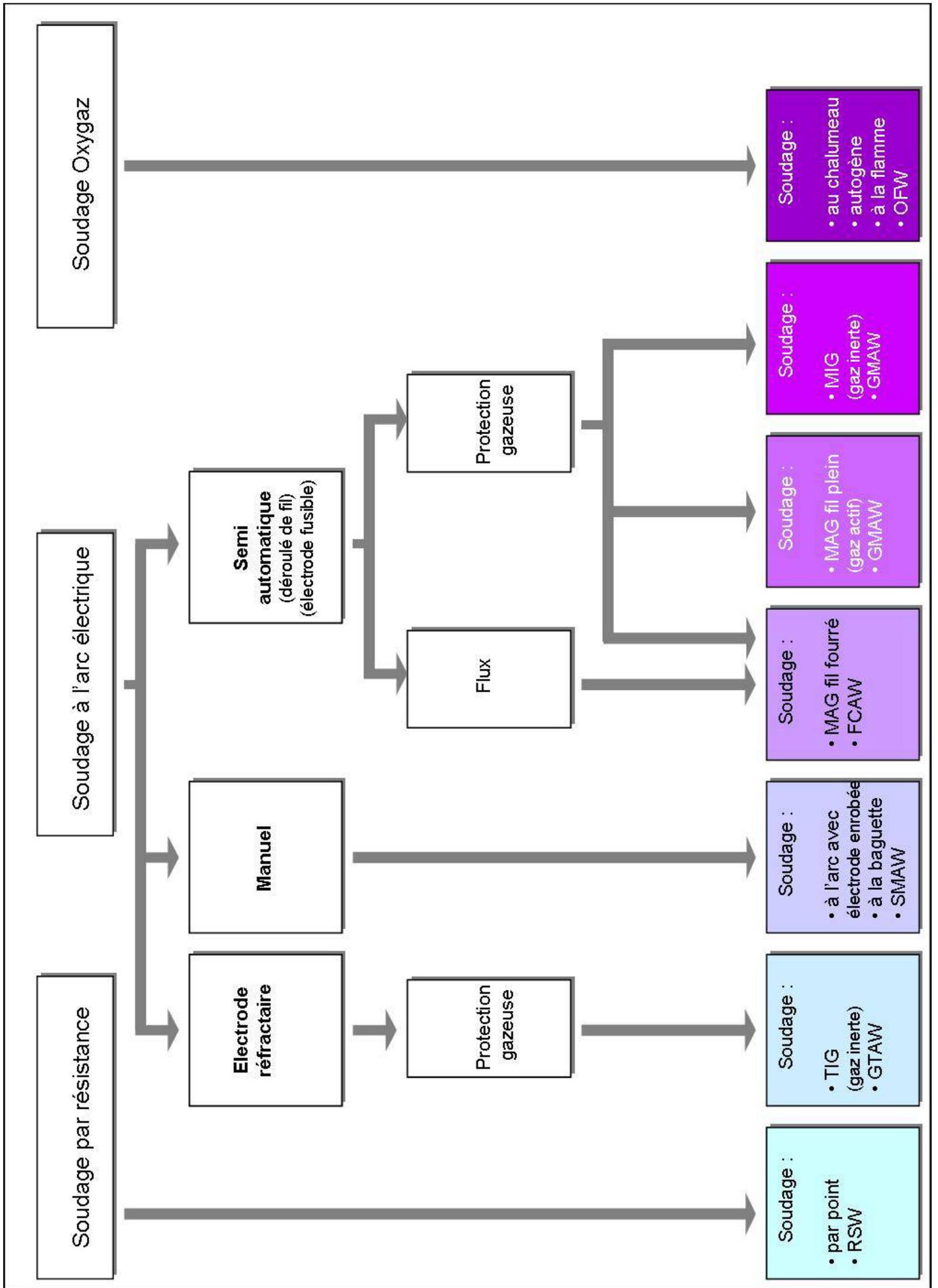


Document réalisé par le groupe Toxicologie d'Anncy Santé au Travail

**Actualisé en 2009 (partie médicale)
en collaboration avec l'AGEMETRA et AST Grand Lyon**



SOUDEGE OXYGAZ

Soudage au chalumeau
Soudage autogène
Soudage à la flamme
Soudage OFW
Soudage oxyacétylénique

1. CLASSIFICATION

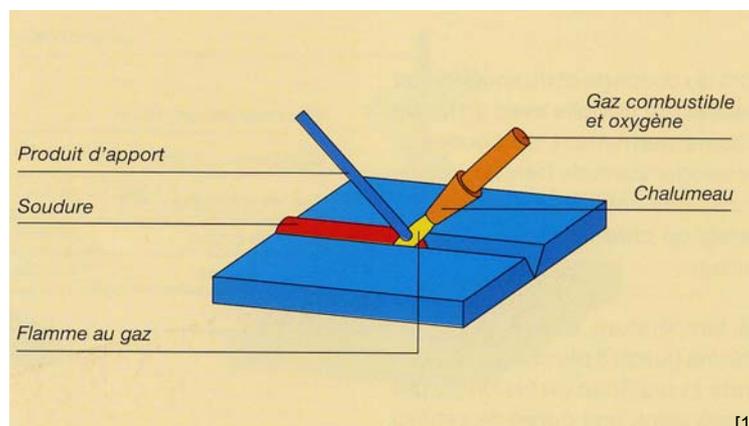
⇒ Soudage oxygaz

2. DEFINITION

Dans ce procédé, le soudage utilise la chaleur de combustion d'un gaz combustible (principalement acétylène ou propane) mélangé dans certaines proportions à un gaz comburant (O_2).

