Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Manuel de Formation

Élaboration d'un Programme de Formation Santé, Sécurité et Environnement pour les Technologies d'Assemblage

6/30/2018

Élaboration d'un programme de formation Santé, Sécurité, Environnement pour les technologies d'assemblage

KA2 – Collaboration pour l'innovation et les échanges de bonnes pratiques

2016-1-BE02-KA202-017322

Production Intellectuelle 2 – Matériel éducatif

http://www.hse-joining.eu

Ce projet a vu le jour avec le soutien de la Commission Européenne. Cette publication reflète le point de vue de l'auteur uniquement et la Commission ne saurait en aucun cas être tenue responsable d'une utilisation des informations contenues dans ce document.

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Avant-propos

HSE-Assemblage : Élaboration d'un programme de formation Santé, Sécurité, Environnement pour les technologies d'assemblage est un projet ERASMUS+ mis en place entre décembre 2016 et novembre 2018.

Le projet est actuellement conduit par un consortium de six partenaires issus de quatre pays européens. Tous les partenaires disposent d'une expertise technique leur permettant d'atteindre les objectifs fixés par ce projet ainsi qu'une grande expérience dans des projets nationaux et européens de participation et de gestion.

L'objectif global du projet HSE-Assemblage est de proposer aux organismes prestataires EFP un programme de formation pour la gestion de la Santé, la Sécurité et l'Environnement dans le secteur industriel tout en prenant en compte les dangers pour les employés sur leur lieu de travail (fumées, radiations, bruit, vibrations), les facteurs à haut risque pour la santé et la sécurité des soudeurs ainsi que l'impact significatif sur l'environnement.

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Index

Production Industrielle 2 – Matériel éducatif 1

Avant-propos ..... **Error! Bookmark not defined.**

Index 3

Aperçu ..... **Error! Bookmark not defined.**

Module 1 – Santé et Sécurité 8

1. Fumées 8
    1.1 Identifier les risques **8**
    1.2. Créer un lieu de travail sûr **10**
    1.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipement **15**
    1.4. Règlementations et recommandations nationales et européennes **21**
2. Dangers liés à l'électricité 22
    2.1. Identifier les risques **22**
    2.2. Créer un lieu de travail sûr **24**
    2.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipement **26**
    2.4. Règlementations et recommandations nationales et européennes : **29**
3. Champs électromagnétiques **30**
    3.1.Identifier les risques: **30**
    3.2. Créer un lieu de travail sûr **32**
    3.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipement **35**
    3.4. Règlementations et recommandations nationales et européennes **36**
4. Risques de coupure 36
    4.1. Coupures **36**
    4.2. Causes **37**
    4.3. Conséquences **37**
    4.4. Créer un lieu de travail sûr **37**
    4.5. Équipement de protection individuelle **38**
    4.6. Règlementations et recommandations nationales et européennes **39**
5. Matières chaudes et éclaboussures 40

5.1. Matières chaudes 40
5.2. Brûlures 40
5.3. Éclaboussures et étincelles 40
5.4. Risques 40
5.5. Créer un lieu de travail sûr 41
5.6. Équipement de protection individuelle 42
5.7. Règlementations et recommandations nationales et européennes 43
6. Rayonnement par lampe à arc 43
6.1. Identifier les risques 43
6.2. Créer un lieu de travail sûr 49
6.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipement 50
6.4. Règlementations et recommandations nationales et européennes 51
7. Bruit 51
7.1. Identifier les risques 52
7.2. Créer un lieu de travail sûr 53
7.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipement 53
7.4. Règlementations et recommandations nationales et européennes 54
8. Vibrations 54
8.1. Ponçage : informations de base 55
8.1. Types de ponçage 55
8.2. Vibrations dans les mains/bras 56
8.3. Ce que dit la loi 57
8.4. Créer un lieu de travail sûr 57
8.4.1. Devoirs des fabricants et fournisseurs 58
8.4.2. Quels postes sont les plus susceptibles de s'exposer au risque ? 58
8.5. Équipement de protection individuelle 59
8.6. Règlementations et recommandations nationales et européennes 60
9. Manipulation des bouteilles à gaz 61
9.1. Identifier les risques 61
9.2. Créer un lieu de travail sûr 62
9.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipement 62
9.4. Règlementations et recommandations nationales et européennes 68
10. Soudage dans des lieux confinés 69
10.1. Soudage 69

10.2. Définition et références 69
10.3. Procédures 70
10.4. Dangers 71
10.5. Évaluation du risque 74
10.6. Équipement de protection individuelle 76
10.7. Éviter les courants d'air 79
10.8. Ventilation générale 80
10.9. Systèmes d'échappement local 80
10.10. Réglementations et recommandations nationales et européennes 80
11. Ergonomie 81
11.1. Identifier les risques : 81
11.2. Créer un lieu de travail sûr : 82
11.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipement : 84
11.4. Régementations et recommandations nationales et européennes: 85
12. Décapage d'acier inox 87
12.1. Défaut 87
12.2. Méthodes de nettoyage 88
12.3. Décapage 88
12.4. Risques et conséquences 89
12.5. Créer un lieu de travail sûr 89
12.6. Equipement de protection individuelle 90
12.7. Réglementations et recommandations nationales et européennes 92
13. Gestion des déchets 92
13.1. Identifier les dangers 93
13.2. Créer un lieu de travail sûr 95
13.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipment 95
13.6. Réglementations et recommandations nationales et européennes 97
14. Stockage des matériaux 98
14.1. Identifier les risques 98
14.2. Créer un lieu de travail sûr 98
14.3. Utilisation correcte et entretien de stockage du matériel 102
14.4. Réglementations et recommandations nationales et européennes : 102
15. Brasage et soudure 102
15.1. Brasage 102

15.2. Soudure 102
15.3. Pourquoi choisir le brasage ou la soudure 103
15.4. Fumées de brasage ou de soudure 104
15.5. Soudure (T < 450 °C) 104
15.6. Brasage (T > 450 °C) 105
15.7. Créer un lieu de travail sûr 105
15.8. Brasage MIG, laser, plasma (T > 900 °C) 106
15.9. Équipement de protection individuelle 106
15.10. Réglementations et recommandations nationales et européennes 106
Références ..... **Error! Bookmark not defined.**

Aperçu général

Ce manuel de formation présente le module « Santé et Sécurité » qui comprend 15 thèmes. Les thèmes sont par ordre d'apparition : les fumées, les dangers dus à l'électricité, les champs électromagnétiques, les risques de coupures, les matériaux chauds et éclaboussures, les rayonnements par lampe à arc, les bruits, les vibrations, la manipulation de bouteilles à gaz, les soudures dans des espaces confinés, l'ergonomie, le décapage d'acier inox, la gestion des déchets, le stockage des matériaux, brasage et soudage.

Les contenus sont structurés de façons à faire apparaître les thèmes de la santé, la sécurité et les risques pour l'environnement ; créer un lieu de travail sûr (pour le soudeur, le groupe, le contrôleur et le contrôle général du lieu de travail) ; l'utilisation correcte et l'entretien de l'équipement (équipement individuel, installation des ateliers, et équipement de protection individuelle) ; et les recommandations européennes et les réglementations nationales et européennes.

Module 1 – Santé, Sécurité et Environnement dans le soudage

1 Fumées

1.1 Identifier les risques

1.1.1. Santé (risques personnels)

Les fumées de soudage sont un mélange complexe de particules métalliques. Les fumées de soudage se forment lorsqu'un métal est chauffé au-delà de sa température d'ébullition et que ses vapeurs se condensent en de très fines particules (particules solides). En général, elles contiennent des particules provenant des électrodes et du matériau soudé. Les fumées sont considérées comme des substances dangereuses.

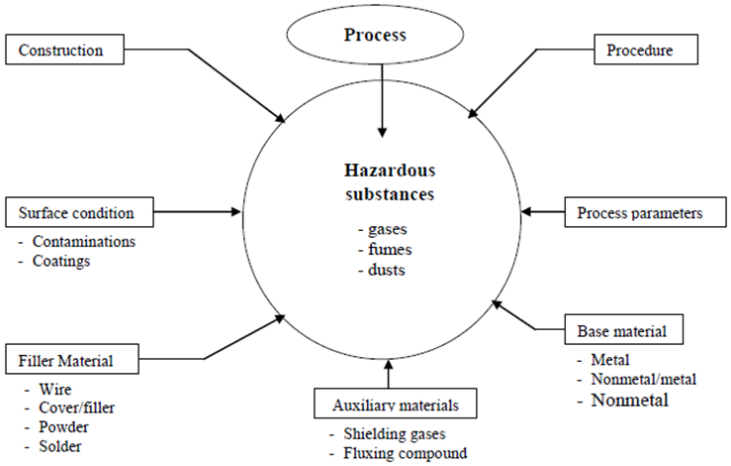


Figure 1 – substances dangereuses. Source : Doc. IIW VIII 2085-2009, Extrait de BGI 593

Deux types d'effet sur la santé :

Sérieux : effets à court terme sur le corps (immédiatement ou juste après l'exposition).

Chronique : effets à long terme (dus à des expositions faibles et répétées).

Les symptômes apparaissent après un certain temps.

Exemples :

Ivresse = effet sérieux dû à la consommation excessive d'alcool.

Dégâts au niveau du foie et du cerveau = effet chronique.

Fumer : Sérieux = sifflements, souffle court

Chronique = cancer du poumon, emphysème

1.1.2. Sécurité (risques sur le lieu de travail)

Deux types principaux :

- PEL : Valeur Limite d'Exposition Admissible (exposition jusqu'à 8 heures/jour, 40h/semaine, sans faire l'expérience d'effet nocif sur la santé).
- TLV : Valeur Limite de Seuil. Limites d'exposition recommandée. La valeur PEL prévaut sur la valeur TLV.
- Les deux types sont généralement exprimés en concentration maximale ou en masse par volume unitaire (ug/m^3).

Les valeurs TLV et PEL ont toutes deux des valeurs limites d'exposition à court terme (VLCT) sur 15 minutes.

Effets toxiques

- Produits corrosifs : Produit liquide ou solide causant une destruction visible, voire irréversible sur les tissus humains.

- *Exemples : acides, flux, produits caustiques, hydroxydes, ammoniaque*

- Produits irritants : réaction inflammatoire de l'œil, la peau ou du système respiratoire

- *Exemples : fumées, poussière, vapeurs de presque tous les produits chimiques*

- Produits sensibilisants : peut devenir sensible dès la première exposition si vous y êtes sensible. Sensibilisation de la peau est l'une des formes les plus courantes.

- *Exemples : isocyanates utilisés dans les plastiques et les résines*

- Neurotoxine : peut causer des dommages neurologiques sur le système nerveux central (généralement après de longues expositions).

- *Exemples : solvants*

Classification de substances particulaires dangereuses lors du soudage et techniques connexes selon la taille des particules.

Inhalable dust					
Fumes and dusts generated during thermal spraying					
Fumes generated during thermal cutting					
Fumes generated during welding					
Fumes generated during soldering and brazing					
Ultrafine particles (UFP)					
0,01 µm	0,1 µm	1 µm	10 µm	15 µm	100 µm
Respirable					Non-respirable

Tableau 1 – Classification des fumées selon la taille des particules d'après EN 481

1.1.3. Environnement

Ventilation – 1ère option.

Les dangers sont aussi liés aux espaces confinés. Cela nécessite des contrôles supplémentaires. La consommation de volume d'air dans un endroit sûr doit toujours être contrôlé et documenté. Une des questions principales reste ici : « S'agit-il d'une ventilation en continu ? »

Un nouveau test dans les espaces confinés avant de pénétrer dans les lieux est indispensable.

Figure 2 – Conditions de soudage inadéquates

1.2. Créer un lieu de travail sûr

Si les échantillons montrent < Niveau d'Action

- Peut interrompre la surveillance

Si les échantillons montrent ≥ Niveau d'Action

- Surveillance périodique tous les six mois

Si les échantillons ≥ Niveau d'Exposition Admissible

- Surveillance périodique tous les trois mois

Surveillance supplémentaire si le processus change.

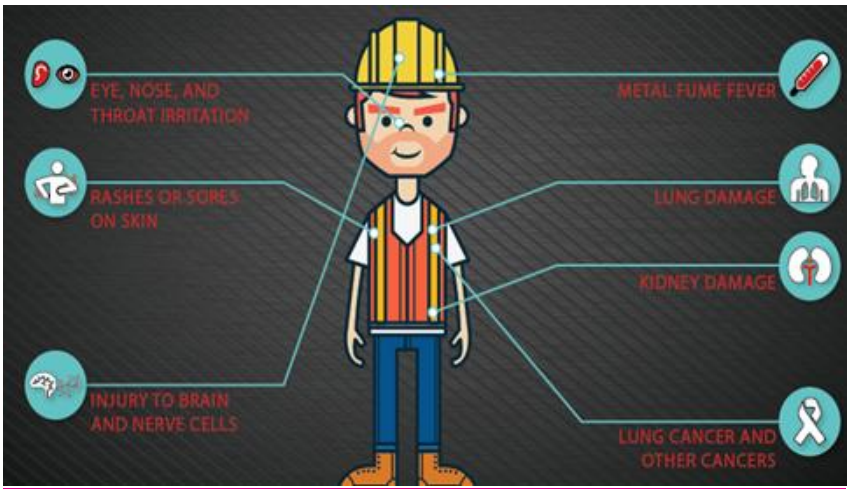


Figure 3 – Risques sur la santé de découpe plasma et d'émanation de soudage. Source : https://www.isystemsweb.com/wp-content/uploads/2016/09/Plasma-cutting-and-Welding-fume_paper-1.pdf

Évaluation de l'exposition

Fumées :

- Petites particules solides.
- Produites par la condensation des métaux volatiles au stade gazeux.
  - TRÈS petites particules (90% moins d'un micron).
  - Pas toujours visibles à l'œil nu.
- Les petites particules sont FORTEMENT respirables ce qui signifie qu'elles peuvent pénétrer profondément dans les poumons.
- Leur toxicité varie considérablement.
- Sources
  - Métal d'apport ou consommable
  - Métal de base
  - Revêtements ou traitements de surface

Facteurs influant la formation de fumées & l'exposition

- Type de consommable (composition, revêtement/type de flux)

- Ampérage (courant)/polarité
- Vitesse d'avance du fil
- Type de matériau d'apport
- Durée d'arc
- Mode de transfert du métal (GMAW)
- Position de soudage
- Ventilation

Fumées métalliques

Fer

- En général la majorité du métal utilisé dans le soudage et les alliages ferreux
- Une exposition prolongée peut provoquer la sidérose

Fumées/poussières de cuivre

- Trouvées dans des alliages non-ferreux tels que le laiton, le bronze, le Monel
- Peut être également présent dans des électrodes, particulièrement dans gougeage à l'arc

Oxyde de zinc

- Sources
  - Alliages contenant du zinc
  - Revêtements de surface tels que les surfaces recouvertes de zinc

Manganèse

- Dans de nombreux consommables utilisés pour le soudage de l'acier
- Associé aux pathologies telles que Parkinson
- PEL est une méthode de contrôle périmée pour mesurer le TLV (0.2 mg/m^3)

Autres métaux

- Aluminium
- Molybdène
- Nickel
- Étain
- Titane

Fumées de métal – plomb

Sources :

- Revêtements de surface :

  - Métaux galvanisés
  - Peintures et autres revêtements de surface
  - Plaque de tôle zinguée
- Alliages :
  - Alliages de laiton/bronze au plomb
  - Soudage
- Plomb brûlant pour réservoirs et récipients

Problème lors du soudage, découpage et meulage.

