3</sub>)** produit par photolyse de l'oxygène de l'air ambiant sous l'action des rayons ultraviolets émis par le procédé de soudage (plus marqué pour les procédés à l'arc électrique)
- **Le phosgène (COCl<sub>2</sub>), des aldéhydes (RCHO)** et autres produits de décomposition tels le phosphène (PH<sub>3</sub>), l'acide cyanhydrique (HCN), le fluor (F<sub>2</sub>) ou des gaz irritants tel le chlorure d'acétyle (CH<sub>3</sub>COCl), qui peuvent se dégager des restes de graisses ou de solvants chlorés sur des pièces dégraissées, des peintures, des résines, des lubrifiants et des décapants. [4]

## POUSSIÈRES

- ❖ La quantité de fumée et de poussière dépend du procédé de soudage et de ses paramètres
- ❖ Le diamètre des particules contenues dans les fumées est généralement en quasi totalité inférieur à 1 µm et supérieur à 0,01 µm. Elles sont donc susceptibles d'atteindre la région alvéolaire.
- ❖ Il n'est pas rare qu'il y ait agglomération de ces particules, souvent sphériques, pour donner des particules chaînées de plus grand diamètre.
- ❖ Le niveau d'empoussièrément peut être très élevé et atteindre plusieurs dizaines de mg/m<sup>3</sup>. [1]
- ❖ La composition en poussière des fumées dépend des métaux et des électrodes utilisés, des enrobages ou flux éventuels, des revêtements (peinture à base de plomb, métal galvanisé (zinc ou cadmié) ou résidus d'impuretés sur les pièces à souder
- ❖ La prise en compte de l'exposition aux nano particules conduira très probablement dans les années à venir à revoir radicalement nos critères en matière d'évaluation de ce risque.

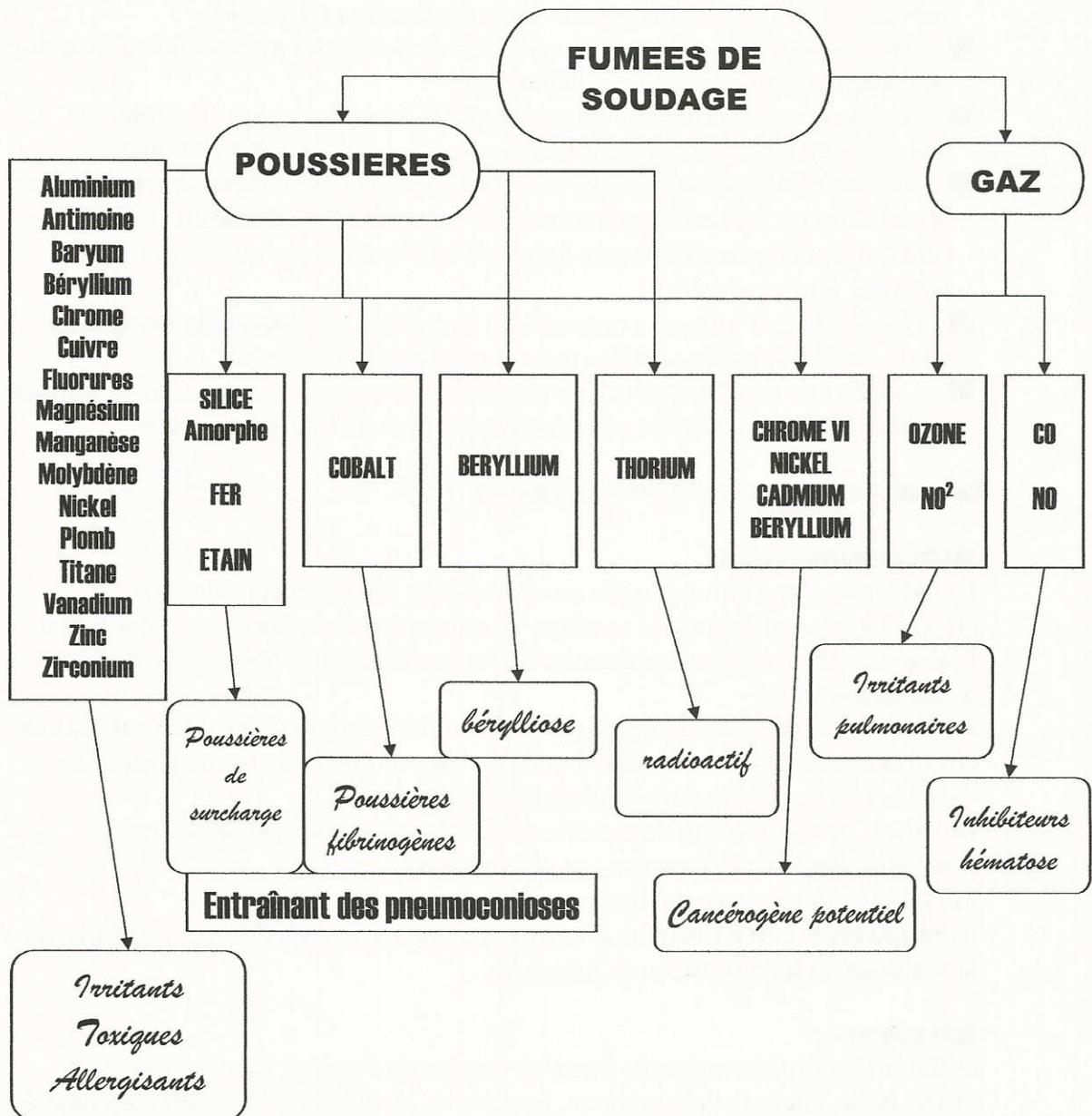
<b>NIVEAU DE RISQUE GLOBAL =</b>
<b>Risque dû au métal d'apport + Risque dû au métal de base + Risque dû au revêtement + Risque dû au gaz</b>