Le poste de soudage à la flamme comporte des bouteilles de gaz, des détendeurs, des tuyaux flexibles, chalumeau et l'électrode d'appoint introduite à la main.

3. SCHEMA



4. RISQUES PRINCIPAUX

Les 3 principaux risques sont :

⇒ Risque explosion :

- Mélange gazeux avec O₂
- Graisse + O₂

⇒ Brûlures et chaleur :

- Erythème par chaleur (flamme : 3500 °C)
- La chaleur augmente le coût cardiaque
- Brûlure oculaire et cutanée par projection

⇒ Danger des gaz :

- Gaz d'apport :
 - O₂
 - Acétylène
 - Propane
 - Butane
 - Hydrogène
- Gaz produit :
 - CO, CO₂ si mauvais réglage

Les autres risques sont :

⇒ Fumées :

- Provenant du métal d'apport et/ou des problèmes de revêtement

⇒ Rayonnement :

- Peu d'UV et d'IR

⇒ Sur oxygénation

5. GENERALITES

- Type d'utilisation :
 - travaux de réparation ou pour souder de la tôle légère
- Métaux soudés possibles :
 - surtout acier, fer et alliage (épaisseur inférieure ou égale à 6 mm)
 - pas de possibilité de soudure pour cuivre et aluminium
- Type de gaz de protection : aucun
- Type d'électrodes possibles : aucun
- Courant : aucun

SOUDEGE MIG (gaz inerte)

Soudage GMAW

1. CLASSIFICATION

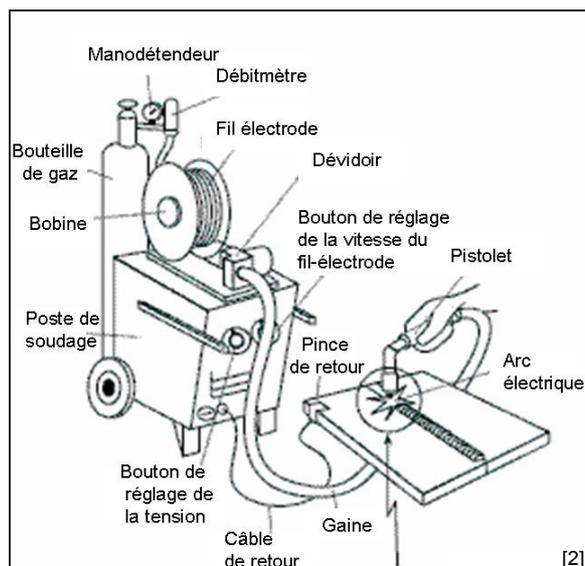
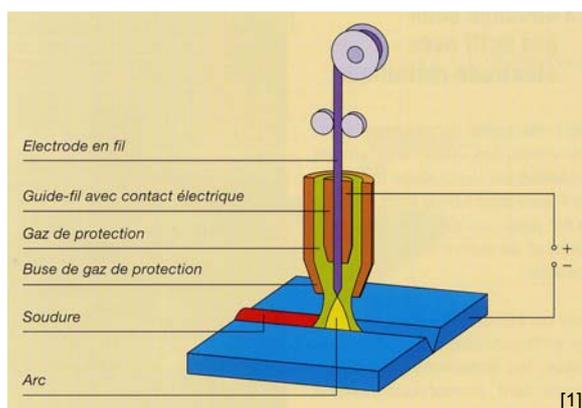
- ⇒ Soudage à l'arc électrique
 - Soudage semi automatique (déroulé de fil)
 - Protection gazeuse
 - Gaz inerte

2. DEFINITION

Le soudage à l'arc sous protection gazeuse avec fil plein est appelé également soudage en atmosphère inerte avec fil-électrode fusible (procédé MIG). Dans ce procédé, la tête de soudage d'un pistolet à souder déroule à vitesse constante un fil plein. La protection est assurée par un gaz inerte, habituellement de l'argon (également de l'hélium ou encore un mélange de ces deux gaz avec du CO₂). Ce type de soudage n'entraîne pas de formation de laitier.

Ce type de soudage est utilisé surtout pour les travaux de soudage de l'acier doux mais aussi pour le soudage de pièces en cuivre, de nickel, d'acier inoxydable, de magnésium et d'aluminium.

3. SCHEMA



4. RISQUES PRINCIPAUX

Les 3 risques principaux sont :

⇒ Fumées et gaz :

- Soudage MIG sur **acier inox** :
 - Dégagement de fumées ++
 - Chrome total (Chrome III, peu de chrome VI)
 - Nickel
 - Manganèse
 - Fer
 - Dégagement d'ozone +
- Soudage MIG sur **aluminium à teneur en silice ou aluminium pur** :
 - Dégagement de gaz ++
 - Ozone
 - NO (légèrement)
 - Dégagement de fumées +
 - Aluminium
 - Pas de chrome ou de nickel
- Soudage MIG sur **aluminium contenant du magnésium** :
 - Dégagement de fumée +++
 - Dégagement d'ozone +

⇒ Risque lié au type d'électrode :

- Electrode en **fil fortement allié** :
 - Dégagement de fumées ++
 - Chrome (peu de chrome VI)
 - Nickel selon la teneur de l'électrode

Remarque : D'autres produits (gaz ou poussières) peuvent être libérés selon les produits de revêtement utilisés : aldéhyde (graisse), acide cyanhydrique (revêtement époxy), acide chlorhydrique, HAP, phosgène (solvant chloré)....