Effets sur la santé

- Anémique
- Gastro-intestinal
- Reproductif
- Neurologique

Chrome

Modes d'exposition :

- Contact avec la peau ;
- Inhalation ;
- Ingestion ;

Forme trivalente :

- Irritant ;

Forme hexavalente :

- Cancer ;
  - Les preuves proviennent essentiellement du chromage ; moins irréfutable en ce qui concerne le soudage.
- Formes solubles :
  - Perforation des cloisons nasales
  - Irritation nasale
  - Ulcères du nez
  - Asthme
  - Bronchites
  - Réactions cutanées allergiques

Soudures et Cr^{+6}

Les expositions peuvent largement varier.

Produites lors du soudage et du découpage d'acier inox et de structures métalliques revêtues de peinture chromée.

Galvanoplastie (chromage)

Secteurs concernés :

- Transformation alimentaire ;
- Traitement chimique ;
- Fonderies ;
- Transformateurs de métaux ;
- Équipement/opérations de réparation ;
- Fabricants de réservoirs et camions ;
- Construction navale ;
- Services d'électricité ;
- Démolition & réparation ;

Facteurs influençant la formation Cr+6

- SMAW, MIG, FCAW. Risque plus grand que TIG ou SAW.
- Gougeage à l'arc & découpe plasma ;
- Durcissement/revêtement ;
- Durée d'arc ;
- Forts ampérages ;
- Contenu de chrome dans les consommables et métaux de base ;
- Zone respiratoire près de l'arc ;

Figure 4 – « Trou de chrome » sur un doigt. Source : https://www.cdc.gov/niosh/topics/skin/occderm-slides/occderm8.html

Protection respiratoire

Requise pour les expositions excédant le PEL et :

- Dans l'attente d'une ingénierie faisable ou qu'un contrôle des pratiques de travail soit mis en place ;
- Où les contrôles ne sont pas faisables (p.ex. activités d'entretien, de réparation) ;
- Les contrôles ne peuvent pas être <PEL ;
- Les expositions ont lieu <30 jours/an ;
- Durant les cas d'urgence ;

Respect des normes lorsque des masques respiratoires sont utilisés.

Figure 5 –Utilisation correcte de masques respiratoires. Source :

1.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipement

Lorsque les dangers potentiels ne peuvent pas être éliminés, remplacés ou circonscrits, la meilleure approche est encore de créer une barrière à l'exposition ou une ventilation des fumées locales afin d'éliminer les fumées et/ou les contaminants de l'air du lieu de travail.

Quoi d'autre ?

- Changer le processus de soudage ;
    - Conserver le MIG ou encore mieux le TIG
- Utiliser des câbles/barres de soudage conçus pour générer moins de fumées ;
- Changer la source d'énergie ;
- Changer les gaz protecteurs ;
- Élimination/extraction des fumées.

Figure 6 – Torche d'extraction des fumées. Source : https://www.westermans.com/sifgun-fume-extraction-torch.aspx

Élimination/extraction des fumées

Faible aspiration (grand volume)

- Éliminer une large quantité d'air à basse vitesse et basse pression d'aspiration ;
- « Bras » articulés, à 30 à 45cm de l'arc de soudure ;
- Ces bras aspirent généralement entre 100 et 200 CM par bras.
- Si l'accès aux jonctions ne permet pas l'utilisation de pistolets à fumée ou têtes aspirantes, une aspiration basse peut être la meilleure solution.
- Si les éléments soudés fument après le soudage, du fait d'huiles teintantes ou de peinture, les pistolets à fumée ne fonctionneront pas puisqu'ils sont retirés une fois la soudure faite.

Aspiration faible (grand volume)

Ventilateur portable :

- Pour les endroits difficiles d'accès, évacuez les fumées ;
- Un set de tuyaux de 5m de long avec une hotte de ventilation aimantée ou un set de tuyaux-rallonge ;
- Ne permet pas la filtration ;

Figure 7 – Extracteur portatif à faible aspiration

Aspiration faible (grand volume)

Unité de base – extracteur de fumées de soudure mobile ;

- Un système portatif, jetable conçu pour une extraction continue ou intermittente et une filtration des fumées de soudure.
- Un ventilateur d'extraction interne à bord, spécialement conçu pour une utilisation lors du soudage.
- Les particules sont amassées à l'intérieur de la cartouche, minimisant ainsi l'exposition durant l'entretien et l'élimination du filtre.

Figure 8 – Unité de base d'un aspirateur faible. Source : https://www.lincolnelectric.com/en-gb/equipment/weld-fume-control/Pages/stationary-units.aspx

Élimination des fumées/extraction

Forte aspiration (petit volume)

- Capte les fumées aussi près de l'arc que possible, utilisant des pistolets ou des têtes d'extraction des fumées intégrées, à environ 10 à 15 cm de l'arc de soudure ;
- Les fumées sont captées avant qu'elles n'atteignent la zone respiratoire des opérateurs ;
- Avec les pistolets à fumée, ceci élimine la nécessité de repositionner avec des bras à faible aspiration ;
- (Seul un petit volume d'air est traité)

Forte aspiration (petit volume)

Extracteur de fumées de soudage portatif :

- Spécifiquement conçu pour éliminer et filtrer les fumées de soudage ;
- Peut être entièrement démonté en quelques minutes pour le nettoyage et l'entretien ;
- Avec une fonction automatique marche/arrêt, l'unité s'enclenche et s'arrête automatiquement durant le soudage ;

- Peut être utilisé des endroits confinés qui ne sont pas accessibles avec d'autres extracteurs de fumées ;

Figure 9 – Unité de base à forte aspiration. Source : https://www.lincolnelectric.com/en-us/equipment/weld-fume-control/Pages/portable-units.aspx

Critères de sélection pour une ventilation

Ventilation plus intense pour :	Ventilation moins intense pour :
- Forts débits de gaz ; - Forte intensité de courant ; - Contamination de la surface de la pièce ; - Conditions spatiales défavorables (p.ex. espaces confinés, etc.)	- Faibles débits de gaz ; - Basse intensité de courant ; - Contamination de la surface de la pièce ; - Conditions spatiales favorables (p.ex. grands halls, etc.) ; - Revêtement qui génèrent de faibles quantités de substances dangereuses.

Tableau 2 -

Équipement de protection individuelle

Lorsque l'exposition aux produits dangereux ne peut pas être totalement éliminée des opérations normales ou de travail d'entretien et lorsque les pratiques de travail sûres ne peuvent pas fournir de protection supplémentaire suffisante, utilisez des vêtements ou un équipement de protection.

Ceci comprend des masques faciaux, des chaussures à embout en acier, des casques, des masques respiratoires, des protections auditives, des gants et des lunettes de protection.

Figure 10 – PPE

Programme de protection respiratoire

Un programme de protection respiratoire écrit comprenant les processus spécifiques pour les lieux de travail et les éléments pour l'utilisation d'un masque respiratoire comprend :

- Procédures pour la sélection des masques respiratoires (sur le lieu de travail) ;
- Examen médical des employés nécessitant l'utilisation de masques respiratoires ;
- Procédures pour les tests de masques respiratoires ajustés ;
- Procédures pour l'utilisation correcte des masques respiratoires (utilisation routinière ou dans des cas d'urgence prévisibles) ;

Figure 11 – Masque respiratoire

Types d'équipement de protection respiratoire

Masques respiratoires munis de filtres à poussières, fumées et brouillard :

- Masque respiratoire à filtre mécanique : protection contre les matières en suspension (poussières, brouillard, fumées de métal et fumées) ;
- Masques respiratoires à filtre mécanique ne protègent pas contre les gaz, vapeurs et déficience en oxygène ;

Figure 12 – Masques respiratoires à filtre mécanique

Types d'équipement de protection respiratoire

Masque respiratoire à cartouche chimique :

- Protection contre les concentrations des gaz acides et vapeurs organiques en utilisant des agents chimiques pour purifier l'air inhalé. Ne pas utiliser dans des atmosphères déficientes en oxygène ;
- Masques respiratoires à cartouche chimique (1/2 masque) ne peuvent pas être utilisés en protection contre :
    - Matières gazeuses extrêmement toxiques en petites concentrations ;
    - Substances gazeuses néfastes non détectables par l'odeur (monoxyde de carbone) ;
    - Matières gazeuses qui sont fortement irritantes pour les yeux ;

Types d'équipement de protection respiratoire

Hotte d'alimentation en air :

- Utilisée là où l'utilisateur requiert une protection contre certaines matières ou un flux d'air pour des raisons de refroidissement.
- Ne pas utiliser dans des situations où l'utilisateur serait mis en danger.

Masque à entrée d'air :

- Masque facial intégral fourni avec entrée d'air respirable par compresseur.
- Permet d'éviter les dommages au tuyau et au régulateur pendant l'usage.

Types d'équipement de protection respiratoire

Cylindre de type Appareil Respiratoire Isolant :

- Air respirable comprimé protège dans toutes les atmosphères.
- Fournit de l'air respirable pendant environ 30 min. (une mise en garde ou un stress émotionnel peuvent réduire le temps d'utilisation).
- Les utilisateurs de l'équipement doivent quitter l'atmosphère dangereuse lorsque l'alarme de basse pression retentit.

Figure 13 – Cylindre de Type Appareil Respiratoire Isolant

Une analyse des dangers liés à une activité (AHA) requiert une attitude proactive afin d'identifier et de quantifier tous les dangers possibles prévisibles et d'atténuer/contrôler également les découvertes dans le but de gérer tous les risques environnants possibles ou existants.

Identifier et évaluer les dangers potentiels

Des audits/évaluations de surveillance doivent être conduits régulièrement (conformité et environnement sans risque).

Des équipements de protection individuelle adaptés (permis de travail à chaud) doivent être portés et contrôlés régulièrement.

1.4. Réglementations et recommandations nationales et européennes

Une liste des principaux standards et codes de bonne pratique européens « Santé & Sécurité » portant sur les fumées sont présentés dans ce chapitre :

EN ISO 15011-4 : Hygiène et Sécurité en soudage et techniques connexes. Méthode laboratoire d'échantillonnage des fumées et des gaz. Fiche d'informations sur les fumées

EN ISO 15012-1, -2 & -4 : Hygiène et Sécurité en soudage et techniques connexes. -- Équipement de captage et de filtration des fumées de soudage - Partie 1 : Exigences pour les essais et le marquage relatifs à l'efficacité de la séparation

EN ISO 21904-3:2018 : Hygiène et Sécurité en soudage et techniques connexes. Exigences, essais et marquage des équipements de filtration d'air. Détermination de l'efficacité de captage des torches aspirantes

EN ISO 10882-1 : Hygiène et Sécurité en soudage et techniques connexes. Échantillonnage des particules en suspension et des gaz dans la zone respiratoire des opérateurs. Échantillonnage des particules en suspension

EN ISO 17652-4 : Soudage. Essais sur peintures primaires en relation avec le soudage et les techniques connexes. Émission des fumées et des gaz.

2 Dangers liés à l'électricité

2.1. Identifier les risques

Toute personne ou équipement peut être exposé aux risques des « pièces électriques sous tension ». Des troubles peuvent se produire lorsque l'opérateur entre en contact avec des pièces directement ou indirectement par le biais d'objets ou de matières conductrices. La résistance au courant électrique offerte par la partie humaine ou autre, ainsi que le niveau de tension auquel elle est exposée détermine la hauteur de l'impact subi.

2.1.1. Santé (risques individuels)

Bien que rarement invoquée, il est de notoriété publique que l'électricité peut causer la mort. En 2015, environ 80.178 accidents du travail dus à l'électricité ont été enregistrés dans l'UE, 254 ayant entrainé la mort [1]. Dans le cadre de son travail, chaque personne devrait être informée des risques liés au travail lorsqu'il est effectué avec l'aide d'équipement électrique.

Le processus de soudage à l'arc, ainsi que d'autres processus annexes qui requièrent l'usage d'outils électriques, nécessitent un équipement relié à un circuit électrique sous tension. Ceci signifie que tous les soudeurs à l'arc qui utilisent un équipement à main risquent une exposition à des décharges électriques ou des brûlures électriques. Les circuits électriques incluent des sources qui fournissent de l'énergie à l'équipement, la machine elle-même, qu'il s'agisse d'un appareil de soudage ou autre (par ex. des torches, pinces, des pinces de masse) et aussi aux câbles qui le relient à la source d'énergie. Les effets dangereux de l'électricité sur le corps humain peuvent être divisés en deux catégories comme mentionnées auparavant :

- Brûlures – qu'il s'agisse de brûlures superficielles ou profondes des tissus cutanés, l'impact sur le corps humain est assez clair.
- Décharges électriques – le seuil de perception humaine des décharges électriques se trouve entre 0,5 et 6 mA. Une exposition prolongée entre 30 et 60 mA peut être fatale. Ceci comprend également des effets graves sur le corps de la personne. Parmi ces effets, il semble que les plus pertinents à souligner soient :
    - Contractions musculaires
    - Asphyxie
    - Arrêt respiratoire

- Fibrillation ventriculaire

Le mal causé par l'électricité sur le corps humain est plus influencé par le courant que par la tension, bien qu'une forte tension crée des courants plus forts et donc plus dangereux. Selon la durée de l'exposition, généralement une tension de plus de 50 V en courant alternatif ou 90 V en courant continu (selon la norme IEC 479-1 : en considérant 20 ms de durée d'exposition ; 40 mA pour du courant alternatif et 65 mA pour un courant continu – les valeurs de courant où aucune lésion organique n'est attendue), peut causer de dangereux courants de choc, mais des tensions plus faibles peuvent également être dangereuses car elles peuvent surprendre la victime et lui faire faire un pas en arrière, l'exposant ainsi à quelque chose de bien plus dangereux.

Le passage du courant à travers le corps peut provoquer le *tétanos*, un mal où les muscles se contractent involontairement du fait du passage du courant électrique externe. Un courant continu (CC) est plus susceptible de provoquer le *tétanos* que le courant alternatif (CA), le CC faisant « s'arrêter net » une personne. L'aspect alternatif du CA a plutôt tendance à mettre les neurones du pacemaker d'un cœur dans un stade de fibrillation, tandis que le CC tend juste à arrêter le cœur. Une fois le choc surmonté, un cœur « arrêté net » a de meilleures chances de reprendre son rythme normal qu'un cœur en fibrillation, d'où la limite de tension supérieure pour le CC.

Ainsi, lors d'un travail avec de l'électricité, il est toujours préférable d'utiliser des outils isolés, des gants, des bottes ou autres, car la résistance s'oppose au courant.

2.1.2. Sécurité (risques sur le lieu de travail)

Puisqu'il y a tant de dangers liés à l'électricité et dérivés du soudage et des technologies connexes, les risques sur le lieu de travail ainsi que les mesures pour les réduire doivent être mentionnés. Ces risques peuvent impliquer une interruption totale de la chaine de production, des dommages permanents/temporaires à l'équipement ou même la perte de l'usine de production. Il y a des circonstances où les besoins de productions incluent un risque accru des accidents électriques tels que lors de soudage dans des environnements humides ou mouillés, positionnant le soudeur à l'intérieur d'une structure métallique ou même en contact direct avec la pièce à usiner. Un évitement des accidents sur le lieu de travail dépend grandement de la prévention plutôt que de résoudre un mal déjà existant. Quelques mesures préventives importantes qui devraient être mises en place lors du soudage à l'arc incluent :

L'équipement utilisé pour le soudage devrait toujours être conforme aux standards nationaux ou internationaux ;

Tout appareil électrique devrait toujours être installé par du personnel qualifié et relié selon les recommandations du fabricant ;

Tous les connecteurs et fils électriques doivent être propres, intacts et toujours côtés correctement pour le courant requis ;

Toujours utiliser un équipement de soudage avec des isolants intacts (que ce soient les câbles, les prises, les pinces ou les porte-électrodes) ;

Une autre mesure importante qui peut réduire les risques associés à l'électricité est de relier à la terre le système. Mettre à la terre permet d'éviter de mettre sous tension des composants conducteurs en cas de défaillance.