[14]

☛ Cette composition est complexe, on y recense plus de 40 représentants de la table périodique des éléments. [1]

- On évalue à 95% la part des fumées qui provient du métal d'apport et 5% celle qui provient du métal de base. [1]
- Poussières en fonction des matériaux utilisés (métal de base et d'apport, électrode) : poussière d'oxyde de fer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) et de zinc avec le métal galvanisé, aciers alliés contenant du plomb, titane, nickel, manganèse, aluminium, cuivre, chrome, béryllium, zinc, cadmium, cobalt...
- La teneur en carbone des aciers provient du combustible utilisé pendant la fonte, soit le coke. **Le fer brut** contient donc du manganèse, du silicium, du soufre\* et du phosphore \* (\* éléments fragilisant l'acier, leur taux est maintenu bas)
- Les **aciers non alliés** ne contiennent que des taux très faibles d'éléments étrangers, pour des taux inférieurs à 5% on parlera d'aciers faiblement alliés.
- Au-delà de 5% on parlera d'**aciers alliés**, dans lesquels on peut ajouter du manganèse, du chrome, du nickel, du cobalt, du tungstène, de l'aluminium, du cuivre, du molybdène, du tantale, du titane, du vanadium ou d'autres éléments.
- Provenant des flux de brasage : fluor ; baryum, béryllium
- Les anciens revêtements antirouille peuvent contenir du plomb.
- Les restes de peinture, de vernis, de résines ou de matières plastiques, d'huiles peuvent donner lieu à la présence, dans les fumées de composés toxiques (cadmium, phtalates, hydrocarbures polycycliques aromatiques...)
- Le dioxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ) se trouve dans la fumée sous forme amorphe, non cristalline et ne revêt donc pas le caractère toxique du quartz.

## PATHOLOGIES PROFESSIONNELLES LIEES AU SOUDAGE



Fumées de soudage. Catégories de toxiques classés en fonction des principales affections qu'ils peuvent engendrer. [14]

Guide pratique de ventilation n° 7 ED 668, INRS, 2003

## Pathologies respiratoires

### Effets respiratoires aigus

- Le soudage est susceptible d'entraîner la libération de nombreuses substances irritantes, notamment d'oxyde d'azote et d'ozone.
- On constate une augmentation de la prévalence des symptômes d'irritation des voies aériennes chez les soudeurs. [3]
- Les vapeurs nitreuses, le phosgène ( $\text{COCl}_2$ ) et l'ozone ou l'acroléine peuvent être à l'origine d'oedèmes ou de suboedèmes aigus lésionnels.
- En cas d'inhalation massive d'irritants, on peut également observer, dans les minutes ou les heures qui suivent, la survenue d'un syndrome de Brooks (toux, dyspnée associées à une hyperactivité bronchique qui pourra alors persister plusieurs mois)
- Le soudage d'alliages contenant du cadmium, du chrome du manganèse ou du zinc peut provoquer des pneumopathies chimiques.
- Asphyxie, lors du soudage en espace confiné, par accumulation de fumées rapidement toxiques et/ou par appauvrissement de l'air en oxygène.