⇒ Rayonnements UV et IR : essentiellement pour soudage MIG sur aluminium

Les autres risques sont :

⇒ Asphyxie en milieu confiné / Projection / Brûlure / Explosion / Electrocutation

5. GENERALITES

- Type d'utilisation : soudure de tous types de métaux, ferreux et non ferreux
- Type de gaz de protection : Hélium / Argon / mélange Argon Hélium
- Type d'électrodes : le fil est un fil en acier gainé de cuivre et de silicium le plus souvent
- Courant : continu

SOUDAGE MAG FIL PLEIN (gaz actif)

Soudage GMAW

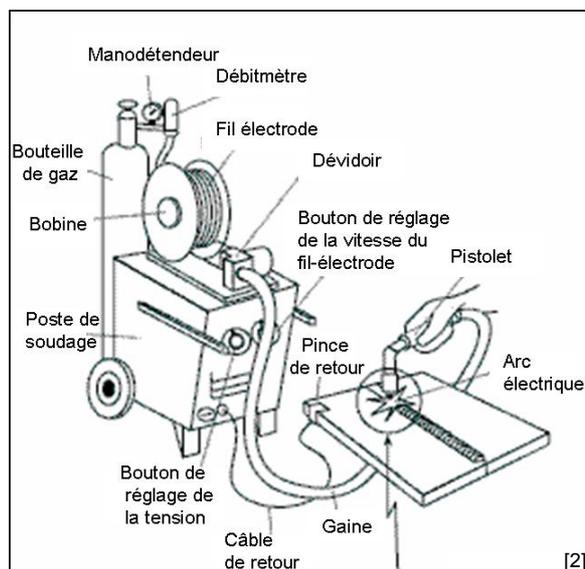
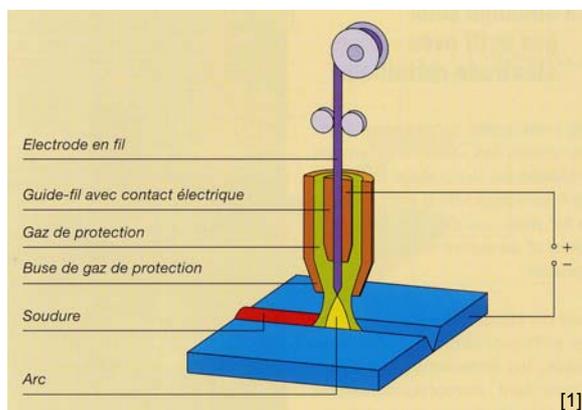
1. CLASSIFICATION

- ⇒ Soudage à l'arc électrique
 - Soudage semi automatique (déroulé de fil)
 - Protection gazeuse
 - Gaz actif

2. DEFINITION

Le soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec électrode fusible (MAG GMAW) est réalisé à partir d'un arc électrique créé et entretenu entre le fil d'apport à dévidage continu et la pièce à souder. L'énergie calorifique de l'arc fait fondre localement la pièce à assembler et le fil métallique pour constituer le bain de fusion, puis le cordon de soudure. Le bain de fusion est protégé de l'atmosphère externe via un gaz de protection actif (CO_2 , Argon, CO_2/Argon). Un générateur électrique fournit le courant exclusivement continu.

3. SCHEMA



4. RISQUES PRINCIPAUX

Les 2 principaux risques sont :

⇒ **Rayonnement** : UV et IR +++

⇒ **Fumées** :

- Gaz +
 - CO principalement (milieu confiné)
 - Phosgène (métaux dégraissés aux solvants chlorés)
- Poussières +++
 - Oxyde de fer ++
 - Oxyde de nickel ++
 - Nickel ++ sur MAG fil plein acier inox
 - Cr_{total} ++ (Cr VI faible) sur MAG sur acier fortement allié
 - Manganèse +

Les autres risques sont :

⇒ **Brûlure**

⇒ **Projection** (corps étrangers dans les yeux : métal en fusion)

⇒ **Bruit** (lors du soudage selon les paramètres de réglage, lors du meulage)

5. GENERALITES

- Type d'utilisation : travaux d'assemblage mécanique (charpente) ou de maintenance générale
- Type de métaux : métaux ferreux et non ferreux
- Type de gaz de protection :
 - CO₂
 - Argon
 - Argon /CO₂
- Courant : continu

SOUDAGE MAG FIL FOURRE

Soudage FCAW

1. CLASSIFICATION

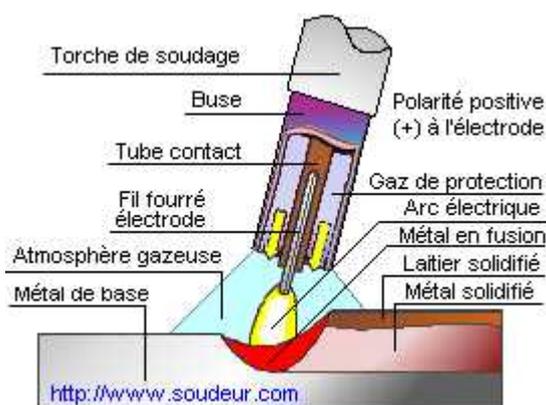
- ⇒ Soudage à l'arc électrique
 - Soudage semi automatique (déroulé de fil)
 - Flux