2.2. Créer un lieu de travail sûr

Afin de travailler dans un environnement totalement dépourvu de dangers électriques, un gros effort devrait être porté par chaque employé de l'entreprise, du soudeur au manager de l'entreprise sans oublier les ingénieurs et les superviseurs.

2.2.1. Début du travail pour le soudeur (individuel)

Ce sous-chapitre est consacré aux procédures individuelles qui font du travail du soudeur des tâches sans risque pour la santé en termes de problèmes électriques. Les soudeurs devraient ainsi porter des gants et combinaisons intégrales propres et sèches. Le fait de porter une combinaison intégrale réduit grandement la surface de « peau nue » qui risque d'entrer en contact avec des parties électriques sous tension.

2.2.2. Un travail sûr pour le groupe (y compris les panneaux)

Pour créer un environnement de travail sûr pour toute l'équipe, il est important de s'assurer que tous les panneaux de danger/précaution sont répartis correctement dans l'atelier de travail. Un programme de sécurité doit y être organisé, publié, approuvé et enseigné. Le manager devrait toujours exiger une formation sur la sécurité au sujet de tous les équipements avant qu'ils ne soient utilisés. Quelques exemples des panneaux les plus fréquemment utilisés décrivant un environnement dangereux électriquement sont présentés dans la figure 14 ci-après.

Figure 14 – Signalisation des dangers électriques. Source : https://www.panduit.com/en/products/signs-labels-identification/signs-accessories/pre-printed-write-on-safety-signs.html

2.2.2.3. Contrôle de l'atelier par un superviseur

Comme déjà évoqué plus tôt, réduire les risques liés à l'électricité demande un effort de tous dans l'entreprise. Une responsabilité du superviseur d'un atelier est d'assurer que l'entretien, l'opération et les travaux de réparation de l'équipement soient effectués correctement et par du personnel qualifié. Le superviseur doit également veiller au remplacement nécessaire des équipements/accessoires aussi vite que possible après être informé du risque d'endommagement. Il doit également veiller à ce que tout l'équipement soit installé et mis à la terre selon les réglementations nationales et locales.

2.2.4. Contrôle du lieu de travail

Le contrôle du lieu de travail est un sujet de la plus haute importance en ce qui concerne les dangers sur la santé et la sécurité liés à l'électricité. Chaque ouvrier devrait effectuer des contrôles réguliers de tous les équipements utilisés et de l'équipement de protection individuelle. S'assurer qu'il n'y a pas de câbles sous tension est un des contrôles qui peut être effectué sur le lieu de travail. De même, les outils de travail comme les torches de soudage ou les clips de masse devraient être surveillés et les traces d'usure répertoriées afin d'assurer une utilisation sécurisée. Les objets sous tension comme les câbles de soudage ou les outils coupants peuvent causer de sérieux troubles de santé individuelle et entraîner la mort dans certains cas extrêmes. Ainsi, un contrôle du lieu de travail devrait être ajouté comme tâche quotidienne importante.

2.2.5. Courants de soudage vagabonds

Les courants de soudage vagabonds sont des courants électriques qui retournent vers le système de soudage par d'autres voies que celle du câble retour de soudage. Ce type de courant

électrique peut être extrêmement élevé si on le compare au courant de soudage. Il en résulte des risques associés aux décharges électriques, brûlures et dégâts matériels. Les courants vagabonds sont plus susceptibles d'apparaître lorsque le retour du courant de soudage est fixé à une surface rouillée par exemple. Certains équipements de soudage MMA plus anciens, surtout utilisés dans les secteurs de la construction et réparation navales ont des câbles de retour à la terre qui sont utilisés par plusieurs stations de soudage parallèlement. Le chemin de retour du courant dans ce cas devrait être le plus court possible afin de réduire les risques.

2.2.6. Alimentation électrique triphasée

Lorsqu'un soudeur utilise des circuits de soudage en triphasé, les positions de soudage connectées aux différentes phases devraient être divisées en distance ou partition. Cette mesure réduit fortement les risques de décharge électrique.

2.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipement

Tout équipement électrique est sujet à défauts et imperfections. Ainsi, lors du soudage avec un équipement électrique, une attention particulière devrait y être portée afin de prévenir les accidents majeurs. Le soudeur devrait contrôler régulièrement son équipement individuel. Le superviseur de l'atelier devrait souvent contrôler les installations dont il est responsable. Tout employé, y compris ceux mentionnés précédemment devraient suivre tous les standards relatifs aux équipements de protection individuelle (PPE).

2.3.1. Équipement individuel

Le soudeur devrait être responsable des contrôles quotidiens de tout l'équipement de soudage et informer ses supérieurs des défauts. Certaines mesures devant être prises pour éviter les risques personnels lors du travail avec l'électricité sont citées ci-après :

- Lisez toutes les instructions, étiquettes et manuels d'installation avant de procéder à l'installation, l'opération et à l'entretien de l'équipement ;
- Ne touchez pas les parties électriques sous tension ;
- Ne travaillez pas dans des conditions de dangers électriques ;
- Ne touchez pas les électrodes énergétiques lorsque vous êtes en contact avec un circuit de travail ;

- N'enroulez aucun câble porteur de courant électrique autour d'une partie du corps ;
- Ne touchez jamais d'électrodes à mains nues ;
- Utilisez des supports d'électrodes parfaitement isolés. Ne plongez jamais les supports dans de l'eau pour les refroidir ou ne les placez jamais sur des surfaces conductrices ou sur la surface de travail.

2.3.2. Installation de l'atelier

Lors d'un travail avec un équipement de soudure à l'arc, quelques précautions doivent être prises afin d'éviter d'importants accidents. Tous les postes de travail qui nécessitent l'utilisation de l'électricité, c'est-à-dire les systèmes robotisés et automatisés doivent avoir leur propre mise à la terre, garantissant ainsi une sécurité électrique. Lors du soudage sur de grandes structures et installations de tuyauterie, fixer le câble de retour de soudage à la rambarde, aux tuyaux ou au cadre de la structure doit être évité à moins qu'il ne fasse partie de la pièce à usiner elle-même. De même, les surfaces rouillées doivent être évitées pour empêcher les courants vagabonds. Ce type d'installations de soudage ne doit être utilisé qu'avec des équipements conçus pour être utilisés ainsi. Le chemin de retour du courant doit être aussi court que possible et peut nécessiter une conception soignée pour garantir un risque minimum.

La mise à la terre de l'équipement est une autre technique qui doit être appliquée car elle permet d'éviter que les parties conductrices de l'équipement ne passent sous tension pendant les défaillances. Des cas de bonne ou mauvaise mise à la terre sont décrits dans la figure ci-après. Il ne doit subvenir aucune différence potentielle entre la rampe et le boîtier.

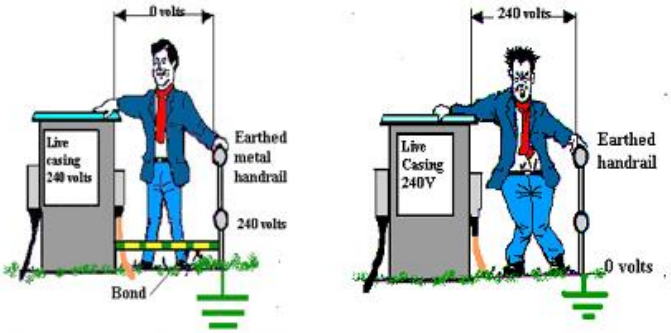


Figure 15 – Conséquences en termes de différence potentielle quand tout le circuit est connecté.

Source : https://slideplayer.com/slide/8690671/

2.3.3. Équipement de protection individuelle (PPE)

Commented [ST|FK1]: In de brontekst lijkt de nummering niet te kloppen: paragraaf 2.3.2 komt daar twee keer voor. In de vertaling is dit aangepast.

Francisca Koldenhof - Projectmanager

Comme dans d'autres emplois ou carrières, les soudeurs doivent porter des équipements protecteurs appropriés. En général, les PPE doivent protéger contre les dangers tels que brûlures, étincelles, éclaboussures, décharges électriques et rayonnements. L'utilisation des PPE est une pratique sûre et peut être requise par des agences de réglementation. Par exemple, l'OSHA exige l'utilisation des PPE lorsque l'ingénierie et les contrôles administratifs ne sont pas faisables ou efficaces. Des directives pour une pratique sûre dans ce domaine sont mentionnées ci-dessous.

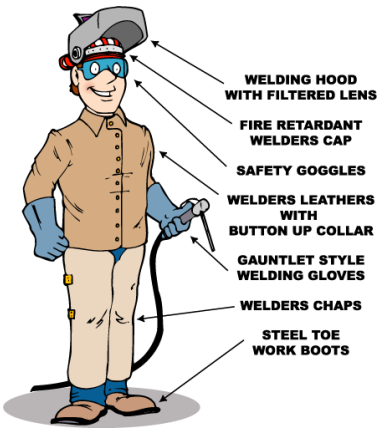


Figure 16 – Soudeur avec PPE recommandés. Source : https://www.canstockphoto.pt/welder2-cofre-5369759.html

Les PPE standards ne sont pas conçus spécifiquement pour éviter les décharges électriques. Ainsi, ils n'offrent pas la protection nécessaire pour les travaux dans des milieux qui présentent des dangers électriques. Ceci démontre qu'il est important de prendre les précautions nécessaires en termes de PPE. Les paragraphes qui suivent décrivent ces précautions spéciales.

Protection tête et oreilles :

• Un casque doit isoler de l'électricité...

Protection mains et pieds :

• Portez toujours des gants de soudure isolés, secs et non-troués, en bon état. Ils vous aideront à protéger vos mains des décharges électriques. Le cuir est un bon isolant tant qu'il reste sec.

• Portez toujours des bottes de protection isolantes et sèches, en bon état. Elles vous aideront à protéger votre corps des décharges électriques.

Protection du corps

• Veillez à ce que vos vêtements restent secs. Changez-les dès que vous sentez qu'ils sont mouillés (ceci réduit le risque de décharges électriques).

• Portez des tabliers, des pantalons collants, des capes et des manches si nécessaires dans votre cas, en cuir. Le cuir protège mieux que beaucoup d'autres matières.

Bien que les PPE de soudage offrent une certaine protection, les vêtements mouillés ou contaminés voient leur résistance électrique fortement réduite. Dans le cas de soudure à l'arc manuelle (MMA), la meilleure mesure préventive est d'utiliser un équipement avec un appareil limitant la tension du circuit ouvert. Ces appareils réduisent le risque d'électrocution résultant d'un contact fortuit avec une électrode.

2.4. Réglementations et recommandation nationales et européennes :

2.4.1 Recommandations européennes

La législation de l'EU dans le secteur électrique est importante pour permettre une harmonisation à travers toute l'Europe d'une gamme d'exigences essentielles dans le domaine de la santé et de la sécurité pour des produits placés sur le marché. La Directive sur la mise à disposition sur le marché du matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension (LVD) 2014/35/EU veille à ce que les équipements électriques entre certaines tensions fournissent une grande protection pour les citoyens européens et profitent totalement du marché unique. Tous les risques pour la santé et pour la sécurité, liés aux équipements électriques utilisant une tension entre 50 et 1000 V en CA et entre 75 et 1500 V en CC sont traités par cette directive. Ces taux de tension portent sur la tension des entrées et sorties électriques, non pas sur les tensions qui peuvent apparaître à l'intérieur de l'équipement.

2.4.2. Réglementation nationales et européennes

Dans ce chapitre, une liste des principaux standards européens sur la Santé & Sécurité et les codes de pratiques au sujet de l'électricité est présentée :

ISO 45001:2018 – Systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail

ISO/TR 18786:2014 – Hygiène et sécurité en soudage – Lignes directrices pour l'évaluation des risques des activités de fabrication de soudage

IEC 60364-4-41:2005+AMD1:2017 CSV – Installations électriques à basse tension – Partie 4 - 41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques

IEC 60364-5-54:2011 – Installations électriques basse tension - Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Installations de mise à la terre et conducteurs de protection

IEC 61140:2016 RLV - Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels

IEC TS 60479-2:2017 RLV – Effets du courant sur les êtres humains et le bétail – Partie 2 : Aspects spéciaux

IEC 60974-1:2017 – Matériel de soudage à l'arc - Partie 1: Sources de courant de soudage

IEC GUIDE 116:2010 – Lignes directives sur la sécurité liée à l'évaluation des risques et à la réduction du risque pour les équipements à basse tension.

EN 61439 – Ensemble d'appareillage à basse tension et de commande.

BS 5424 Parts 2 and 3 – Spécification pour commande à basse tension.

EN 60422 – Huiles minérales isolantes dans les matériels électriques - Lignes directrices pour la maintenance et la surveillance.

EN 60079-30-2 – Chauffage de surface électrique.

BS 6423 – Code de pratiques pour l'entretien des appareillages électriques pour des tensions allant jusqu'à 1 kV inclus.

BS 6626 – Code de pratiques pour l'entretien des appareillages électriques pour des tensions supérieures à 1 kV et allant jusqu'à 36 kV inclus.

BS 7375 – Code de pratiques pour la distribution de l'électricité sur les sites de construction.

BS 7430 – Code de pratiques pour la mise à la terre.

BS 7671 – Règles pour les installations électriques. Réglementations pour le câblage IEE. 17ème édition.

EN 50110 Parties 1 et 2 – Exploitation des installations électriques.

EN 60529 – Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP).

EN 60947 Parties 1 à 8 – Spécification pour appareillage à basse tension.

3. Champs électromagnétiques

3.1. Identifier les risques :

3.1.1. Santé (risques individuels)

Les champs électromagnétiques (EMF) apparaissent dès qu'une énergie électrique est utilisée. Ainsi, par exemple, les EMF apparaissent là où il y a un système électrique comme un gros groupe électrogène, des scies électriques, des perceuses ou des alimentations électriques ou câbles électriques d'un immeuble. On sait depuis longtemps qu'une exposition à de forts EMF peut avoir de graves effets. Bien que ces effets soient extrêmement rares et n'apparaissent pas dans des situations du quotidien, tous les processus de soudage électrique créent des EMF. En fait, les soudeurs font parties des ouvriers les plus exposés aux champs magnétiques [2]. Les EMF peuvent se trouver sous forme d'électricité statique, d'électricité statique magnétique ou de champs électriques, magnétiques et électromagnétiques variant au fil du temps. Les effets des EMF sur le corps humain dépendront de la fréquence de rayonnement. Pour les basses fréquences, les principaux effets se feront ressentir sur le système nerveux central. Quand on en vient à de hautes fréquences, les effets ressemblent des effets de chauffage qui se manifestent par des hausses de la température corporelle. À des fréquences au-delà de 100 kHz, l'énergie du champ électromagnétique sera partiellement absorbée par les tissus du corps, ce qui peut amener à des effets diélectriques sur tout le corps ou des effets de chaleur localisée.

Quelques considérations supplémentaires en ce qui concerne l'exposition aux EMF des ouvriers avec des implants sont présentées ci-dessous :

- Les effets dominants sur le corps humain sont les forces résultantes des éléments ferromagnétiques (c.à.d. les implants métalliques) ou les charges mouvantes (les ions sanguins).
- Les implants médicaux passifs et actifs tels que les pacemakers cardiaques peuvent être sensibles aux champs électromagnétiques.