### Effets respiratoires chroniques

#### ■Pneumoconiose

La **sidérose** n'apparaît qu'après une exposition régulière et prolongée (10 à 15 ans) aux fumées de soudage en atmosphère confinée sans ventilation. L'absence de protection respiratoire ou un port irrégulier favorise la survenue d'une sidérose. [1]

Cette sidérose est considérée en général comme bénigne, mais elle peut parfois chez les soudeurs, être associée à une **fibrose**, en raison de la silice présente dans les électrodes, on parlera alors de **sidérosclérose**.

En raison de l'utilisation de matériaux d'isolation thermique contenant de l'amiante, des cas d'**asbestose** ont été retrouvés.

Par ailleurs la présence de divers métaux dans les électrodes peut théoriquement être à l'origine d'autres pneumoconioses telles que l'**aluminose**, la **stanirose**, la **bérylliose** ou la **barytose**.

#### ■Asthme

Différents composés présents dans les fumées de soudage peuvent être en cause. Nous citerons la colophane, le chrome, le nickel ou le cobalt (soudage de l'acier inoxydable). [1]

Les flux en particulier, peuvent contenir de la colophane (résine), du polypropylène glycol, de l'alkylaryl polyéthéralcool ou de l'amino-éthyl-éthalonamine, responsables d'asthme ainsi que de lésions eczématiformes (pour la colophane)

### ■ Bronchopneumopathies chroniques

Chez les soudeurs un certain nombre d'étude montrent une augmentation de la prévalence des symptômes d'irritation chronique tels que la toux et l'expectoration chroniques, plus rarement de la bronchite chronique. Mais concernant la fonction respiratoire des soudeurs, les résultats des différentes études sont discordants.

Lien avec l'apparition d'une bronchite chronique : selon Näslund et Högstedt. Confirmé par l'étude Özdemir et al. Sobaszek et al., dans une étude cas témoin portant sur des soudeurs procédés MIG et TIG, a mis en évidence une prévalence plus élevée des signes d'irritation bronchique (toux, expectoration) et une diminution de la fonction ventilatoire de base au-delà de 25 ans d'exposition aux fumées de soudage inox. [3]

### ■ Autres pathologies respiratoires liées à l'exposition chronique aux fumées de soudage

Des cas de **pneumopathie interstitielle fibrosante** (*hard metal interstitial pulmonary disease*) ont été décrits chez des soudeurs.

Le risque de **mortalité par pneumonie** serait accru par une augmentation réversible de la susceptibilité aux infections. L'exposition à l'ozone et aux oxydes d'azote pourrait être impliquée (Coggon et al.) [3]

<i>Principaux effets sur la santé de certains composants</i>	<i>des flux de brasage</i>
<b>COLOPHANE</b> <i>Respiratoire : asthme</i> <i>Cutané : eczéma, dermatite de contact allergique, urticaire de contact (rare)</i>	VME : 0,1 mg/m <sup>3</sup> (exprimé en formol)
<b>FLUORURES</b> <i>Irritations graves des muqueuses, système respiratoire, peau. (pas d'atteintes osseuses chez les braseurs)</i>	VME : 2,5 mg/m <sup>3</sup> en F
<b>CHLORURES</b> <i>Irritations muqueuses, dermatite, système respiratoire</i>	VLE : 7,5 mg/m <sup>3</sup>
<b>ISOPROPANOL</b> <i>Dermites irritatives, eczéma, syndrome ébrieux</i>	VLE : 980 mg/m <sup>3</sup>
<b>AMINOETHYLETHANOLAMINE</b> <i>Dermites irritatives et eczémas allergiques</i>	
<b>HYDRAZINE, cancérigène catégorie 2</b> <i>Dermites irritatives et eczémas allergiques</i>	VME : 0,1 mg/m <sup>3</sup>

Tableau tiré de : « Le brasage tendre » fiche pratique de sécurité ED 122, INRS [12]

## **Effets cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction**

- Les fumées de soudage sont répertoriées groupe 2B, cancérogène possible, dans la classification du CIRC. Elles contiennent des poussières de chrome hexa valent, de nickel, de béryllium, et de thorium. [3]
- Un excès de cancers broncho pulmonaires primitifs a été mis en évidence (de l'ordre de 30 à 50%) dans plusieurs études épidémiologiques, cas témoins ou de cohorte, portant sur la prévalence ou la mortalité par cancer bronchopulmonaire. Le rôle du chrome hexa valent, du nickel et de l'asbeste a été évoqué.
- Cet excès de cancer broncho pulmonaire n'a pas été confirmé dans toutes les études.
- Deux facteurs de confusion ont été fréquemment évoqués pour expliquer cet excès de cancer du poumon : le tabagisme (dont la prévalence est significativement plus élevée chez les soudeurs) et l'amiante (notamment chez les soudeurs dans l'industrie navale.
- La mutagénicité des fumées de soudage sur acier inoxydable, (test d'Ames, Hedenstedt et al.; Maxild et al.) ainsi qu'un excès d'aberrations chromosomiques a été décelé (Elias et al. ; Knudsen et al.)
- Une altération de la spermatogénèse est retrouvée dans certaines études (Mortensen).