2. DEFINITION

Le soudage à l'arc avec fil fourré de flux (MAG fil fourré) est appelé également soudage FCAW. Dans ce procédé, la tête de soudage d'un pistolet à souder déroule à vitesse constante un fil constitué d'un tube en métal fourré de flux. Le flux aide à amorcer l'arc, forme un laitier et comprend des adjuvants destinés à renforcer la soudure. Le gaz de protection (CO_2 , mélange Argon – CO_2) dépend du fil fourré utilisé (possibilité d'une autoprotection par dégagement du gaz protecteur suite à la décomposition du flux)

Ce type de soudage est utilisé surtout pour les travaux d'assemblage mécanique (charpente) ou de maintenance générale. Ce procédé est principalement utilisé pour les aciers au carbone et aciers inoxydables.

3. SCHEMA



4. RISQUES PRINCIPAUX

Les 2 principaux risques sont :

⇒ **Rayonnement** : UV et IR +++

⇒ **Fumées** :

- Gaz +
 - CO principalement (milieu confiné)
 - Phosgène (métaux dégraissés aux solvants chlorés)
- Poussières +++
 - Oxyde de fer ++
 - Oxyde de nickel ++
 - Nickel ++ sur MAG fil plein acier inox
 - Cr_{total} ++ (Cr VI faible) sur MAG sur acier fortement allié

Les autres risques sont :

⇒ **Brûlure**

⇒ **Projection** (corps étrangers dans les yeux : métal en fusion)

⇒ **Bruit** (lors du soudage selon les paramètres de réglage, lors du meulage)

5. GENERALITES

- Type d'utilisation : travaux d'assemblage mécanique (charpente) ou de maintenance générale
- Métaux soudés possibles : aciers doux non ou faiblement alliés
- Type de gaz de protection :
 - CO₂
 - Argon /CO₂
 - Absence de gaz (si autoprotection)
- Type d'électrodes possibles :
 - Fil fourré basique : Fe Mn Ca F
 - Fil fourré rutile : Fe Mn F
 - Fil fourré avec autoprotection : Fe F Ba

SOUDAGE A L'ARC AVEC ELECTRODE ENROBEE

Soudage à la baguette
Soudage SMAW
Soudage MMA

OXYGAZ

MIG

MAG fil plein

MAG fil fourré

BAGUETTE

TIG

RESISTANCE

1. CLASSIFICATION

- ⇒ Soudage à l'arc électrique
- Soudage manuel

2. DEFINITION

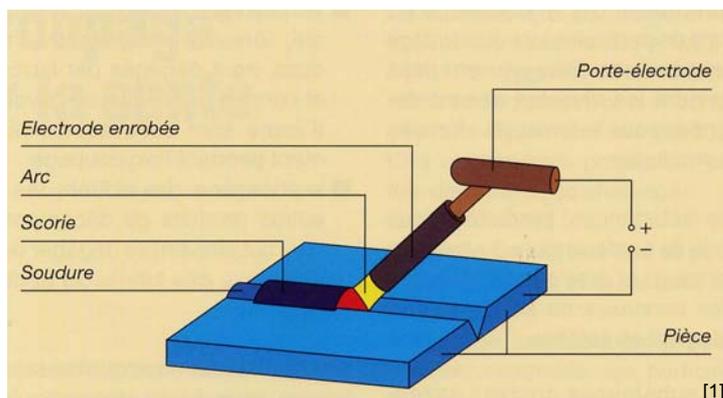
Le soudage à l'arc avec électrode enrobée est le procédé de soudage le plus couramment employé pour les travaux d'entretien et de réparation. Dans ce procédé, on fait jaillir un arc électrique entre le bout de l'électrode et le métal à souder. L'électrode est constituée d'une âme métallique, recouverte de flux ou d'un revêtement (enrobage). L'électrode fond au fur et à mesure de l'opération de soudage.

Le flux protège de l'air ambiant les ions métalliques de l'arc et assure ainsi la stabilité de l'arc. A mesure que le flux fond, il dégage des fumées et dépose un laitier protecteur sur le métal en fusion.

Ce type de soudage est utilisé pour les travaux d'entretien et de réparation effectués sur l'acier doux, l'acier inoxydable, l'aluminium et les métaux non ferreux. Dans les ateliers de soudage, ce type de soudage est peu utilisé.

Le soudage à l'arc avec électrode enrobée tend à être remplacé par le soudage MIG MAG.

3. SCHEMA



4. RISQUES PRINCIPAUX

Les 3 risques principaux sont

⇒ Fumées :

- Dégagement de poussières de métaux ++
 - Chrome VI +++ si acier inox
 - Chrome III +
 - Mn +++ si acier doux
 - Ni ++ si acier inox
 - Fe +
 - Silice possible

Globalement :

- les électrodes basiques dégagent plus de fumées
- si l'intensité du courant augmente, l'émission de fumées augmente et ce, de façon exponentielle : le préventeur doit donc bien connaître ce risque pour juger de la pertinence des indications.