3.1.2. Sécurité (risques sur le lieu de travail)

Les processus de soudage nécessitent souvent de forts courants électriques et de relatives faibles tensions. Ainsi, le champ magnétique est de la plus haute importance. Les deux processus principaux qui engendrent des champs magnétiques considérables sont le soudage par résistance et le soudage à l'arc. Les principales sources d'EMF dans le soudage par résistance sont les électrodes. Dans le cas de la soudure à l'arc, les émetteurs sont l'électrode et le câble. Ainsi, le niveau d'exposition du soudeur dépendra fortement de la distance de l'émetteur principal au corps du soudeur. Dans le cas du soudage à l'arc, si l'opérateur travaille avec des câbles enroulés autour de son corps, l'exposition sera plus grande que s'il l'utilisait

avec des câbles loin de lui. Le même principe s'applique aux électrodes dans les deux types de soudage mentionnés.

3.2. Créer un lieu de travail sûr

3.2.1. Travail sûr pour le soudeur (individuel)

Avec les principaux effets nocifs des EMF sur le corps humain mentionnés précédemment, ce sous-chapitre sera centré sur les mesures préventives pour le soudeur. Ces mesures sont citées ci-après et sont enclines à diminuer l'exposition du soudeur aux risques des EMF.

- Ne placez pas votre corps entre l'électrode de soudage et les câbles de travail ;
- Placez les câbles du même côté de votre corps ;
- Placez les câbles de soudage près les uns des autres. Fixez-les ensemble avec du ruban adhésif ou des attaches de câbles ;
- Connectez le câble de travail et serrez la pièce à usiner aussi près que possible de la zone de soudage ;
- N'utilisez pas de configuration de courant plus élevée que nécessaire ;
- Gardez la source d'alimentation du soudage et les câbles aussi loin que possible ;
- Ne soudez pas avec des jets rapides et répétés – attendez env. 10 secondes entre chaque soudure ;
- Si vous vous sentez mal, arrêtez-vous immédiatement de souder et demandez l'avis d'un médecin.

3.2.2. Travail sûr pour le groupe (y compris les panneaux)

La gamme électromagnétique comprend une palette entière de fréquences de rayonnement électromagnétique, leurs énergies photoniques respectives et leurs longueurs d'onde. Les risques des EMF sont potentiellement dangereux pour le corps. Ainsi, ce chapitre se penchera sur la signalisation généralement présente dans les ateliers où les ouvriers sont soumis aux EMF avec des intensités dangereuses.

Dans le cas d'EMF à basse fréquence, la situation la plus dangereuse repose sur l'exposition aux radiofréquences (RFR) qui peuvent être qualifiées de radiation non-ionisante. Cette classification repose sur le fait que les RFR n'ont pas l'énergie suffisante pour séparer les

électrons. Les panneaux les plus communs en ce qui concerne ce type de radiation sont présentés dans la figureError! Reference source not found..

Figure 17 – Panneau d'avertissement avec code couleur pour les RFR.

Source : https://blink.ucsd.edu/safety/radiation/radfreq.html

Il existe également des panneaux typiquement utilisés dans les ateliers pour prévenir de la présence de champs magnétiques de forte intensité. La signalisation est présentée dans la Figure . De forts champs magnétiques peuvent être critiques pour les personnes avec des pacemakers ou d'autres implants métalliques car ces champs créent de grandes forces d'attraction.

Figure 18– Panneau d'avertissement typique d'un lieu sujet aux forts champs magnétiques.

Source : https://www.safetysign.com/products/4991/danger-restricted-access-sign?s=st1ztfjkzsk15m9zppj7pzbp14x

Figure 19 – Panneau d'interdiction standard souvent affiché en relation avec EMF : Accès interdit aux personnes porteuses d'implant cardiaque actif (gauche) et Accès interdit aux personnes porteuses d'implant métallique (droite) Source : https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_7010

3.2.3. Contrôle de l'atelier par le superviseur

Éviter les dangers des EMF dans un atelier fait partie des responsabilités du superviseur d'une usine. Ainsi, le besoin d'effectuer des mesures fiables de l'intensité et de la fréquence apparait. Et la personne chargée de cette tâche devrait surveiller que ces tests correspondent bien aux standards de sécurité mis en place à ce sujet et prennent des mesures si l'environnement de travail devient inacceptable. La directive européenne 2013/35/EU présente des consignes concernant les limites d'exposition des ouvriers aux EMF.

3.2.4. Contrôle du lieu de travail

Il est de la plus haute importance que tous les employés soient au courant en détail de tous les procédés et de l'étendue des EMF produits par chaque équipement. Cette équipe doit être informée du fait qu'un appareil de mesure des EMF est utilisé.

Il est important de réfléchir au niveau d'action (AL) et aux valeurs limites d'exposition (ELV) car une large gamme d'appareillage produit des EMF qui ne sont pas dangereux pour une personne et d'autres oui. Les ELV sont des limitations juridiques d'exposition des employés aux EMF et concernent les niveaux d'exposition aux EMF dans le corps. Elles sont souvent impossibles, difficiles ou onéreuses à mesurer directement, ainsi une liste de valeurs, plus connues sous l'acronyme AL a vu le jour concernant les quantités qui peuvent être mesurées plus facilement. Si l'AL n'est pas dépassé, l'exposition ne peut pas dépasser la valeur ELV correspondante. Cependant dans le cas où l'AL est dépassé, il est nécessaire d'analyser si l'ELV correspondant a peut-être été dépassé, puisqu'il peut se trouver en-deçà de la valeur

limite. Certains AL ne sont pas liés à une ELV en particulier mais servent de ligne directrice pour les effets indirects qui peuvent apparaître et blesser l'opérateur, c'est-à-dire faire des interférences avec les pacemakers ou risquer de faire des objets métalliques des projectiles sous l'effet des forts champs magnétiques.

3.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipement

3.3.1. Équipement individuel

Sur la plupart des lieux de travail, les champs électromagnétiques sont censés être si faibles qu'il n'y a aucun risque, bien que les employeurs soient priés d'évaluer si les ouvriers sont en danger en suivant les guides listant les différentes activités de travail, appareillage et lieux de travail plus enclins aux EMF. Malgré tout, les ouvriers disposant d'implants médicaux (qui peuvent contenir du métal) ou celles enceintes sont considérés à risque. Ces personnes doivent recevoir des conseils adaptés de leur médecin traitant qui doit aider l'employeur à évaluer si cette personne est à risque sur le lieu de son travail.

Dans le cas où l'évaluation par l'employeur indique qu'un mesurage est nécessaire pour analyser si l'ouvrier est à risque, un compteur d'EMF peut être utilisé. Ce type d'équipement permet de contrôler l'intensité d'un EMF produit par un seul équipement de soudage individuel. Tout équipement testé doit être conforme avec les MPE autorisés par la directive européenne en la matière.

3.3.2. Installations dans les ateliers

En ce qui concerne les équipements individuels, les installations dans les ateliers doivent aussi être testés. Les appareils utilisés dans cette optique doivent être similaires aux compteurs EMF cités plus haut. Il faut réfléchir quant à la position des prises de mesure ainsi qu'à l'équipement qui opère pour des courants plus forts dans l'usine.

3.3.3. Équipement de protection individuelle

Tout superviseur doit être responsable de la sécurité de ses ouvriers sur le lieu de leur travail. Ainsi, il fait partie des fonctions du superviseur de s'assurer que chacun de ses ouvriers pouvant être soumis aux risques liés aux EMF ait son propre PPE. Cet équipement doit être intact et conforme aux standards de sécurité nationaux et européens. Il fait aussi partie du travail du superviseur d'assurer l'entretien des PPE selon ces standards. Certaines de ces actions

conservatoires concernant les PPE dont aussi bien le superviseur que l'ouvrier devraient être responsables sont citées ci-après :

- Fournir des masques faciaux, des combinaisons intégrales et des gants ;
- Fournir d'autres appareils de protection tels que des écrans/rideaux/accès restreint ;
- Fournir des informations et formations ;
- Afficher des panneaux d'avertissement adéquats ;
- Surveiller et imposer l'utilisation des mesures de contrôle ;
- Si quelque employé est surexposé, fournir les examens médicaux et envisager si un suivi médical est nécessaire.

3.4. Réglementations et recommandations nationales et européennes

3.4.1. Recommandations européennes

- Directive 2013/35/EU

4 Risques de coupure

4.1. Coupures

Une coupure est une lésion ou une ouverture de la peau d'une personne. Une coupure peut être profonde, en dents de scie ou droite. Selon la profondeur, une coupure peut endommager les nerfs, muscles ou même les os.

Voici 4 types de plaies ouvertes :

- Par abrasion :
  La peau est frottée ou éraflée contre une surface dure/rugueuse ;
- Une coupure (lacération) :
  Une ouverture de la peau due à un objet tranchant ;
- Une perforation :
  Un petit trou causé par un long objet pointu ;
- Une avulsion :
  Déchirure partielle ou totale de la peau ;

Si les plaies ne sont pas traitées correctement, une infection risque d'apparaître. Les infections dues aux coupures les plus communes sont le tétanos et la gangrène. Ces infections sont mortelles et se développent rapidement. N'hésitez pas à contacter un médecin si la blessure semble sérieuse.

4.2. Causes

Les coupures sont généralement causées par des objets tranchants. Pour les soudeurs et le reste du personnel travaillant dans le secteur métallurgique, ces objets tranchants sont le plus souvent les outils ou les matériaux, par exemple, la manipulation de plaques fines aux bords coupants, de couteaux et meules. Bien que beaucoup de coupures soient causées par les personnes elles-mêmes, le facteur organisationnel ne doit pas être perdu de vue, tels que les objets tranchants dépassant d'un portant ou posés au sol.

Les personnes qui se sont coupées manquaient souvent de concentration durant leur travail ou de bon sens. Malgré tout l'équipement de protection, le travail avec des objets tranchants requiert beaucoup de concentration.

4.3. Conséquences

Comme évoqué auparavant, il existe différents types de conséquences. La plupart des blessures causées par des objets contondants ne sont pas très graves et peuvent être simplement soignées en désinfectant la plaie et stoppant le saignement à l'aide d'un pansement. D'autres cas peuvent nécessiter l'intervention d'un médecin. Celles-ci peuvent avoir un impact sérieux sur la vie du soudeur. Un handicap permanent peut en résulter si elle est mal soignée.

Généralement, les contaminants dans une plaie aggravent ces blessures. Une coupure due à une plaque d'acier tranchante ou une meule peut contaminer la plaie avec des poussières de fer, de la rouille, des particules entre autres. Nettoyer ces plaies est donc très important.

Un autre facteur est la santé mentale de la personne blessée. Les gens porteurs de cicatrices ou amputés d'un membre ont de grandes chances de sombrer dans la dépression ou l'anxiété. Pour toutes les parties concernées, un coup dur financier s'ensuit souvent.

Les soudeurs travaillent souvent avec des meules. Ces outils sont très utilisés mais aussi dangereux. Lors d'une coupure due à une meule, la plaie prend la forme à la fois d'une coupure et d'une brûlure. Ces plaies sont souvent contaminées par des poussières de fer, des particules etc. augmentant ainsi les risques d'infection. Le disque tourne à une telle vitesse que la plaie est en partie brûlée. Ces vilaines plaies guérissent lentement et peuvent être très douloureuses.

4.4. Créer un lieu de travail sûr

Avant de démarrer son travail, un soudeur devrait regarder d'un œil critique l'état de son espace de travail. Il devrait s'assurer qu'aucun matériel, outil ou équipement ne traîne au sol et sur lequel il risque de trébucher et tomber. Il n'est pas toujours possible de garder le sol libre de tout objet, alors assurez-vous qu'ils ne sont pas sur votre chemin.

Assurez-vous qu'aucun objet contondant ne sont tournés vers vous ou les autres. Stockez-les dans un endroit sûr où un contact accidentel est rendu impossible. Lorsque vous utilisez des outils contondants, ne les mettez jamais dans vos poches sans boîtier approprié. Si vous tenez des objets coupants, ne courez pas ou n'escaladez pas, ils risqueraient de vous blesser en cas de chute.

Si par exemple vous êtes responsable de changer la lame de la scie de la scie à ruban, ajustez la protection lors de cette opération. Soyez prudent lorsque vous ouvrez l'emballage de la lame puisqu'il s'agit véritablement d'un ressort tendu. Il s'agit ici juste de quelques exemples de situations où l'équipe est vulnérable et risque de se blesser.

Lorsque vous utilisez des outils tels que la scie à ruban ou la meule, assurez-vous que le capot protecteur soit bien installé. Sinon, l'utilisation de la machine n'est pas sûre et elle devrait être éteinte jusqu'à ce que les mesures de sécurité soient respectées. Il est important de tenir la meule à deux mains à tout moment. Après avoir fini de l'utiliser, assurez-vous qu'elle se soit totalement arrêtée avant de la poser.

Les objets contondants tels que les plaques de métal fin peuvent causer de sérieuses coupures s'ils glissent des mains. Ébarber ces plaques, si possible, peut diminuer les risques de coupure. Un ruban adhésif ou caoutchouc protecteur posé sur les bords tranchants rend la manipulation beaucoup plus sûre.

4.5. Équipement de protection individuelle

Si l'on veut éviter les coupures et on a essayé d'éliminer les risques d'entrer en contact avec des objets tranchants, on doit alors aussi se protéger. Dans le cas des risques de coupure, la première chose à laquelle on pense sont les gants. La plus grande propriété de ces gants doit être la résistance contre la pénétration, coupure ou le tranchage des objets coupants. On appelle ces risques les « risques mécaniques ».

Les gants nous protégeant de ces risques sont marqués du symbole « marteau ». Sous ce symbole se trouvent 4 chiffres. Chaque chiffre représente un risque mécanique. Plus le chiffre est bas, plus la protection contre ce risque particulier est basse. Les chiffres vont de 1 à 4, sauf pour le deuxième chiffre qui peut aller jusqu'à 5.

Table 1 — Levels of performance

Test	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
6.1 Abrasion resistance (number of rubs)	100	500	2 000	8 000	-
6.2 Coupe test: Blade cut resistance (index)	1,2	2,5	5,0	10,0	20,0
6.4 Tear resistance (N)	10	25	50	75	-
6.5 Puncture resistance (N)	20	60	100	150	-

Figure 20 - Tableau 3- Source : EN 12477

Il va de soi que l'on doit essayer de porter des gants avec un chiffre référence aussi haut que possible. Mais ce n'est pas toujours possible. On doit garder le confort et la manœuvrabilité du soudeur qui les portent à l'esprit.

Il est également possible d'acheter des gants portant les symboles « feu » et « marteau ». Ces gants sont adaptés pour le meulage, opération créatrice de chaleur et porteuse de risques de brûlure.

Nous avons parlé des coupures aux mains, mais qu'en est-il des coupures aux autres parties du corps ? Les vêtements de travail sont importants en ce qui concerne les coupures. Assurez-vous de porter des pantalons et des manches longues pour protéger jambes et bras. Le tissu du vêtement de travail doit être en coton robuste ou en tissu technique proposant une résistance aux coupures. Ceci réduira les risques de blessure lors d'un contact avec des objets coupants.

Enfin, pendant les opérations de meulage, assurez-vous de porter des protections oculaires et auditives ou des casques auditifs. Ceci peut ne pas être nécessaire pendant les opérations avec d'autres outils. Observez les panneaux ou demandez aux superviseurs ce qui est recommandé.

4.6. Réglementations et recommandations nationales et européennes

Les standards utilisés pour la présentation et pour le manuel :

- EN 388
- EN 407
- EN 12477

5 Matières chaudes et éclaboussures

5.1. Matières chaudes

Quand considérez-vous qu'un objet est chaud ? Ce n'est pas une question facile car la résistance des gens à la chaleur varie d'une personne à l'autre. Vous pourriez dire qu'un objet est chaud quand sa température est plus élevée que celle du corps humain. En la matière il est peut-être plus correct de dire que quelque chose est chaud quand vous ne pouvez pas garder le contact sans vous brûler.