## **Autres pathologies**

- **La fièvre des métaux** est assez rare chez les soudeurs. L'exposition aux fumées d'oxyde de zinc (métal galvanisé) entraîne un syndrome similaire à celui de la fièvre des fondeurs de laiton. [1] Les symptômes apparaissent dans les heures suivant l'exposition. Une fièvre à 39-40°C, des frissons, des myalgies, une irritation des voies aériennes supérieures, une toux, une oppression thoracique sont fréquemment décrits. L'auscultation pulmonaire, la radiologie et les épreuves fonctionnelles sont généralement normales. L'évolution est favorable sous 24 à 48 heures. Un phénomène de tolérance est décrit, avec atténuation des manifestations lors d'une exposition régulière. Mais les symptômes peuvent réapparaître lors d'une nouvelle exposition, « fièvre du lundi », après une interruption de l'exposition durant le week-end.
- Le risque de **saturnisme** lors du soudage « étain-plomb » est très discuté. Un certain nombre de d'études ne trouvent en effet pas d'augmentation significative de la plombémie chez les soudeurs. Cependant, d'autres études décrivent des cas de saturnisme subaigu avec coliques de plomb lors d'intervention sur des ouvrages d'art métalliques protégés par du minium de plomb.

## **Risques liés à l'exposition aux fumées de soudage en fonction des poussières de métaux : [3] [16] [17]**

☞ **Aluminium** : emphysème, fibrose pulmonaire

☞ **Cobalt, Zinc, Béryllium** : fibrose pulmonaire

En raison de ses propriétés thermo-mécaniques, le cobalt est très employé pour la fabrication de superalliages dont il améliore la résistance mécanique, la résistance à l'usure et à la corrosion. Les outils de coupe et d'usinage sont constitués d'alliages frittés de carbure de tungstène et de cobalt. Diverses manifestations respiratoires ont été mises en évidence : syndrome irritatif, rhinite, conjonctivite, toux irritative et asthme. Pneumopathie d'hypersensibilité pouvant évoluer vers la fibrose interstitielle diffuse. Une élévation du risque de cancer broncho-pulmonaire a été mise en évidence. En rapport avec une exposition conjointe cobalt et carbure de tungstène.

☞ **Béryllium** : Conjonctivites, dermites, pneumopathie, fibrose pulmonaire.

Le béryllium ou glucinium est un métal gris-argenté, d'aspect brillant, plus léger que l'aluminium et plus résistant que l'acier. Il est également non magnétique, résistant à la corrosion et bon conducteur thermique. Du fait de ces propriétés il est présent dans de nombreux secteurs industriels. Le secteur de la métallurgie et de la fabrication d'alliages est le plus gros consommateur de béryllium. Les principaux effets toxiques du béryllium sont des atteintes pulmonaires et des lésions hépatiques et rénales. L'atteinte pulmonaire se caractérise par une pneumopathie chronique retardée, la béryllose, (diagnostic différentiel avec la sarcoïdose) Elle est accompagnée parfois de manifestations cutanées de type dermite allergique. L'installation se fait dans un contexte d'altération de l'état général et ne survient que chez des personnes présentant une susceptibilité génétique. Un excès de cancer pulmonaire a été retrouvé chez les patients atteints de béryllose chronique. Le béryllium est classé cancérigène avéré, catégorie 1.

☞ **Fer** : sidérose **Silice** : silicose

☞ **Nitrites** : sidérose, néoplasme des bronches et fosses nasales

☞ **Cadmium** : fièvre des fondeurs, asthme, atteinte rénale, troubles gastro intestinaux. néoplasme bronches et fosses nasales.

☞ **Cuivre, Zinc** : fièvre des fondeurs

☞ **Nickel** : fièvre des fondeurs, pneumopathie, dermite eczématiforme

☞ **Chrome** : ulcération de la cloison nasale ; pigeonneaux des doigts ; dermite de contact -asthme ; BPCO - emphysème; néoplasme bronches et fosses nasales ; sidérose.