⇒ Rayonnements UV et IR : essentiellement pour soudage MMA sur aluminium

⇒ Gaz formés :

- Formation d'O₃, NO, NO₂
- Peu de CO car pas de gaz d'apport
- Dégagement de phosgène si métal dégraissé aux solvants chlorés
- Autres gaz si métal peint

Les autres risques sont :

⇒ Brûlure (projection de laitier – 5000 à 6000 °C)

⇒ Chocs électriques

5. GENERALITES

- Type d'utilisation : essentiellement pour les travaux d'entretien et réparation
- Métaux soudés possibles : tous types de métaux
- Métal d'apport (âme de l'électrode) : fonte, acier, inox, stélite
- Types d'enrobages possibles :
 - **électrodes rutiles** (symbole R) : TiO₂ + SiO₂ + K₂O + Na₂O + oxyde de fer
 - **électrodes basiques** (symbole B) : CaO+CaF₂+SiO₂+K₂O+Na₂O
 - **cellulosiques** (symbole C)
 - **oxydantes** (symbole O)
 - **acides** (symbole A)
- Courant :
 - courant alternatif ou continu (tension : 17 à 80 V / Courant : 10 à 550 A)
 - électrode + si procédé basique
 - électrode – si procédé rutile

SOUDAGE TIG (gaz inerte)

Soudage GTAW

1. CLASSIFICATION

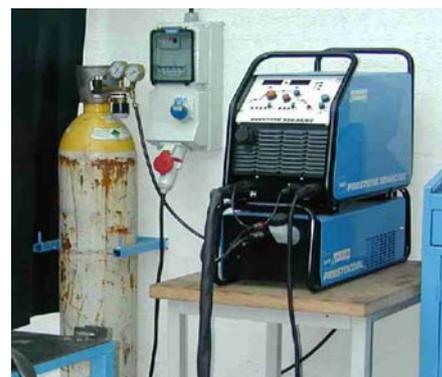
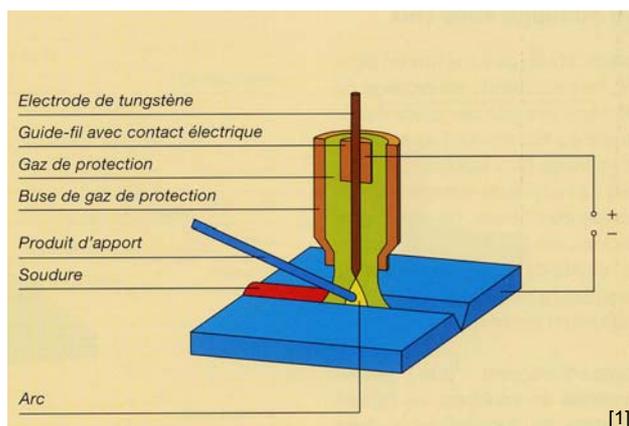
- ⇒ Soudage à l'arc électrique
 - Electrode réfractaire
 - Protection gazeuse
 - Gaz inerte

2. DEFINITION

Pour le soudage à l'électrode de tungstène (TIG), un arc électrique est amorcé entre la pièce à souder et l'électrode de tungstène. L'électrode demeure réfractaire à la fusion. La protection de l'arc est assurée par un débit continu de gaz, habituellement de l'Argon (ou aussi de l'Hélium ou encore un mélange Argon – Hélium). Cette protection empêche les gaz atmosphériques de pénétrer dans la zone de soudage. L'arc peut fusionner deux pièces de métal sans métal d'apport. En cas d'apport de métal, celui-ci est introduit sous forme de baguette.

Le soudage TIG sert couramment dans les travaux de soudage d'aluminium (soudage métaux nobles). Il peut également servir à souder les pièces en acier doux ou en acier inoxydable.

3. SCHEMA



4. RISQUES PRINCIPAUX

Les 3 risques principaux sont :

⇒ Rayonnement :

- UV +++ et radioactivité (si affûtage d'électrode thoriée)
- Rayonnement électromagnétique ++ (si affûtage d'électrode cériée)

⇒ Gaz :

- Formation d'ozone +++
- Dégagement de phosgène si métal dégraissé aux solvants chlorés
- Asphyxie dans les lieux confinés par manque d'O₂ avec argon et hélium

⇒ Chaleur intense :

- Brûlure

Les autres risques sont :

⇒ Fumées :

- Oxyde de fer (pour soudage sur acier inox)
- Oxyde d'aluminium (pour soudage sur alu)

⇒ Chocs électriques

5. GENERALITES

- Type d'utilisation : pièce peu épaisse (0,5 à 8 mm)
- Métaux soudés possibles : principalement aluminium, acier inoxydable, cuivre, titane
- Métal d'apport : même nature que métal soudé
- Composition métal d'apport : demander FDS
- Type de gaz de protection : Argon ou Hélium ou mélange des 2
- Type d'électrodes possibles :
 - Tungstène cérié (WC) : embout gris
 - Tungstène thorié (WT)
 - Embout bleu WT 4 : 0,35 à 0,55 % thorium
 - Embout jaune WT 10 : 0,80 à 1,20 % thorium
 - Embout rouge WT 20 : 1,7 à 2,2 % thorium
 - Embout violet WT 30 : 2,8 à 3,2 % thorium
 - Embout orange WT 40 : 3,8 à 4,2 % thorium
 - Tungstène pur
 - Oxyde de zirconium
- Courant :
 - Alternatif (tungstène pur) : 5 à 500 Ampères
 - Continu (tungstène cérié et thorié) : 1 à 500 Ampères