Attention avec l'aluminium qui ne change pas de couleur lorsqu'il est chaud. Cela peut être trompeur lors de la manipulation de l'aluminium.

5.2. Les brûlures

Lors d'une brûlure, même brève, la blessure continue à moins d'être stoppée. Ceci signifie qu'après une brûlure, vous devez ralentir et stopper la brûlure en rinçant à l'eau tiède.

Il existe quatre degrés de brûlure. Ils représentent la sévérité de la brûlure, le premier degré étant le moins grave (un coup de soleil par exemple) et le quatrième le plus grave (lors de l'apparition de carbonisation).

Selon le degré, une brûlure peut laisser des cicatrices et a un lent processus de guérison, la rendant difficile à accepter mentalement.

5.3. Éclaboussures et étincelles

Des éclaboussures sont du métal fondu virevoltant involontairement du fait d'une perturbation dans le point de soudage. En particulier le soudage à l'arc MIG-MAG (GMAW) cause beaucoup d'éclaboussures. Bien que ces gouttelettes soient généralement très petites, elles peuvent faire beaucoup de dégâts. Si une gouttelette parvient à se frayer un chemin dans vos chaussures, gants ou combinaisons, des brûlures peuvent s'ensuivre.

Il est préférable d'ôter tout bijou, comme des bagues et bracelets. L'or et l'argent étant d'excellents conducteurs, si une éclaboussure entre en contact avec celui-ci, la chaleur se répandra atour de votre doigt ou poignet très vite et vous brûlera.

Les étincelles apparaissent pendant les opérations de meulage et consistent en des pièces de métal chaudes et brûlantes et des particules de disque de la meule. Si ces étincelles entrent en contact avec la peau, irritations et brûlures peuvent apparaître.

5.4. Risques

Un contact avec des matières chaudes et des éclaboussures peuvent causer de graves brûlures. Toucher des objets chauds ou être frappé par des éclaboussures de matière fondue sont les

blessures les plus fréquentes chez les soudeurs. Des dommages ou des cicatrices permanentes ne sont que quelques exemples des nombreuses conséquences possibles d'un contact avec des objets chauds. Un aspect mental d'un tel événement doit toujours rester à l'esprit. Une sérieuse dépression due aux cicatrices et mutilations peuvent s'ensuivre. Le soudeur peut être incapable de reprendre le travail et développer une peur justifiée de travailler dans un environnement avec des objets chauds.

Quand on travaille avec des matières chaudes, on peut facilement blesser ses collègues ou personnes alentour. Déclencher un incendie est un autre exemple de mise en danger d'autrui. C'est pourquoi travailler avec ces objets affecte aussi tout le monde autour de soi.

Gardez à l'esprit que lorsqu'un feu se déclenche, des gaz toxiques sont émis pouvant éventuellement être dangereux. Un nuage toxique peut toucher facilement un secteur de plusieurs kilomètres carrés.

5.5. Créer un lieu de travail sûr

Avant de démarrer son travail, un soudeur devrait regarder d'un œil critique l'état de son espace de travail. Il devrait s'assurer qu'aucun matériel, outil ou équipement ne traîne au sol, sur lequel il risque de trébucher et tomber. Il n'est pas toujours possible de garder le sol libre de tout objet, alors assurez-vous qu'ils ne sont pas sur votre chemin.

En ce qui concerne l'équipement prévu pour les éclaboussures et les matières chaudes comme l'équipement pour le soudage, contrôlez l'état des câbles, tuyaux etc. Si un doute subsiste, n'hésitez pas à informer ou demander à un superviseur. Assurez-vous que tous vos outils soient bien présents et que les mesures de sécurité correctes puissent être prises.

L'utilisation de toutes les machines et les équipements de l'atelier doit être sûre, sinon informez tout le monde que la machine est (temporairement) hors d'usage. Faites-le à l'aide de panneaux sur la machine et verrouillez-la afin que personne ne s'en serve.

Quand une machine est opérationnelle et sûre, informez l'équipe de son fonctionnement. La formation du personnel est la meilleure solution. En rappel, affichez des panneaux de sécurité et si nécessaire une procédure.

En ce qui concerne les matières chaudes et les éclaboussures, affichez des panneaux avertissant les soudeurs que des objets chauds risquent d'exploser et que de se protéger la tête est le moyen le plus sûr d'éviter les accidents. Stockez les produits inflammables et explosifs correctement. Étiquetez-les correctement. Des objets tels que le papier, le carton ou les dégraissants n'ont rien à faire près d'une flamme ou d'étincelles produites par des processus de soudage ou meulage.

La surveillance du lieu de travail n'est pas une tâche réservée aux seuls superviseurs. Tout le monde peut faire attention aux situations dangereuses et le cas échéant les signaler ou les éliminer. Si vous voyez quelqu'un travailler dans un environnement peu sûr, n'hésitez pas à les en avertir.

Comme déjà évoqué plus tôt, les tubes et câbles doivent être en parfait état pour éviter incendie et explosion. Assurez-vous lors du soudage qu'aucun objet inflammable ne se trouve dans les environs. C'est un job à temps complet, il ne suffit pas de s'en occuper avant de démarrer, soyez toujours au courant de ce qui se passe autour de vous. Quelqu'un pourrait poser accidentellement un chiffon imbibé d'un produit inflammable près de votre poste de soudage, meulage ou découpage, etc.

5.6. Équipement de protection individuelle

L'équipement de protection personnelle pour les soudeurs doit être résistant à la chaleur. La peau du soudeur doit être couverte de cet équipement du cou jusqu'aux orteils. Tout tissu augmentant le risque de brûlure (tels que le nylon, le polyester etc.) doit être prohibé. Les vêtements de travail en cuir ou en coton lourd sont toujours une bonne option. Les combinaisons de soudeur modernes sont composées de tissu ignifugé. Ces combinaisons sont marquées d'un signe « appropriées pour les soudeurs » comme ci-contre.

Figure 21 - Source : VCL & ISO 11611

Les gants sont très importants pour protéger les mains du contact avec les objets chauds et les éclaboussures qui se produisent lors du processus de soudage. Un gant approprié pour le travail avec les matières chaudes contiendra un symbole « feu ». Sous ce symbole, 6 chiffres sont imprimés. Ces chiffres nous informent du niveau de protection. Quelquefois ces gants de soudeurs limitent la manœuvrabilité, auquel cas vous devriez choisir un gant de type A. Par exemple pour un soudage TIG, ces gants seront plus faciles d'emploi.

Les casques de soudeur ne protègent pas seulement les yeux des rayonnements mais couvrent tout le visage contre les éclaboussures. Selon le processus, ces casques peuvent être équipés de capots supplémentaires et de tissu pour couvrir cou et tête.

Les chaussures de sécurité pour soudeurs présentent une légère différence face aux bottes de travail ordinaires. Plutôt que des lacets découverts, elles disposent d'un morceau de cuir les protégeant afin d'éviter que du métal en fusion ne vienne se poser sur les chaussures.

Il existe de nombreux outils qui rendent la vie du soudeur plus confortable. Presque toutes les parties du corps humain peut être protégées par un PPE. Par exemple, des manches ou des tabliers en cuir, etc. Pour le soudage TIG, ce qu'on appelle le « protège-doigt TIG » est disponible. Vous le glissez sur le doigt, ce qui permet de garder le contact avec la pièce usinée si vous désirez plus de maintien.

Figure 22- Source : http://www.weldingtipsandtricks.com/aluminum-welding-training.html

5.7. Réglementations et recommandations nationales et européennes

Les standards utilisés dans la présentation et pour le manuel :

- EN12477 : « Gants de protection des soudeurs »
- EN407 : « Gants de protection contre les risques thermiques (chaleur et/ou feu)
- EN388 : « Gants de protection contre les risques mécaniques »
- EN ISO 14116 : « Vêtements de protection – protection contre la chaleur et la flamme – Matériaux, assemblage de matériaux et vêtement à propagation de flamme limitée »
- EN ISO 11611 : « Vêtements de protection utilisés pendant le soudage et les techniques connexes »

6. Rayonnement par lampe à arc

6.1. Identifier les risques

Le processus de soudage comporte des matières chauffant à hautes températures et des matières émettant des rayonnements selon la température. Les mesures de la lumière émise lors du processus de soudage dans les longueurs d'onde infra-rouges, visibles et ultra-violettes sont pertinentes en ce qui concerne la sécurité. Ainsi, les mesures peuvent être établies pour la protection du personnel concerné par le rayonnement de la lampe à arc.

Figure 23 – Rayonnement de la lampe à arc. Source :

Spectre électromagnétique

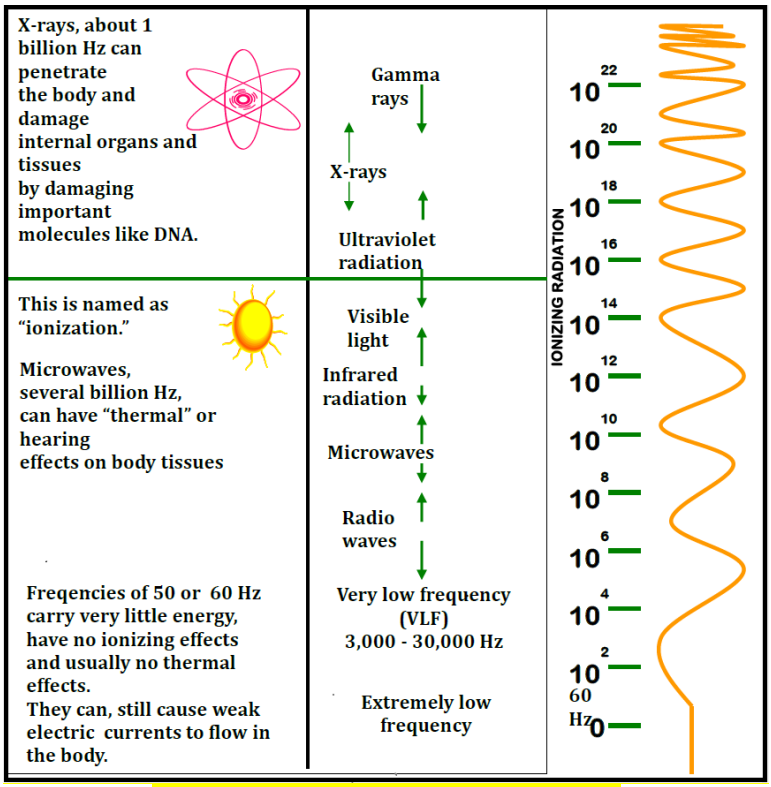


Tableau 4 – Spectre électromagnétique. Source :

Rayonnement

Types	Sources	Effets principaux sur la santé
Ionisant	Rayons X Rayons Gamma	Cancer, tare congénitale, mort
Non-ionisant	Ultraviolet Infrarouge Laser	Problèmes cutanés (vieillissement, cancer etc.)

		Brûlures conjonctivales et cornéennes, cataracte, problèmes oculaires

Tableau 5 – Effets principaux sur la santé selon le type de rayonnement. Source :

Rayonnement ionisant

- Produit lors du processus de soudage par faisceau d'électrons.
- Contrôlé dans les limites acceptables en utilisant une protection appropriée autour de la zone de soudage par faisceau d'électrons.
- Produit durant le meulage (jointoiement) des électrodes de tungstène thorié pour le processus TIG (la poussière de meulage étant radioactive).

Rayonnement non-ionisant

- L'intensité et la longueur d'onde de l'énergie produite dépendent du processus, des paramètres de soudage, des électrodes et de la composition du métal de base, des flux et de tout revêtement ou plaquage sur le matériau de base.
- Le rayonnement ultraviolet augmente environ au carré du courant de soudage.
- La brillance visible (luminance) de l'arc augmente bien plus lentement.
- Le processus utilisant de l'argon produit de plus grandes quantités de rayonnements ultraviolets que ceux utilisant des gaz protecteurs.

Figure 24 – Panneau de protection non-ionisante. Source:

L'énergie électrique du soudage à l'arc est convertie en chaleur et lumière. Chacun d'entre eux peut avoir de sérieux effets sur la santé de l'opérateur.

Le rayonnement lumineux peut être classifié selon la réglementation roumaine :

Type	Longueur d'onde, [nm]
Infrarouge (chaleur)	> 700

Visible	400-700
Ultraviolet	< 400

Tableau 6 – longueur d'onde des rayonnements lumineux

Rayonnement ultraviolet (UV)

Tous les processus de soudage à l'arc engendrent des UV et des expositions prolongées peuvent causer des irritations cutanées et oculaires ou, dans les cas les plus sérieux, cancer de la peau et lésions oculaires permanentes.

Les rayonnements UV sont divisés en 3 catégories :

	UV-A	UV-B	UV-C
Longueur d'onde	de 315 à 400 nm (aussi appelé lumière noire)	de 280 à 315 nm	de 100 à 280 nm
Chemin emprunté par la lumière	Passe par la cornée et est absorbée par le cristallin	Absorbée par la cornée de l'œil	

Tableau 7 – longueur d'onde du rayonnement UV

Le risque principal pour les soudeurs et les inspecteurs est lié à l'inflammation de la cornée conjonctivale (« coup d'arc » ou flash). Le coup d'arc (causé par le rayonnement UV) endommage la couche de protection extérieure des cellules de la cornée. Les cellules endommagées meurent et tombent peu à peu de la cornée. Cela engendre de fortes douleurs, en général décrites comme du « sable dans les yeux ». Cette douleur devient encore pire si l'œil est ensuite exposé à une forte lumière. Elle intervient des heures après l'exposition et dure entre 12 et 24 heures (plus pour les cas les plus sérieux).

Traitement en cas de coup d'arc : repos dans une pièce sombre. Des gouttes oculaires calmantes peuvent être administrées mais sur conseil de personnel qualifié ou hospitalier.

Une exposition à long terme à la lumière UV peut entrainer des cataractes chez certaines personnes.

Porter un casque de soudeur réduit considérablement de tels risques. Aussi, le port de lunettes spéciales avec protection latérale réduit les risques associés.

Note : l'arc peut se refléter dans les matériaux, collègues et autres personnes alentour. Environ la moitié des coups d'arc affectent les collègues qui n'étaient pas en train de souder.

Figure 25 – Situation de soudage non-conforme. Source :

Les UV issus des processus de soudage à l'arc provoquent une irritation ou des rougeurs dues aux changements dans la surface des vaisseaux sanguins. La rougeur cutanée peut mourir et peler en quelques jours. Une exposition prolongée ou fréquente à une lumière UV intense peut provoquer un cancer de la peau.

Réduire le niveau de rayonnement de l'arc n'est pas possible. Il est donc nécessaire de réduire l'exposition en utilisant des PPE.

Les rayons ultraviolets du soudage peuvent réagir en présence de solvants d'hydrocarbure chloré (trichloréthylène etc.) pour former des gaz phosgènes. Même une très petite quantité de phosgènes peut être mortelle, malgré des symptômes précoces tels que vertiges, frissons et toux. Ils prennent en général 5 à 6 heures à apparaître.

Lumière visible

La lumière qui est visible à l'œil humain a des longueurs d'onde entre 400nm (bleu) et 760nm (rouge). La palette de couleurs visibles ne contient pas toutes les couleurs que l'œil humain et le cerveau peuvent distinguer. Des couleurs non saturées telles que le rose ou le violet ne peuvent être créées qu'en mélangeant différentes longueurs d'onde. Les couleurs contenant seulement une longueur d'onde sont appelées pures.

Figure 26 – Palette de couleurs visibles

La lumière visible du processus de soudage est très brillante et peut saturer la capacité de l'iris à se fermer suffisamment et assez rapidement pour limiter la luminosité d'atteindre la rétine. Il en résulte que la lumière éblouit et fatigue temporairement l'œil.