☞ **Aldéhydes** : irritations VRS

☞ **Colophane** : asthme

☞ **CO, CO<sub>2</sub>** : irritation VRS, SNC, myocarde

☞ **NO, Oxydes de fer, Ozone, Phosgène** : irritation des VRS

☞ **Cyanures** : anoxie

- ☞ **Manganèse** : SNC, pneumopathie
- ☞ **Métaux durs** : broncho-pneumopathie, asthme
- ☞ **Plomb** : saturnisme, encéphalopathie, lésions rénales.
- ☞ **Sulfure d'hydrogène** : kératoconjonctivite, bronchite
- ☞ **Trichloréthane** : effets narcotiques et hépatotoxiques.
- ☞ **Thorium** : risque potentiel de contamination externe et interne ; métal faiblement radioactif émetteur alpha et gamma ; exposition lors de l'affûtage des baguettes en tungstène thorié utilisées pour le soudage, selon le procédé TIG, des aciers inox et de l'aluminium.

#### *Principaux effets sur la santé des métaux et de leurs oxydes*

##### **PLOMB**

*Saturnisme ; atteintes hématologiques, rénales, digestives, neurologiques, troubles de la reproduction, reprotox catégorie 1 ; VME : 0,1 mg/m<sup>3</sup>*

##### **ETAIN**

*Faible toxicité, symptômes irritatifs locaux : conjonctivite, rhinite, dyspnée. Pneumopathie de surcharge : stannose ; dermites de contact*

##### **ARGENT**

*Oxyde est irritant cutané, oculaire et respiratoire, VME : 0,1 mg/m<sup>3</sup> inhalation chronique : argyrie (coloration bleu ardoise des muqueuses)*

##### **CUIVRE**

*Fumées d'oxyde de cuivre : irritation des VRS, nausées, fièvre des fondeurs Dermite de contact rares, VME : 0,2 mg/m<sup>3</sup>, fumées et 1 mg/m<sup>3</sup>, poussières*

##### **CADMIUM**

*Atteinte pulmonaire : aigue, OAP sévère possible, cancer (oxyde de Cd K cat 2)*

*Insuffisance rénale VME : 0,05 mg/m<sup>3</sup>*

##### **ANTIMOINE**

*Pneumoconiose de surcharge : stiboise ; Trioxydes : K cat 3 ; VME : 0,5 mg/m<sup>3</sup>*

*Oxydes : irritants cutané, oculaire, VRS, bronchite chronique*

##### **INDIUM**

*Pour certains composés: toxicité hépatique, rénale, pulmonaire*

##### **ZINC**

*Fumées d'oxyde de zinc : irritation VRS, digestives et fièvre des métaux*

*Poussières de zinc : peu d'effet aigu ou chronique*

Tableau tiré de : « Le brasage tendre » fiche pratique de sécurité ED 122, INRS [12]

## RISQUES PHYSIQUES

### ➔ **Rayonnements :**

☉ **UV**, particulièrement important dans le procédé TIG. Ces rayonnements induisent un risque d'érythème et de brûlures cutanées plus ou moins sévères. Ainsi que des risques oculaires : kérato-conjonctivite, risque de « coup d'arc ». Celui-ci se traduit, après une période de latence, par un larmolement, une sensation de brûlure oculaire, une photophobie et un blépharospasme. Le ptérygion serait plus fréquent chez les soudeurs.

☉ **IR** émis par le métal en fusion, risque de cataracte et de brûlure rétinienne

☉ **Visible, lumière bleue** [24]

➔ **Bruit** : Cette nuisance fréquente en milieu professionnel [7] peut trouver son origine dans le procédé de soudage lui-même, mais est le plus souvent en lien avec des activités de préparation (meulage, découpe) et/ou au bruit des générateurs de l'arc électrique ou de la ventilation. (confère chapitre métrologie)

➔ **Températures élevées** : le stress thermique et le rayonnement infrarouge qui peuvent survenir doivent être pris en compte en tant que contrainte physiologique significative. [5]

➔ **Vibrations** : outils pneumatiques à main pouvant être utilisés lors des activités de préparation au soudage

## RISQUES SENSORIELS ☉ ☉

➔ Bruit de l'aspiration, de l'environnement de l'atelier, lors des travaux de préparation ou de finition, ou soudage à l'arc sur aluminium

➔ Eblouissement et fatigue visuelle de la lumière bleue [24]

## RISQUES BIOMECANIQUES †

- ➔ Manutention de charges lourdes
- ➔ Postures contraignantes
- ➔ Gestes répétitifs

## CHARGE MENTALE

- ➔ Travail de précision
- ➔ Travail sous contrainte de temps

## RISQUES ORGANISATIONNELS

- ➔ Travail posté
- ➔ Déplacements pour les soudeurs très spécialisés, notamment les soudeurs au chalumeau.