SOUDAGES PAR RESISTANCE

Soudage RSW et autres procédés

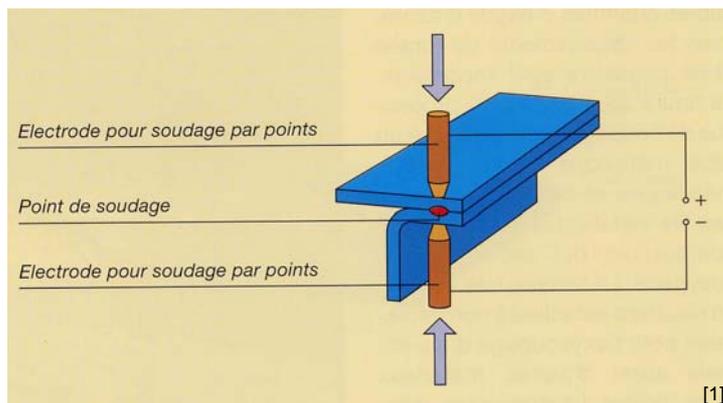
1. CLASSIFICATION

⇒ Soudage par résistance

2. DEFINITION

Dans ce procédé, la soudure résulte à la fois de la chaleur générée par le passage d'un courant électrique (effet Joule) et de la pression exercée aux points de contact des électrodes. Ces électrodes sont en général constituées de cuivre ou d'un alliage de cuivre et de béryllium. Aucun métal d'apport ou flux n'est utilisé.

3. SCHEMA

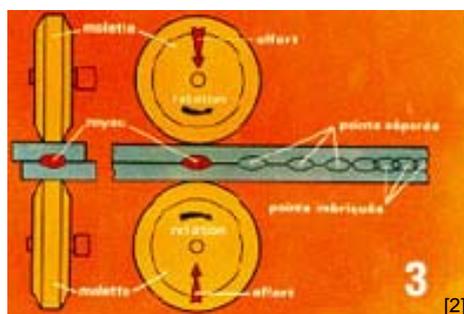


[1]



[1]

Figure 1 : soudage par point



[2]



[2]

Figure 2 : Soudage à la molette

RPW : soudage par bossage (sur des protubérances)

UW : soudage en bout par résistance pure (mâchoires assurent l'amenée du courant entre des surfaces lisses)

FW : soudage en bout par étincelage (aspérités entre les pièces à souder créant des ponts de courants très denses)

IW : soudage par induction (courants induits pour la fabrication des tubes)

4. RISQUES

Les principaux risques sont :

⇒ **Risque électrique** (courant de forte intensité, plusieurs milliers d'ampères, mais de faible voltage)

⇒ **Peu de fumées et de gaz** par soudure sauf si pièces mal préparées et souillées par :

- Solvants chlorés : trichlo- et tétra-chloréthylène (source de phosgène)
- Peintures
- Lubrifiants (source de brouillard d'huile, d'aldéhyde, d'HAP et de CO)
- Antirouille (source d'hydrocarbures aliphatiques)
- Plastiques de recouvrement (source d'oxydes métalliques)
- Résine époxy (source de formol et acroléine)
- Résine polyuréthane (source d'isocyanates).

⇒ **Bruit** par décapage mécanique des surfaces à souder (brossage, meulage, sablage)

Les autres risques sont :

⇒ **Brulure cutanée** par fusion des 2 pièces à souder et par projection d'étincelles

⇒ **Risque traumatique des mains**

⇒ **Risque d'incendie et d'explosion**

⇒ **Risque poussières métalliques** (cuivre, alliage de cuivre, béryllium, fer, ...)

5. GENERALITES

- **Type d'utilisation** : soudure rapide, automatisée pour l'automobile, le ferroviaire, l'électroménager, le mobilier métallique, soudures des tôles et des tubes.
- **Métaux soudés possibles** :
 - Aciers non alliés, faiblement ou fortement alliés
 - Alliages légers, nickel et alliages de nickel
- **Type de gaz de protection** : absent par définition
- **Métal d'apport** : absent par définition
- **Type d'électrodes possibles** : électrodes en cuivre ou alliage cuivre béryllium
- **Courant** :
 - Basse tension (<10 V) et forte intensité (quelques milliers d'ampères).
 - Alternatif

PREVENTION

Risque lié aux fumées et aux gaz :

- **Diminution du taux de production de fumées et de contaminants**
 - Enlever la peinture, l'huile ou tout autre recouvrement de surface
 - Eviter d'utiliser des solvants chlorés
 - Assurer un temps de séchage suffisant des solvants

- **Modification du procédé afin de diminuer les fumées**
 - Diminution possible de l'intensité du courant
 - Diminution possible de la longueur de l'arc
 - Diminution possible du diamètre des électrodes et/ou modification de l'enrobage de l'électrode
 - Préférer le soudage sur courant continu négatif ou courant alternatif
 - Parmi les procédés de soudage sous gaz protecteur, préférer le TIG au MIG et le MIG au MAG
 - Dans le cadre du TIG, privilégier les baguettes de tungstène cérié ou les baguettes dopées au lanthane aux baguettes de tungstène thorié. A défaut, privilégier les embouts contenant le moins de thorium (diminution du risque radioactif)
 - L'addition de zinc dans le fil d'apport (MIG) élimine quasiment la présence de chrome hexavalent dans les fumées émises