Une lumière visible intense passant par la cornée peut, dans certains cas graves, endommager le nerf optique sur la rétine. L'effet dépend de la durée et de l'intensité de l'exposition et des réflexes naturels individuels à fermer l'œil et empêcher la lumière excessive. Normalement, cet effet éblouissant ne dure pas longtemps.

Les fortes intensités de la lumière bleue (de 400 à 500nm) ont prouvé qu'elles causaient des lésions de la rétine. Le « danger de la lumière bleue » est une cicatrisation temporaire ou permanente de la rétine.

Rayonnement infrarouge

Le rayonnement infrarouge est caractérisé par une longueur d'onde plus longue que celle de la lumière visible et est généralement invisible à l'œil humain (peut souvent être perçue comme de la chaleur). Les infrarouges ont une longueur d'onde entre 700nm (rouge) et 1000 nm. Le rayonnement infrarouge du soudage à l'arc cause des lésions seulement à de courtes distances de l'arc. Une sensation de brûlure instantanée de la peau autour des yeux peut se faire ressentir s'ils sont exposés à la chaleur de l'arc et la réaction humaine naturelle est de bouger ou de se couvrir pour éviter l'échauffement de la peau, ce qui peut aussi réduire l'exposition des yeux à ce rayonnement. Des années d'exposition prolongée aux rayonnements infrarouges peut causer une opacité progressive et irréversible du cristallin de l'œil. EN 169 expose la gamme de tons des filtres permanents qui limitent l'exposition au rayonnement émis par les différents processus à différents courants. Gardez à l'esprit que ces tons ne sont donnés qu'à titre indicatif.

Surexposition au rayonnement de l'arc

Une surexposition au rayonnement de l'arc présente certains symptômes qui indiquent des lésions potentielles.

Symptômes potentiels	Lésions potentielles
Ultraviolets • Yeux qui démangent ou pleurent ; « sable dans les yeux » ; **Visibles** • Yeux injectés de sang ; • Maux de tête ;	**Ultraviolets** • Peut apparaître en quelques millisecondes ; • Généralement à la cornée (peut causer une cataracte) ; **Visibles** • Entre quelques seconds et des heures ; • Les lésions peuvent être immédiates ou accumulatives ;

Infrarouges • Yeux secs, qui pleurent, grattent, maux de tête.	• Généralement maculaire ou sur la rétine (toujours permanentes) ; **Infrarouges** • Apparaît toujours après des années (les lésions sont toujours accumulatives) ; • Généralement au cristallin (cataracte) ;

Tableau 8-

6.2. Créer un lieu de travail sûr

Pour la protection des yeux et de la peau il faut utiliser un PPE adapté.

Dans ce contexte, un des principaux PPE sont les casques de soudeurs et les filtres de soudage.

Les filtres de soudage doivent être conformes aux exigences citées dans la norme EN 169.

Les casques de soudeur doivent être conformes aux exigences citées dans la norme EN 175.

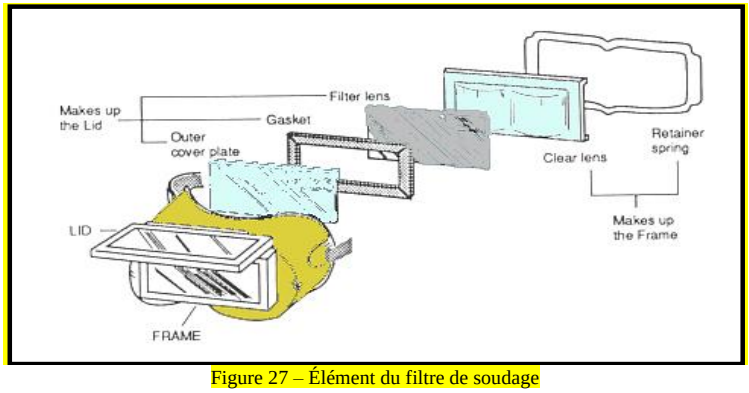


Figure 27 – Élément du filtre de soudage

Pour le soudage à l'arc, le gougeage à l'arc et le découpage plasma, la valeur du courant est décisive pour choisir correctement le filtre adapté. Aussi, le type d'arc et le métal de base (acier ou alu) doivent être pris en considération dans le choix du filtre.

D'autres paramètres ayant une influence significative mais dont les effets sont difficiles à évaluer englobent :

- La position de l'opérateur par rapport à la flamme ou l'arc ;
- La lumière présente ;
- Le facteur humain (contexte héréditaire).

Utilisation recommandée de type de filtres de soudage à l'arc :

- MMA EW 9 à14
- MIG/MAG/FCAW EW 10 à14

- TIG EW 9 à14

En plus d'une utilisation correcte des casques et filtres de soudage, la zone de soudage doit être entourée de rideaux protecteurs pour la sécurité des personnes alentour.

6.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipement

La protection contre les rayonnements ionisants est liée au temps d'exposition, à la distance de la source et au type d'écran utilisé.

Quelques mesures pour protéger contre les rayonnements ionisants sont présentés ci-après :

- Suivez les procédures/réglementations recommandées ;
- Lors du meulage (jointoiement) des électrodes de tungstène thorié, utilisez toujours un système d'extraction locale et si nécessaire une protection respiratoire pour éviter l'inhalation de poussières ;
- Les rayonnements externes provenant des électrodes de tungstène thorié durant le stockage, le soudage ou l'élimination des résidus sont négligeables dans des conditions normales ;
- Comment protéger contre les rayonnements non-ionisants :

Quelques mesures pour protéger contre les rayonnements non-ionisants sont présentées ci-après :

- Utilisez un casque avec des vitres filtrantes correctes, en accord avec EN 169 ;
  Note : des rideaux de soudage transparents protègent uniquement les personnes passant à côté d'être exposées accidentellement ;
- Protégez la peau exposée avec des gants et des vêtements appropriés ;
- Faites attention aux réflexions de l'arc de soudure, protégez tout le monde des intenses réflexions dues au processus de soudage.

Mesures à prendre pour protéger la peau du rayonnement de l'arc

Quelques mesures à prendre pour protéger de la peau du rayonnement de l'arc sont présentées ici :

- Portez des tissus de travail au tissage serré afin d'empêcher les rayonnement UV d'atteindre la peau ;
- Boutonnez votre chemise pour protéger la peau de la nuque et du cou ;
- Portez des manches et jambes de pantalon longues ;
- Couvrez votre tête avec une casquette en tissu pour protéger le crâne des rayonnements UV ;

- Protégez l'arrière de la tête en utilisant une capuche ;
- Protégez votre visage des rayonnements UV en portant un casque de soudeur.

6.4. Réglementations et recommandations nationales et européennes

Dans ce chapitre, une liste des principaux standards européens dans le domaine de la Santé et de Sécurité et codes de pratiques liés à la manipulation des bouteilles à gaz est présentée :

EN 169 : Protection individuelle de l'œil. Filtres pour le soudage et les techniques connexes. Exigences relatives au facteur de transmission et utilisation recommandée.

EN 170 : Protection individuelle de l'œil. Filtres pour l'ultraviolet. Exigences relatives au facteur de transmission et utilisation recommandée.

EN 171 : Protection individuelle de l'œil. Filtres pour l'infrarouge. Exigences relatives au facteur de transmission et utilisation recommandée.

EN 175 : Protection individuelle de l'œil. Équipements de protection des yeux et du visage pour le soudage et les techniques connexes.

EN 379 : Protection individuelle de l'œil. Filtres de soudage automatiques.

EN 1598 : Hygiène et Sécurité en soudage et techniques connexes. Rideaux, lanières et rideaux transparents pour les procédés de soudage à l'arc.

7. Bruit

Le bruit est un son indésirable et est vraisemblablement le danger le plus fréquent dans l'industrie. Les forts bruits, qu'ils soient ininterrompus ou occasionnels, peuvent causer des dommages permanents à l'oreille et entraîner une perte auditive.

L'oreille humaine est sensible et fragile et peut identifier de légers changements de pression sonore.

L'arc électrique crée des niveaux sonores dangereux à l'exception du TIG. Non seulement les tâches du soudeur sont bruyantes mais celles exécutées autour de lui le sont aussi. Ainsi, les niveaux de bruit peuvent varier selon le processus choisi.

Des niveaux de bruit typiques pour les différents types de soudage :

Processus	Niveaux de bruit typiques
TIG	Jusqu'à 75 dB(A)

MMA	85-95 dB(A)
MIG	95-102 dB(A)
Découpage plasma (manuel jusqu'à 100A, pour la découpe jusqu'à 25mm d'épaisseur)	98-105 dB(A)
Gougeage par flamme	95 dB(A)
Coupage au chalumeau	Jusqu'à 100 dB(A) (en général au-dessus de 90 dB(A) pour découpe au-delà de 40 mm d'épaisseur)
Dégougeage arc-air	100-115 dB(A)
« Décrassage »/déchiquetage	105 dB(A)
Meulage	95-105 dB(A)

Tableau 9 – Niveaux sonores typiques. Source : http://www.hse.gov.uk/welding/noise-vibration.htm

Les niveaux sonores peuvent varier d'après plusieurs facteurs :

- Plus le diamètre du consommable et le courant sont grands, plus fort sera le bruit ;
- Le type de métal a aussi une influence sur le niveau sonore, l'acier inox ayant tendance à produire les plus hauts niveaux sonores ;
- Couper des matériaux plus épais produit de plus hauts niveaux sonores que des matériaux plus fins ;
- Lorsque vous faites une découpe plasma et un gougeage arc-air, la source sonore fréquente est la haute pression de l'air comprimé. Le bruit peut diminuer selon le design de la buse d'air, certaines entreprises proposant des équipements « bruit réduit ».

7.1. Identifier les risques

L'exposition au bruit peut endommager durablement l'audition du soudeur. Le bruit cause également du stress, une tension artérielle accrue et peut contribuer aux maladies cardiaques. Travailler dans un environnement bruyant pendant de longues périodes de temps peut fatiguer les ouvriers, les rendre nerveux et irritables. Si vous travaillez dans un endroit bruyant, le standard de bruit OSHA exige de l'employeur de tester les niveaux sonores afin de déterminer l'exposition. Si votre exposition au bruit excède 85 décibels de moyenne sur 8 heures votre

employeur doit vous fournir une protection auditive gratuitement et payer des tests auditifs annuels.

7.2. Créer un lieu de travail sûr

Une exposition régulière au bruit dépend à la fois du niveau sonore (la valeur dB(A)) et du temps d'exposition durant une journée de travail. Afin d'évaluer l'exposition potentielle au bruit, prenez en considération :

- Les processus de soudage et découpe chaude – le bruit est seulement produit lorsque l'arc est tapé ou mis en marche ;
- La durée de temps d'exposition au bruit, le temps d'arc d'un soudeur en série peut atteindre 80% de sa période de travail, un soudeur de pièces au détail peut lui passer la majorité de sa période de travail à préparer ses éléments ;

La directive du parlement européen N° 2003/10/EC du 6 Février 2003 sur les exigences minimum santé et sécurité concernant l'exposition des ouvriers aux risques provenant des agents physiques (bruit) s'applique à toutes les activités du secteur privé, coopératif et social et des administrations publiques centrales, régionales et locales, des instituts publics et autres personnes juridiques régies par la loi publique ainsi que les autoentrepreneurs.

Figure 28 – Casque. Source : https://www.arco.co.uk/103/content/downloads/expert-guide/arco-hearing_conservation-expert-guide.pdf

Le décret stipule que l'exposition personnelle ou journalière des ouvriers dès 87 dB (A) ou à des valeurs maximales de 140 dB (C) sont définies comme Valeurs Limites d'Exposition (VLE) au bruit. Dans l'évaluation, l'atténuation des protections auditives doit être considérée.

7.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipement

Pour protéger les oreilles du bruit, portez une protection auditive au travail aux endroits sujets à de forts bruits. Ainsi, vous protégerez votre audition contre les lésions et éviterez des débris de métal ou autres d'entrer dans le canal auditif. Choisissez des bouchons d'oreille.

Critère des protections auditives :

- Capable de réduire l'exposition aux bruits ;

- Compatibilité avec d'autres articles PPE (masques de soudage, casques de sécurité, etc.) ;

- Confortables et adaptés au milieu du travail et ses activités ;

Figure 29 – Bouchons d'oreille. Source : https://www.dhport.com/trade/hot-sell-disposable-ear-plug-en_1320583623.html

7.4. Réglementations et recommandations nationales et européennes

Pour des questions de protection auditive il existe quelques standards spécifiques :

EN 352 fait la distinction entre différents types de protection auditive. Chaque type doit être conforme avec les exigences respectives qui ont été établies. Les différents types peuvent être identifiés en utilisant l'annexe suivant la norme EN 352, par exemple EN 352-2. Six types différents sont identifiés au total :

- EN 352-1 s'applique aux casques
- EN 352-2 s'applique aux bouchons d'oreilles et aux otoplasties
- EN 352-3 concerne les variantes, comme les casques qui sont fixés au casque de soudeur
- EN 352-4 dresse la liste des exigences pour les casques dépendant du niveau
- EN 352-5 concerne la réduction sonore active des casques
- EN 352-6 se limite aux protections auditives avec une entrée audio électrique

8. Vibrations

Les vibrations sont un phénomène mécanique où les oscillations apparaissent autour du point d'équilibre. Le mot vient du latin *vibrationem* (« secouer/brandir »). Les oscillations peuvent

être périodiques, comme le mouvement d'un pendule ou dues au hasard comme le mouvement d'un pneu sur une route en gravier.

Les vibrations pendant l'usinage sont manifestement de faible intensité et ainsi dépourvues d'influence négative sur le processus de découpe. D'un autre côté, des vibrations de forte intensité pourraient influencer négativement certains aspects du processus de découpe :

- Formation d'une vague sur la surface usinée et pièces d'usinage peu précises, quelquefois présence d'une surface très rugueuse ;
- Usure plus prononcée des outils ;
- Affecte de façon négative la vie des machines et produit un bruit intense.

Il existe 2 types de vibrations durant les opérations de meulage : forcée et auto-excitée. L'excentricité et le non-alignement de la meule représentent la raison principale pour la création des vibrations forcées. L'effet régénératif est responsable de la formation de vibrations auto-excitées. Le mouvement rotatif de la meule et de la pièce d'usinage crée l'ondulation sur la surface de la meule et influence ainsi la formation de l'ondulation sur la surface meulée. Ce type de vibrations résulte d'une grande rigidité dynamique de la meule.

8.1. Meulage : informations de base

Le meulage est le fait d'ôter du matériel et le processus de création de surface utilisé pour former et finir les composants faits en métal et autres matériaux. La précision et la finition de la surface obtenues par le meulage peuvent être jusqu'à dix fois meilleures que celles finies par un processus de tournage et de fraisage.

Le meulage utilise un produit abrasif, généralement une roue rotative qui entre en contact contrôlé avec la surface à travailler. La meule est composée de grains abrasifs retenus entre eux par un liant. Ces grains abrasifs fonctionnent comme des outils coupants, ôtant de petits copeaux de matière. Avec l'usure, les grains abrasifs s'émoussent et la plus grande résistance amène à la fracture des grains et à l'affaiblissement des grains. Les pièces émoussées se cassent, révélant de nouveaux grains coupants qui continuent à couper. Les exigences pour un meulage efficace incluent :

• Des composants qui sont plus durs que la pièce à travailler ;

• Des roues abrasives résistant aux chocs et à la chaleur ;

• Des abrasifs friables, c'est-à-dire capables de fracturation contrôlée.

8.1. Types de meulage

Il existe de nombreuses formes de meulage, mais les quatre principaux processus de meulage industriel sont :

• Meulage cylindrique ;

• Meulage interne ;

• Meulage sans centre ;

• Meulage de surface.