## AUTRES RISQUES [24] [5]

### ➔ **Risques électriques**

- ⚡ Liés aux pièces nues sous tension (pièces à souder, électrodes, raccords, câbles, pince porte-électrode)
- ⚡ Liés aux tensions mises en jeu : tension à vide des générateurs
- ⚡ Liés à l'environnement conducteur ou très conducteur : pièces métalliques, enceintes conductrices, milieu humide sueur.

➔ **Risques d'incendie et d'explosion** : l'utilisation de flammes, de gaz sous pression, de courant électrique produisant des arcs, des étincelles, des projections de métal en fusion et de laitier, représente autant de risques d'incendie ou d'explosion.

➔ **Radiations ionisantes** : les électrodes en tungstène thorié sont utilisées dans le procédé de soudage TIG. Il ne semble pas qu'il existe un risque sérieux d'exposition pour les soudeurs, actuellement le cérium vient substituer le thorium. En revanche des accidents d'irradiation ont été décrits avec les sources utilisées pour les radiographies de contrôle des soudures, avec exposition aux rayonnements X et Gamma, du fait de la proximité des soudeurs lors des vérifications par les organismes agréés.

➔ **Champs électromagnétiques** : bien que les risques à long terme des champs électromagnétiques de basses fréquences ne soient pas encore clairement établis, il convient d'appliquer le principe de précaution, en particulier pour les porteurs d'implants actifs (stimulateurs cardiaques ou défibrillateurs implantables).

## RISQUES POUR L'ENVIRONNEMENT

- **Pollutions :**
  - ☞ Pollution chimique par les métaux des eaux et du sol
  - ☞ Pollution atmosphérique par les vapeurs et les poussières métalliques
- **Accidents, incendie, explosion :** ☞  
Inflammation de gaz, de poussières ou de solides au contact de points chauds

# RISQUES SPECIFIQUES DU SOUDAGE AU CHALUMEAU

## RISQUES CHIMIQUES

### ☀ **Les risques dus aux fumées, intoxication/irritation :**

- ➡ l'action de la flamme sur les pièces à souder et sur les flux de brasage, provoque des fumées incommodantes, insalubres, irritantes ou toxiques.
- ➡ Ces fumées, gaz et poussières, proviennent à la fois de métal de base, du métal d'apport, de la décomposition des flux de brasage, des traitements de surface des pièces (dégraissant, peintures, enduits...) des gaz utilisés
- ➡ L'inhalation répétée de ces fumées peut se traduire par des troubles plus ou moins graves :
  - Irritation de la peau et des yeux (émission de dérivés halogènes chlorés ou fluorés) de gravité variable : de type aigu
  - Atteinte de la fonction respiratoire : de type aigu par inhalation de dérivés irritants (solvants chlorés, cadmium) de type chronique (bronchite chronique, sidérose) et fièvre des soudeurs (ou fièvre des métaux qui est bénigne)
  - Autres manifestations organiques : atteintes neurologiques, hépatiques et rénales, liées aux expositions de poussières de métaux
  - Une augmentation du risque de cancer pulmonaire en rapport avec l'inhalation de substances cancérogènes (comme l'oxyde de cadmium) [3]

### ☀ **Les risques dus aux gaz :** [11]

- ➡ On utilise principalement une flamme d'hydrogène et d'oxygène ou de l'oxyacétylène.
- ➡ **Oxygène** : un % d'O<sub>2</sub> dans l'air ambiant supérieur à 25% augmente les risques **d'incendie**.
- ➡ **Acétylène** : présente des risques d'**explosion** même sans apport d'air ou d'oxygène. C'est un gaz très inflammable et instable sous pression. Comprimé il peut se décomposer (explosion) sous le seul effet de la pression, d'un choc, d'une élévation de température ou au contact de certains alliages. Son stockage et sa distribution sont, pour cette raison soumis à des précautions et à une réglementation particulières. (Pression maximale d'utilisation à 1,5 bar, pour l'acétylène en phase gazeuse)

- L'acétylène peut être contaminé par de l'hydrogène phosphoré. Gaz incolore plus lourd que l'air et très toxique.
- Exposition aiguë : atteinte système nerveux et respiratoire.
- Exposition subaiguë : lésions hépatiques, rénales, myocardiques, ainsi que des voies respiratoires et du système nerveux central.
  - Les risques dus à la **combustion des gaz**.
- Production de **monoxyde de carbone**
- Décomposition de l'air sous l'effet de la chaleur, avec production **d'oxydes d'azote** (irritant oculaire et respiratoire avec risque de manifestations de type œdème pulmonaire ou emphysème)