- **Mesures organisationnelles**
 - Isoler autant que possible les opérations de soudure du reste de l'aire de travail. Des mesures organisationnelles, du type du regroupement des postes de soudage dans un secteur donné où la ventilation générale est adéquate

- **Captation à la source des fumées et contaminants (cf. annexe)**

- **Protection respiratoire**
 - Masque jetable (pas d'effet sur les gaz)
 - Masque à cartouche
 - Masque à adduction d'air

Risque pour la peau et les yeux

- **Protection contre les rayonnements**
 - Porter un masque (ou lunette pour l'oxygaz) équipé d'un filtre adéquat (cf. annexe)
 - Porter des vêtements manches longues
 - Eviter les vêtements synthétiques car ils peuvent laisser passer le rayonnement UV
 - Protéger les travailleurs avoisinants à l'aide d'écrans de protection ou rideaux (hauteur > 2m, bord inférieur à 50 cm du sol)

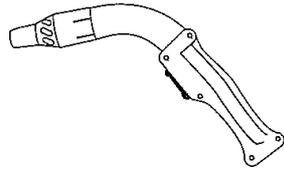
- **Protection contre les brûlures et les projections**
 - Porter des gants de cuir ou en fibre de verre (avec manchon pour protéger les avants bras)
 - Porter des chemises à manches longues
 - Chaussures de sécurité en cuir montantes à semelles isolantes
 - Eviter tous vêtements synthétiques (collent à la peau sous l'effet d'une étincelle ou de gouttelettes de métal en fusion)
 - Utiliser des écrans pour confiner la projection d'étincelles

Risque d'incendie – explosion

- Extincteur adapté à proximité
- Eloigner les matériaux combustibles des postes de soudage
- Stocker les bouteilles de gaz à l'ombre et à une température inférieure à 50 °C
- Stocker les bouteilles d'oxygène à l'écart des bouteilles combustibles (minimum 6 m)

Risque d'électrisation

- Mettre l'équipement hors tension si l'équipement n'est pas utilisé
- Porter des gants de cuir et un tablier de soudure permet de réduire le risque de décharge électrique
- Porter des vêtements secs
- Utiliser un support isolant pour déposer le porte électrode
- Laver régulièrement les vêtements de travail afin d'éviter l'accumulation d'huile ou de graisse



Pistolet de soudage à captation intégrée (torche).
Adapté pour le soudage MIG et MAG

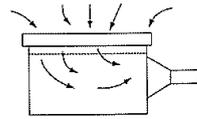


Table avec aspiration verticale
descendante

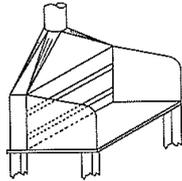
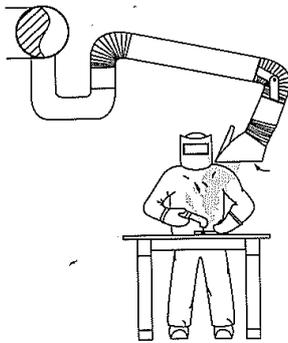
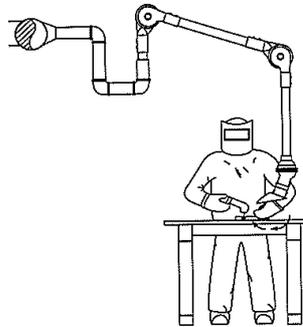


Table aspirante avec fentes
d'aspiration face au soudeur

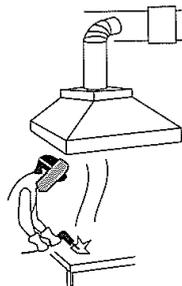
Cabine de soudage
La taille de la pièce à souder ne
doit pas excéder celle de la cabine



Bras de captation à haut débit avec conduit flexible
(Ø 20 cm). Rejet à l'extérieur



Bras de captation à faible débit avec conduit rigide
articulé (Ø 5 cm). Rejet à l'extérieur