Figure 30 – Meulage. Source : www. en.wikipedia.org/wiki/Grinding_(abrasive_cutting)

Dans le soudage et les techniques connexes, le meulage est une étape très importante dans la préparation et le nettoyage des jonctions. Le meulage peut être utilisé pour ôter les calamines ou la rouille. Les meules peuvent être guidées manuellement ou montées sur des postes de soudage.

(Des lunettes protectives doivent être portées à tout moment et il est essentiel pour la sécurité qu'un type de meule adapté soit choisi en fonction de la vitesse à laquelle la meule est utilisée).

8.2. Vibrations mains/bras

Les vibrations mains-bras sont des vibrations transmises aux mains et bras des ouvriers. Celles-ci peuvent résulter de l'usage d'outils électriques à main (tels que des meules et marteaux-piqueurs), équipement à main (tels que tondeuses ou scies de sol) ou bien en tenant le matériau usiné par des machines à avance manuelle (meule sur pied ou marteau enclume).

Pourquoi les vibrations dans les mains et les bras représentent-elles un problème ?

Une exposition régulière et fréquente aux vibrations mains-bras peut causer deux types de problèmes de santé connus :

1) Syndrome de vibration mains-bras (HAVS) ;

2) Syndrome du canal carpien (CTS) ;

Les symptômes et effets d'HAVS comprennent :

- Picotements et engourdissement dans les doigts qui peuvent résulter en une incapacité à faire des travaux précis (par exemple assembler de petits composants) ou des tâches quotidiennes (par exemple boutonner une veste) ;

- Perte de force dans les mains qui peut toucher la capacité à travailler de façon sûre ;
- Les doigts blanchissent et deviennent rouges et douloureux durant la récupération, réduisant ainsi la capacité de travailler dans des conditions froides et humides, par exemples en plein air ;

Les symptômes et les effets de CTS peuvent également se produire et inclure :

- Picotements et engourdissement, douleur et faiblesse dans la main qui peuvent empêcher le travail et les tâches quotidiennes et peuvent empêcher de travailler sûrement ;
- Les symptômes des deux syndromes peuvent aller et venir mais dans le cas d'une exposition continue aux vibrations, ils peuvent devenir prolongés et permanents et causer des douleurs, de la souffrance et des difficultés à dormir.

Ceci peut apparaître après juste quelques mois d'exposition, mais dans la plupart des cas, ils apparaissent après des années.

8.3. Ce que dit la loi

Les Réglementations sur les Vibrations (Réglementation sur le Contrôle des Vibrations au Travail de 2005) demandent que vous :

- Vous assuriez que les risques de vibrations soient contrôlés ;
- Proposiez des informations, instructions et formations aux employés sur le risque et les actions en cours pour contrôler le risque ; et offriez une surveillance médicale adéquate.

Les Réglementations sur les Vibrations comprennent une valeur d'exposition déclenchant une action (EAV) et une valeur limite d'exposition (ELV) fondées sur une combinaison de vibrations au(x) point(s) de prise sur l'équipement ou la pièce d'usinage et le temps passé à le garder en main. Les valeurs d'exposition et valeurs limites sont :

- Une EAV quotidienne de 2.5 m/s A(8) qui représente un risque net réclamant l'intervention du management et,
- Une ELV quotidienne de 5 m/s A(8) qui représente un fort risque au-dessus duquel les employés ne devraient pas être exposés ;

8.4. Créer un lieu de travail sûr

Il faut réduire les risques de vibration au niveau minimum raisonnablement praticable et réduire l'exposition autant que raisonnablement praticable si les taux sont au-dessus des EAV. Il ne doit pas permettre des expositions au-dessus des ELV.

S'il est conforme aux Réglementations sur les Vibrations, cela évitera les incapacités dues au HAVS et aux CTS liés aux vibrations. Certaines personnes développeront des signes précoces et des symptômes d'HAVS ou CTS même à de faibles expositions (par exemple s'ils sont susceptibles de blessures par vibrations, sont régulièrement exposés aux vibrations aux alentours des EAV, habituellement pendant quelques années). La surveillance médicale devrait identifier des maux précocement, afin que des mesures adéquates à ce stade évitent des incapacités.

Il est important que les représentants sécurité des syndicats ou les représentants des employés chargés des propositions contrôlent les risques et fournissent la surveillance médicale.

8.4.1. Les devoirs des fabricants et des fournisseurs

Lors de l'achat de l'équipement de travail, on pourrait s'attendre à ce que le fournisseur donne les éléments suivants :

- Avertissement de quelque risque lié aux vibrations lors de l'utilisation de l'équipement ;
- Information de l'utilisation sûre et si nécessaire des exigences de formation ;
- Information sur l'entretien de l'équipement ;
- Information sur les vibrations émises par l'équipement ;

8.4.2. Quels postes sont les plus à risque ?

Les postes impliquant une exposition régulière et fréquente aux vibrations au-dessus des EAV existent dans de nombreux secteurs comme :

- La construction et travaux publics ;
- L'ingénierie ;
- La sylviculture ;
- Les fonderies ;
- L'industrie et la réparation automobile ;
- L'entretien des parcs, jardins, accotements routiers, espaces, etc. ;
- Les chantiers navals ;
- Les services publics (par ex. le gaz, l'eau, les télécommunications).

8.4.3. Quels outils sont les plus susceptibles d'être dangereux ?

Les utilisateurs des types d'équipement cités ci-après et similaires aux équipements seront souvent exposés à des valeurs supérieures aux EAV :

- Les tronçonneuses ;

- Les meules (tous types et tailles, par exemple l'angle, la découpe, droit, vertical, etc.) ;
- L'équipement manuel, par exemple meule sur pied, meule, disques abrasifs) ;
- Les perceuses à percussion ;
- Les marteaux à enclume y compris les marteaux à décalaminer ;
- Les équipements poussés par des personnes comme des tondeuses, des scies de sol, les polisseuses ;
- Les marteaux piqueurs pour le déchiquetage, la démolition, casser les routes, etc. ;
- Les ponceuses et polisseuses ;
- Les scies manuelles pour le béton, le métal, déblaiement, etc. ;

Les très vieux modèles d'équipement endommagés peuvent être dangereux même si utilisés sur de très courtes périodes. La plupart des types d'équipements manuels, guidés manuellement ou à avance manuelle peuvent causer des problèmes de santé du fait des vibrations quand elles sont mal utilisées.

Pour les outils manuels électriques, une utilisation régulière et fréquente des outils modernes, bien conçus et bien entretenus peut aisément résulter en une exposition à des valeurs équivalentes ou supérieures aux EAV après :

- L'utilisation d'une perceuse à percussion pendant environ 15 minutes ;
- L'utilisation d'une perceuse sans percussion pendant environ une heure.

La valeur limite d'exposition peut aisément être atteinte après :

- L'utilisation d'une perceuse à percussion pendant environ une heure ;
- L'utilisation d'une perceuse sans percussion pendant environ quatre heures.

Comment peut-on contrôler les risques d'HAVS ?

Il est possible de réduire l'exposition aux vibrations en réduisant un des deux éléments suivants :

- Les vibrations transmises aux mains ;
- Le temps passé portant un équipement ou des pièces usinées vibrants ;

8.5. Équipement de protection individuelle

Les gants avec l'insigne « anti-vibrations » qui ont pour but de protéger les mains des effets des vibrations sont disponibles sur le marché. Il existe différents types mais beaucoup d'entre eux sont uniquement appropriés pour certaines tâches. Ils ne sont pas particulièrement efficaces pour la réduction des vibrations de pondération fréquentielle associée au risque d'HAVS et ils peuvent augmenter les vibrations à certaines fréquences. Il est rarement possible d'évaluer la

réduction des vibrations émises pendant l'utilisation par des gants anti-vibrations, donc il ne faut se fier à eux pour procurer une protection contre les vibrations. Cependant les gants et d'autres vêtements chauds peuvent être utiles pour protéger du froid les ouvriers exposés aux vibrations, les aidant à maintenir une bonne circulation.

Les basses températures du corps ou des mains augmentent le risque de blanchiment des doigts du fait d'une circulation sanguine réduite. Il est donc important de s'assurer que les employés travaillant dehors par temps froids disposent d'une protection adéquate. La température d'un lieu de travail à l'intérieur devrait procurer un confort raisonnable sans avoir besoin de vêtements spéciaux et devraient normalement atteindre 16°C. Si ce n'est pas raisonnablement praticable, des vêtements et gants chauds devraient être fournis. (Plus d'un set par employé peut être nécessaire si les gants et les vêtements risquent d'être mouillés. La taille et l'efficacité des gants et autres vêtements à garder les mains et le corps au chaud et au sec dans le milieu du travail devraient être évaluées. Il faudrait également s'assurer que les gants et autres vêtements fournis n'empêchent pas les ouvriers de travailler en toute sécurité et ne présentent pas de risque d'enchevêtrement avec des éléments mobiles de la machine.

Figure 31– Opérations de meulage. Source : www.safeguardtraining.com

8.6. Réglementations et recommandations nationales et européennes

Dans ce chapitre, une liste des principaux standards et codes de pratiques européens de Santé et de Sécurité liés aux vibrations est présentée :

- Réglementations sur les Vibrations – Réglementations sur le Contrôle des Vibrations sur le lieu de travail 2005.
- ISO 16089:2015 – Machines-outils — Sécurité — Machines à meuler fixes.
- BS EN 388:2016 - Gants de protection contre les risques mécaniques

- ISO 1985:2015 Machines-outils – Conditions d'essai des machines à rectifier les surfaces planes, à broche porte-meule à axe vertical et à table à mouvement alternatif – Contrôle de l'exactitude.

9 Manipulation des bouteilles à gaz

9.1. Identifier les risques

Les gaz comprimés présentent une menace unique. Selon le gaz, il existe un risque d'exposition simultanée aux dangers mécaniques et chimiques.

Les gaz peuvent être :

- Inflammables ou combustibles ;
- Explosifs ;
- Corrosifs ;
- Toxiques ;
- Inertes ;
- Cryogéniques ;
- Pyrophoriques (s'enflamme au contact de l'air) ;

Dangers combinés

Gaz comprimés – principales causes d'accidents :

- Formation et supervision inadéquates ;
- Mauvaise installation ;
- Mauvais entretien ;
- Équipement et/ou design défectueux (par ex. valves ou régulateurs mal ajustés) ;
- Mauvaise manipulation ;
- Mauvais stockage ;
- Lieu de travail mal ventilé ;

Si le gaz est inflammable, le point d'inflammabilité étant en-dessous de la température ambiante, accentué par de forts taux de diffusion présente un danger d'incendie ou d'explosion. Les autres dangers de réactivité et toxicité des gaz, ainsi que d'asphyxie peuvent être causés par de fortes concentrations de gaz encore « inoffensifs » tel que le nitrogène.

Puisque les gaz sont conservés dans de grands récipients en métal sous forte pression, de larges quantités d'énergie potentielle résultant de la compression du gaz peut faire de la bouteille une fusée potentielle ou une bombe à fragmentations.

9.2. Créer un lieu de travail sûr

Identification et propriétés

Lisez les étiquettes et vérifiez si les bouteilles/le gaz est approprié pour l'utilisation prévue.

Si l'étiquetage sur une bouteille devient difficile à lire ou bien effacée, la bouteille devrait être marquée d'une étiquette « contenu inconnu » et renvoyée directement au fournisseur.

Ne vous fiez jamais à la couleur sur la bouteille pour l'identifier. Les couleurs des bouteilles peuvent changer d'un fournisseur à l'autre.

Dans le cas d'un mélange entre couleur et étiquette d'une bouteille, ne l'utilisez pas et contactez le fournisseur immédiatement.

Connaissez les propriétés du gaz (lisez les fiches de données de sécurité des matériaux).

Le contenu de la bouteille et le statut doivent être identifiables à tout moment.

Les bouteilles doivent être inspectées quotidiennement et avant chaque utilisation. La rouille, les fuites ou fissures, etc. doivent être détectées.

L'inspection doit inclure la bouteille, les tuyaux, les dispositifs de décompression de sécurité, les valves, les capots et tiges de protection.

Des régulateurs de fuite, valves de cylindre et autres équipements doivent être sortis du circuit.

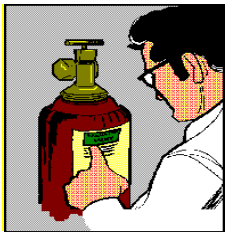


Figure 32 – Toujours lire les étiquettes !

9.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipement

Des procédures soigneuses sont nécessaires pour la manipulation des divers gaz comprimés, les bouteilles contenant des gaz comprimés, les régulateurs et valves utilisés pour contrôler le débit de gaz et les tuyaux utilisés pour confiner les gaz pendant le débit.

Dispositifs anti retour de flamme

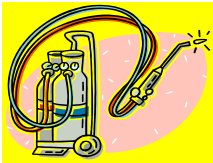


Figure 33 – Appareils à souder oxyacétyléniques avec dispositif anti retour de flamme

Retour de flamme = mélange de gaz combustible et d'oxygène brûlant dans le tuyau, la flamme se déplace et remonte vers la source de gaz à grande vitesse, pouvant résulter par une forte explosion dans une des bouteilles.

Les dispositifs anti retour de flamme doivent être ajustés sur les régulateurs de gaz combustibles et d'oxygène.

Si le dispositif anti retour de flamme tombe ou est endommagé, remplacez-le immédiatement.

Le dispositif anti retour de flamme doit uniquement être utilisé avec le gaz pour lequel ils sont étiquetés et la pression pour laquelle ils sont conçus.

Les raisons pour un retour de flamme : mauvaise purge de tuyau/torche avant l'usage, mauvaise pression de gaz, mauvaise buse, valves de torche endommagée, passages de gaz bloqués dans la torche, tuyau entortillé ou emprisonné.

Tuyaux

- Taux de pression, longueur et code couleur sont essentiels pour la sécurité ;
- N'utilisez jamais l'équipement avec des tuyaux enroulés autour des bouteilles ou chariots ;
- La longueur du tuyau doit toujours être appropriée à la tâche à remplir ;
- Gardez les tuyaux en bon état ;
- Cherchez d'éventuelles fissures, détériorations, dommages sur les tuyaux (tests de fuite avant l'utilisation) ;
- Ne réparez pas les tuyaux ;
- Purgez le tuyau abondamment avant d'allumer la torche ;
- N'utilisez pas de conduite en cuivre avec des tuyaux en acétylène (potentiellement explosif) ;
- Protégez les tuyaux de la chaleur, l'huile, la graisse ou des dommages mécaniques.

Conduites

- Les lignes de distribution et sorties doivent être clairement étiquetées selon le type de gaz contenu ;

- Le système de conduites doit être régulièrement examiné à la recherche de fuites ;
- Une attention particulière doit être portée aux raccords et aux fissures potentielles qui peuvent s'être développées.

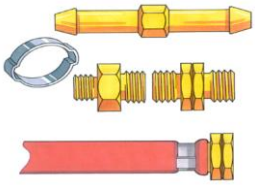


Figure 34 – Unité typique et forme de tuyau

Gaz comprimés

Ne vous fiez jamais à la couleur de la bouteille pour son identification. Le code couleur n'est pas fiable parce que les couleurs des bouteilles peuvent varier d'un fournisseur à l'autre. De plus, les étiquettes sur les bouchons n'ont que peu de valeur car les bouchons sont interchangeables.

Lisez toujours les étiquettes !

Toutes les lignes de gaz venant d'une alimentation de gaz comprimé doivent être clairement étiquetées pour identifier le gaz, le laboratoire ou l'endroit servi, ainsi que les numéros de téléphone d'urgence appropriés.

Les étiquettes doivent porter un code couleur pour distinguer les gaz dangereux (comme des substances inflammables, toxiques ou corrosives) (par ex. des lettres noires sur fond jaune).