### ☀ **Brasage tendre à l'aide du mélange plomb-étain**

- Les fumées de brasage tendre contiennent peu de métaux car les températures atteintes (hormis le chalumeau à gaz) sont situées entre 180°C et 250°C.
- Le plomb commence à se volatiliser vers 550°C et l'étain, l'argent, le cuivre bien au-delà.
- La température de fusion est insuffisante pour libérer des quantités importantes de vapeurs de plomb
- mais l'exposition à de fines poussières d'oxyde de plomb est possible surtout lors de la phase de polissage de la soudure.
- Les opérations de grattage ou de limage des soudures peuvent provoquer l'inhalation de poussières métalliques ainsi que la contamination des mains.
- Le risque d'intoxication au plomb est extrêmement faible lors du brasage manuel au fer à souder et l'utilisation d'un alliage 40% plomb- 60% étain.
- A températures plus élevées, pour le soudobrasage et le soudage, les fumées peuvent alors contenir des métaux (confère tableau **PAGE** )

### RISQUES PHYSIQUES

- ☀ Les projections de métal incandescent à l'origine de graves lésions oculaires et des **brûlures** : si l'on surchauffe le bain de fusion ou si la buse entre en contact avec le métal en fusion, d'où le port de vêtements en coton ignifugé, couvrants.
- ☀ Les risques dus à la **flamme et aux rayonnements, UV, IR** :
  - La flamme peut causer des brûlures cutanées, allant de l'érythème jusqu'à des brûlures au 3<sup>ème</sup> degré.
  - Le rayonnement UV est peu important, des lunettes avec protection 4 à 7 suffisent.

- Néanmoins ils peuvent provoquer une lésion de la cornée ou de la conjonctive de l'œil qui se manifeste par une sensibilité des yeux à la lumière et une sensation de paupières en « papier de verre »
- Par contre les IR et la chaleur peuvent provoquer des conjonctivites et des lésions oculaires chroniques :
  - sclérite diffuse des soudeurs au chalumeau
  - plus rarement, la cataracte des soudeurs oxy-acétyléniques

☀ **Risque électrique** : lié à l'utilisation de fer à souder électrique défectueux ou le brasage de pièces sous tension.

☀ Blessures dues à la **manutention** : essentiellement des coupures

☀ **Incendie** : risque amplifié en présence de matériaux ou de substances inflammables ou explosives.

# RISQUES SPECIFIQUES DU SOUDAGE A L'ARC ELECTRIQUE

## RISQUES CHIMIQUES

### Fumées de soudage

- Ⓢ Fumées de soudage : du fait des hautes températures atteintes au point de fusion, les différents procédés de soudage à l'arc ont en commun l'inconvénient d'émettre des fumées. (Leur importance et leur composition dépendent, notamment, des conditions de travail) [13]
- Ⓢ C'est sans conteste le soudage à l'arc électrique et électrode enrobée ou soudage à l'arc manuel, qui dégage le plus de fumées. Avec les électrodes enrobées acides, alcalines ou contenant du rutile. 30-90% de la fumée totale sont constitués de chrome hexavalent. Des fluorures sont présents avec des enrobages alcalins. Et le nickel en forte proportion avec des enrobages riches en métal.
- Ⓢ Les éléments principaux trouvés dans les fumées : fer, cuivre, silicium, chrome, manganèse, fluor, potassium et calcium.
  - Les électrodes utilisées peuvent ne pas être consommées au cours de l'opération (électrode en graphite ou en tungstène) mais le plus souvent elles fournissent le métal principal de jonction des deux pièces métalliques et contiennent, en plus de l'acier, différentes substances (manganèse, fer, titane, asbeste, mica, talc, alumine, silice...)
  - Ces substances se trouvent habituellement dans le flux ou dans l'enrobage recouvrant l'électrode.
  - Selon le métal de base on peut trouver du titane, du zinc ou de l'étain.
  - Le dioxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ) se trouve dans la fumée sous forme amorphe, non cristalline et ne revêt donc pas le caractère toxique du quartz.

### Gaz

- Ⓢ Gaz produits au cours du soudage à l'arc : le  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  et  $\text{O}_3$ 
  - $\text{NO}_2$  et  $\text{O}_3$  résultent de l'action des rayons UV sur l' $\text{O}_2$  et le  $\text{N}_2$  atmosphériques.
  - A l'exception du  $\text{NO}_2$ , la concentration de ces gaz n'est généralement pas suffisante pour entraîner des manifestations toxiques chez les sujets sans antécédents pulmonaires (asthmatiques).