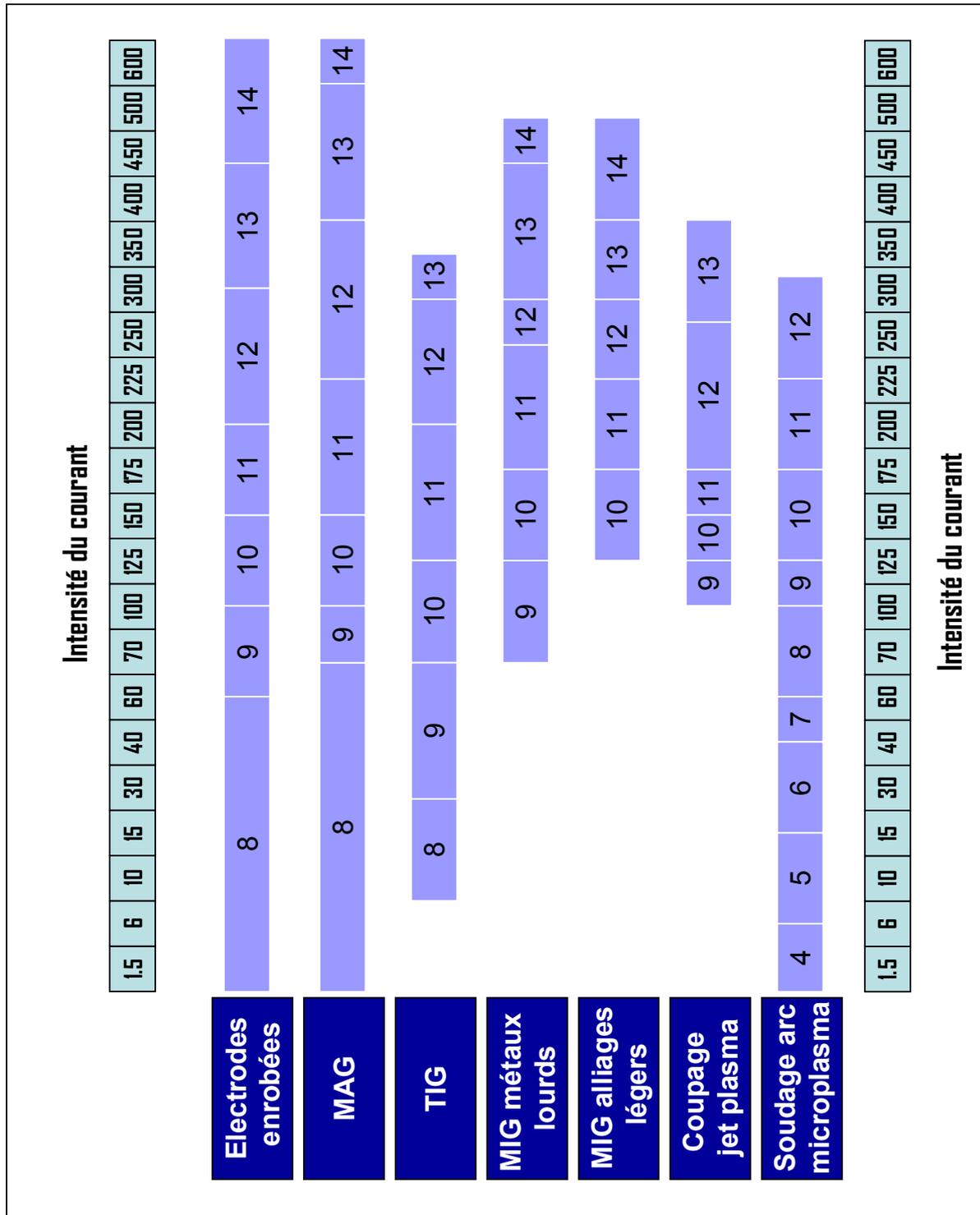


Hotte fixe au dessus du poste de travail
(attention aux voies respiratoires dans le flux)

Exemple de systèmes de captage à la source [2]

Le choix du système de protection dépend de l'environnement de travail, du procédé de soudage et de la nature du fil. Il s'agira soit d'un système de protection unique, soit d'une association de plusieurs systèmes.

PREVENTION



Choix du numéro de teinte (filtre) pour les protecteurs oculaires

[1] Coupage et soudage. Protection contre les fumées, poussières, gaz et vapeurs. SUVA PRO

[2] Guide de prévention soudage coupage – ASP métal électrique

EXAMENS MEDICAUX	Soudure électrique par résistance	Soudure arc électrique TIG	Soudure arc électrique par baguette MMA	Soudure arc électrique MAG	Soudure arc électrique MIG	Soudure oxygaz
Avant affectation aux travaux :						
Anamnèse et examen clinique (ORL si nickel)	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Test de la vision, bandelette urinaire, EFR, audiogramme	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Radiographie pulmonaire standard	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Microalbuminurie	pour tous types de soudure exposant au plomb ou cadmium					
Clairance de la créatinine urinaire	pour tous types de soudure exposant au plomb ou cadmium					
ASAT, ALAT	systématique, particulièrement si notion de dégraissage aux solvants					
Numération formule plaquettes	non	oui (tungstène thorié)	non	non	non	non
Plombémie	pour tous types de soudure exposant au plomb					
Examen périodique (SMR) :						
Interrogatoire et examen clinique (ORL si nickel)	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Test de la vision, ophtalmologiste si besoin	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Bandelette urinaire	oui	oui	oui	oui	oui	oui
EFR tous les 2 ans	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Audiogramme	fréquence conformément à la réglementation selon le niveau d'exposition au bruit					
Radiographie pulmonaire standard	tous les 5 ans pendant 10 ans, puis tous les 2 ans au-delà de 10 ans tous les 2 ans si exposition ou post exposition à l'amiante ou au béryllium					
Microalbuminurie annuelle	pour tous types de soudure exposant au plomb ou cadmium					
Clairance de la créatinine urinaire tous les 5 ans	pour tous types de soudure exposant au plomb ou cadmium					
Numération formule plaquettes annuelle	non	oui (tungstène thorié)	non	non	non	non
Biométrie (cf : BIOTOX) :						
Plombémie	à renouveler selon les résultats, pour tous types de soudure exposant au plomb					
Chrome, Nickel urinaires (inox)	non	oui	oui	oui	oui	non
Béryllium, Cadmium urinaires	en fonction des données de l'étude de poste et de l'exposition					
Manganèse urinaire	en fonction des données de l'étude de poste et de l'exposition					
Métabolites des HAP	si présence d'huile ou de graisse sur le métal soudé					
Analyseur CO expiré au poste de travail en fin de journée si besoin	non	non	non	oui	non	oui