⊗ Anoxie, asphyxie : par appauvrissement en oxygène de l'air dans le local. Dans les procédés de soudage sous protection gazeuse, le gaz émis par la torche et celui apporté éventuellement en complément, pour la protection de la soudure, peuvent dans certains cas (récipient en creux, gros débit de gaz...) déplacer suffisamment l'air pour en altérer la qualité par diminution de la teneur en oxygène de l'environnement du poste de travail. En dessous de 18% d'oxygène, des malaises peuvent survenir, entraînant rapidement l'asphyxie.

**Indication du niveau de risque de l'opération de soudage en fonction du métal d'apport (fil, électrode, enrobage) ; INRS, ED 668 [14]**

<b>Classification NF A 81-040</b>		<b>Niveau de risque Sans revêtement </b>
Fil pour MIG/ MAG Et électrode enrobée	A1	très élevé
	A2	très élevé
	A3	très élevé
	A4	élevé
Fil pour MIG/ MAG Et électrode enrobée	B1	élevé
	B2	moyen
	B3	moyen
	B4	moyen
<b>Baguette pour TIG</b>		<b>peu élevé</b>



**Avec revêtement (huile, graisses, solvants, peinture, zinc, plomb...)  
il peut y avoir augmentation importante du risque**

## RISQUES PHYSIQUES

- ⊗ Le risque de « coup d'arc », lié à l'intensité du rayonnement (visible, UV et IR) produit par l'arc électrique :
    - kérato-conjonctivites, érythèmes : UV
    - lésions rétinienne : effets photochimiques de la lumière bleue
    - cataractes, brûlures du visage, de l'œil et de la rétine : rayonnement visible et IR
  - ⊗ Electrification, électrocution : par contact direct ou indirect. Le risque est faible sauf en cas de travail en environnement humide.
  - ⊗ Brûlures
  - ⊗ Incendie, explosion
  - ⊗ Interférences radioélectriques
- Perturbations dues aux appareils de soudage sur des implants actifs et des commandes de machines et appareils de levage voisins
- ⊗ Les projections de laitier lors du soudage ou du piquage
  - ⊗ Le bruit est généralement faible, sauf pour les procédés semi automatiques et le soudage sur aluminium.

## RISQUES SPECIFIQUES DU SOUDAGE SOUS COUVERT DE GAZ (ARGON, HELIUM) TUNGSTEN INERT GAS SHIELDED METAL ARC : TIG

Procédé de soudage qui met en oeuvre un courant de très grande densité. [5]

### RISQUES PHYSIQUES

- ⊗ Emission intense de radiations UV

### RISQUES CHIMIQUES

#### **GAZ**

- ⊗ Production d'**ozone** et de **NO<sub>2</sub>**
- ⊗ Production de **CO** si emploi de CO<sub>2</sub> comme gaz protecteur
- ⊗ Décomposition et formation de divers contaminants, dont le **phosgène** :

☛ Si du trichloréthylène ou d'autres solvants chlorés, comme le perchloréthylène et le méthylchloroforme (utilisés pour le dégraissage de pièces) contaminent l'atmosphère, alors la température de l'arc peut engendrer la formation de phosgène (COCl<sub>2</sub>), d'HCl, de Cl<sub>2</sub> et d'autres produits chlorés comme le chlorure de dichloroacétyle.

☛ Le CCl<sub>4</sub> engendre de plus forte concentration de phosgène que les autres solvants chlorés, mais dans la plupart des pays, la législation interdit l'emploi de ce solvant.

☛ Le risque de production de phosgène en présence de solvants chlorés est plus important dans le soudage de l'aluminium. En raison de l'intensité du rayonnement UV.

#### **Poussières**

- ⊗ Production de fumées métalliques, à l'identique du procédé à l'arc électrique
- ⊗ L'utilisation d'électrodes thorium-tungstène dans des espaces confinés, non ou mal ventilés, peut donner lieu à des expositions à des fumées radioactives.

*A noter que dans le soudage à l'arc électrique et électrode enrobée, ainsi que dans le soudage semi type MIG et MAG, les risques sont majorés, par rapport au procédé TIG.*

*L'émission de fumées et de poussières (surtout oxyde de fer), les projections sont plus importantes. De même que le risque rayonnement.*

*Il est intéressant de souligner que les procédés les plus utilisés  
Sont les procédés de soudage les plus exposants.*