Des panneaux doivent être affichés bien en évidence dans les endroits où des gaz comprimés inflammables sont stockés, identifiant les substances et les précautions appropriées (par ex. HYDROGÈNE – GAZ INFLAMMABLE – NE PAS FUMER –FLAMME INTERDITE).

Gaz comprimés – Manipulation & Utilisation

Les bouteilles à gaz doivent être sécurisées à tout moment.

Les bouteilles peuvent être attachées à un banc, chacune à un mur, placées dans un casier ou pourvues d'une base anti basculement. Des chaines ou des lanières doivent y être attachées pour les sécuriser.

Si une bouteille qui fuit est trouvée, déplacez-la vers un endroit sûr (s'il est prudent de le faire) et informez-en le service HSE. Vous devez également appeler le fournisseur dès que possible.

Figure 35 – Étiquettes de prudence concernant le stockage des bouteilles

Une tentative de réparation de bouteille ou valve ne doit être entreprise en aucune circonstance. Les bouteilles doivent toujours être placées de façon à ce que la valve reste accessible à tout moment. La valve de la bouteille principale doit être fermée dès qu'il n'est plus nécessaire qu'elle reste ouverte (c.-à-d., elle ne doit jamais rester ouverte quand l'équipement est laissé sans surveillance ou non utilisé).

Il est nécessaire non seulement pour des raisons de sécurité quand la bouteille est sous pression, mais aussi pour éviter la corrosion et la contamination résultant de la diffusion de l'air et de l'humidité dans la bouteille après qu'elle est vidée.

Les bouteilles sont équipées soit d'une manette manuelle soit d'une valve tige. Pour les bouteilles équipées d'une valve tige, la clé de soupape devrait rester sur la tige tant que la bouteille est en service.

Seules les clés ou les outils fournis par le fournisseur de bouteilles doivent être utilisés pour ouvrir la valve. À aucun moment, des pinces ne doivent être utilisées pour ouvrir la valve de la bouteille.

Quelques valves peuvent nécessiter des coupelles ; ceci devrait être surveillé avant que le régulateur soit ajusté.

Les valves de cylindre doivent être ouvertes lentement.

Les valves de bouteilles d'oxygène doivent être ouvertes *à fond*.

Ouvrez la tige de la valve des bouteilles d'oxygène juste un peu. Une fois que l'aiguille sur le manomètre de pression s'arrête, ouvrez la valve à fond. Cela réenclenche la valve.

Les bouteilles d'oxygène doivent avoir la valve ouverte à fond du fait de la forte pression dans la bouteille.

Quand on ouvre la valve de la bouteille contenant un gaz irritant ou toxique, l'utilisateur doit positionner la bouteille avec la valve tourné loin de lui et avertir les collègues alentour.

Les bouteilles contenant des gaz inflammables comme de l'hydrogène ou de l'acétylène ne doivent pas être stockées près d'une flamme, dans des endroits où les étincelles électriques se créent ou d'autres sources de flamme peuvent être présentes.

Figure 36 - Étiquette pour gaz explosif

Les bouteilles contenant de l'acétylène ne doivent jamais être stockées couchées.

Les bouteilles d'oxygène (pleines ou vides) ne doivent pas être stockées près de gaz inflammables.

Le stockage approprié des bouteilles d'oxygène réclame qu'une distance de 7 mètres minimum soit maintenue entre les bouteilles à gaz inflammables et les bouteilles d'oxygène ou les endroits de stockage soient séparés au minimum par une cloison pare-feu de 1,524 mètres de haut avec une résistance au feu de 0,5 heure.

Des matériaux graisseux ou huileux ne doivent jamais être stockés près de l'oxygène ; Ni huile ni graisse ne doit être appliquée sur les raccords.

Les régulateurs sont spéciaux pour les gaz et pas forcément interchangeables !

Assurez-vous toujours que le régulateur et les raccords de valve soient compatibles.

Figure 37 – Bouteille de gaz avec régulateur

Une fois que le régulateur est attaché, la valve de la bouteille doit être ouverte juste assez pour indiquer la pression sur le manomètre (pas plus d'un tour complet) et toutes les connexions contrôlées dans un bain savonneux pour chercher les fuites.

N'utilisez jamais d'huile, de graisse sur le régulateur de la valve de la bouteille.

Si vous avez des questions concernant la pertinence d'un régulateur pour un gaz particulier, appelez votre vendeur pour des conseils.

Les règles suivantes doivent toujours être suivies en ce qui concerne les conduites :

- N'utilisez pas de conduite en fonte pour des conduites de chlore ou de plastique dans des systèmes à haute pression ;
- Ne cachez pas les lignes de distribution là où une forte concentration de fuite de gaz dangereux risque de se former et causer un accident ;

- Les conduites en cuivre ne doivent pas être utilisées pour l'acétylène ;
- Les lignes de distribution et leurs sorties doivent être clairement étiquetées au type de gaz qu'elles contiennent ;
- Les systèmes de conduite doivent être régulièrement contrôlés pour chercher les fuites ;
- Une attention particulière doit être portée aux raccords et aux fissures potentielles.

Quand la bouteille doit être enlevée ou est vide, toutes les valves doivent être fermées, le système purgé et le régulateur retiré.

Le bouchon de la valve doit être remplacé, la bouteille clairement marquée « vide » et renvoyée au dépôt pour être enlevée par le fournisseur.

Les bouteilles vides et pleines doivent être stockées dans des lieux séparés.

Portez toujours des lunettes de sécurité (de préférence à la visière large) lors de la manipulation de gaz comprimé, spécialement lors de la connexion et déconnexion des régulateurs et lignes de gaz.

Toutes les bouteilles de gaz comprimé, y compris les toutes petites bouteilles doivent être rendues au fournisseur lorsqu'elles sont vides ou plus utilisées.

Gaz comprimé – transport

Les bouteilles contenant des gaz comprimés sont essentiellement des contenant de transport et ne doivent pas être soumises à de brusques manipulations ou mauvais traitement.

De tels mauvais traitements peuvent sérieusement affaiblir la bouteille et la rendre impropre à l'utilisation ou la transformer en fusée avec une propulsion suffisante pour la faire traverser des murs de maçonnerie.

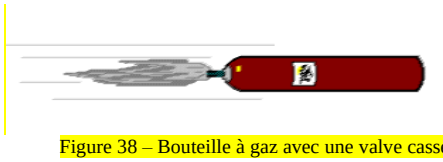


Figure 38 – Bouteille à gaz avec une valve cassée

Pour protéger la valve durant le transport, le bouchon doit être serré à la main et y rester jusqu'à ce que la bouteille soit en place et prête à l'emploi.

Les bouteilles ne doivent jamais être roulées ou tirées.

Quand vous bougez de grosses bouteilles, elles doivent être sanglées sur un diable conçu à cet effet pour assurer leur stabilité.

Seul une bouteille à la fois doit être manipulée (bougée).

Figure 39 – transport sécurisé de bouteilles à gaz

Manipulation des bouteilles à gaz

- Portez des PPE : gants, chaussures de sécurité, protection oculaire ;
- Une façon correcte de bouger les bouteilles est : conserver debout, sécurisées et avec des valves de bonne qualité ;
- Utilisez des pinces adaptées ou des moyens efficaces pour les soulever ;
- Sur de courtes distances ou sur sol plat, bouger des bouteilles manuellement ne doit être effectué que par du personnel formé ;
- Ne roulez jamais les bouteilles sur le sol ;
- Ne transportez jamais les bouteilles avec la valve et le régulateur monté ou la valve ouverte ;
- Ne tentez jamais de rattraper une bouteille en train de tomber ;
- Ne portez jamais une bouteille par son bouchon ou sa valve.

Souvenez-vous : une bouteille de gaz n'est jamais vide !!!

9.4. Réglementations et recommandations nationales et européennes

Dans ce chapitre, une liste des standards principaux et des codes pratiques européens relatifs à la manipulation des bouteilles à gaz est présentée :

EN ISO 13769 : Bouteilles à gaz – marquage

EN 1439 : Équipements pour GPL et leurs accessoires. Procédures de vérification des bouteilles transportables et rechargeables pour GPL avant, pendant et après le remplissage.

EN ISO 24431 : Bouteilles à gaz. Bouteilles à gaz comprimé et liquéfié (à l'exception de l'acétylène) sans soudure, soudées et composites – Contrôle au moment du remplissage.

EN 16728 : Équipements GPL et leurs accessoires – Bouteilles transportables et rechargeables pour GPL et autres que celles en acier soudé et brasé – Contrôle périodique

EN 1440 : Équipements GPL et leurs accessoires – Bouteilles transportables et rechargeables pour GPL et autres que celles en acier soudé et brasé – Contrôle périodique

ISO 11513 : Bouteilles à gaz. Bouteilles en acier soudées et rechargeables contenant des matériaux pour le stockage des gaz à une pression sub-atmosphérique (à l'exclusion de l'acétylène) – Conception, fabrication, essais, utilisation et contrôles périodiques.

10 Soudage dans des lieux confinés

10.1. Soudage

Le soudage est une technologie complexe, utilisée dans toute une variété d'applications et appliquée avec une très large quantité de processus et procédures. En conséquence, le personnel impliqué peut être soumis à des risques de santé et sécurité.

Le milieu du travail peut même très largement influencer le risque du personnel impliqué, soit dû au fait des opérations effectuées soit dû au fait d'une limitation dans la ventilation, l'échange thermique et autres effets climatiques.

Ce dernier est une situation typique se produisant des endroits soi-disant confinés.

10.2. Définition et références

Bien que plusieurs définitions des espaces confinés puissent être trouvées (en particulier dans les législations nationales), pour l'étendue du document, la définition est fondée sur le document « Le soudage ajoute des dangers dans le travail dans des espaces confinés » (doc. IIW 1416-98, publié dans Welding in the World, 1999-3, p.14 à 17 qui dit : « *Un lieu de travail, qui de par sa taille ou sa configuration, dispose d'une ventilation naturelle inadéquate et/ou un espace limité pour les soudeurs pour travailler. L'accès ou la sortie peuvent être difficiles* ».

Il est important de prendre en compte que la définition ne considère pas les circonstances spéciales autour du soudage sous l'eau. Les exemples de travail en lieux confinés incluent les réservoirs de stockage, les tunnels, les conduites, les égouts, les conduits, les chaudières, les conteneurs, les récipients chimiques, les batardeaux, les caves sans fenêtres, les espaces entre les ponts et les doubles-fonds d'un navire.

Le document était établi par la Commission VIII du IIW « Santé et Sécurité » en consensus par tous les experts impliqués dans le travail de la commission. Le document est la principale référence de ces notes.

Figure 40 – Espaces confinés. Source : IIS

10.3. Procédures

Évaluation des risques

Afin de gérer correctement les risques dus au soudage dans des espaces confinés, des procédures adéquates doivent être prises en considération.

Une première étape doit être d'identifier les dangers et ceux qui y sont soumis.

Tout travail dans des espaces confinés peut être dangereux à moins que des mesures adéquates soient entreprises pour évaluer et contrôler les risques de blessures. Afin d'évaluer correctement l'exposition, les dangers doivent être identifiés, ceci inclut :

- Les dangers généraux dus au soudage et techniques connexes
- Ceux issus spécialement d'un environnement particulier.

Il est clair que les soudeurs sont les plus soumis à ces expositions, mais le risque doit être également étendu au personnel travaillant alentour tels que les superviseurs et inspecteurs soudage ou tout autre personne impliquée dans des activités connexes, par exemple la mise en place des assemblages, le meulage, la préparation des machines, etc.

Dès que la première mesure est mise en œuvre, pour évaluer le risque, il faut le faire selon les procédures adéquates, c.-à-d. prendre en compte la probabilité et l'effet d'un événement dangereux et les niveaux d'exposition. Il faut souligner que cette évaluation ne change pas les risques de ceux qui travaillent dans un environnement de travail standard (y compris l'utilisation des mêmes niveaux d'exposition). Ceci peut impliquer que pour ces nombreux dangers, les risques associés peuvent être sensiblement plus élevés.

Enfin, la mesure doit être considérée pour réduire le niveau de risque afin de maintenir des niveaux appropriés de santé et sécurité au travail. Ces mesures peuvent être conçues pour des environnements particuliers et peuvent être différentes des mesures standards puisque la mise en œuvre peut s'avérer difficile du fait des conditions particulières.

L'évaluation du risque doit être effectuée par une personne compétente rédigeant une évaluation écrite de la santé et sécurité au travail et de ce qui doit être entrepris. Ceci requiert un savoir technique considérable et une expérience du/des processus.

Procédures de travail

Tous les lieux de travail qui ne sont pas en plein air ou tous les ateliers devraient être évalués par du personnel formé de façon adéquate avec des responsabilités clairement définies pour déterminer ce qu'est un « espace confiné » et les précautions requises quand le travail y est effectué. Ce travail doit être soumis au Système de Travail Sécurisé incluant des mesures pour l'évaluation des risques généraux et spécifiques au processus (par exemple le soudage) et du contrôle des risques.

Les dispositifs doivent définir qui est responsable de chaque action citée dans le Système de Travail Sécurisé. Tous ceux impliqués doivent être formés en conséquence et évaluer l'importance de leur rôle.

Modalités et périodes de travail

Avant de démarrer une activité, il est nécessaire de vérifier que toutes les instructions du Permis de Travail soient bien appliquées et dans le cas de l'équipement, tous les regards soient accessibles et sans obstacle pour garantir l'accès facile.

Près de l'accès à l'espace confiné (réacteurs, récipients, tours, accumulateurs, réservoirs, etc.) du personnel doit toujours être présent et assurer la surveillance, le contrôle, le signalement et l'alerte en cas de danger.

Les moments de permanence possible du personnel dans l'équipement et les temps de pause respectifs doivent coïncider avec ce qui avait été décidé lors de la réunion au sujet des espaces confinés avec l'opérateur des installations. Les opérateurs peuvent prendre une pause de 15 minutes toutes les 2 heures, s'assurant, dans le cas où il se retirerait, que les procédures de sécurisation des regards est bien suivie.

10.4. Dangers

Même dans le cas où le soudage est effectué dans des espaces confinés, les dangers peuvent être chimiques ou physiques. Voici une liste non-exhaustive de ces dangers :

Oxygène

L'Oxygène est essentiel à la vie et il est disponible dans l'air que nous respirons à raison de 20%.

De plus fortes concentration sur le lieu de travail peuvent entraîner des incendies et des explosions coûtant des vies. Le risque commence à grimper à la moindre augmentation de ce taux au-dessus de la normale (21%). Cette situation d'enrichissement peut apparaître accidentellement lors de fuite de la torche, des tuyaux, conduites et bouteilles ou par l'utilisation totalement irresponsable d'oxygène pour « rafraîchir » l'air des espaces confinés ou pour souffler sur la poussière ou l'humidité des pièces usinées.

De plus faibles concentrations d'oxygène peuvent augmenter la fatigue et l'épuisement jusqu'à l'évanouissement. De faibles concentrations en oxygène peuvent être causées à court terme durant le soudage de par sa combustion ou son déplacement par l'accumulation de gaz inerte ou autre gaz relativement lourd utilisé comme gaz protecteur ou le maintien d'un environnement anticorrosif dans les conduites. La chimie de rouille des plaques dans des espaces non-ventilés tels que les doubles-fonds peut appauvrir le niveau d'oxygène, représentant une grande menace aux imprudents qui entreraient sans faire suffisamment attention.

Fumées et gaz

Comme la ventilation dans des espaces confinés est limitée par définition, les émissions de fumées et de gaz provenant des processus de soudage et des pièces usinées peuvent s'accumuler pour atteindre des niveaux dangereux.

Dans le cas de la découpe par oxycombustion et du soudage oxyacétylène, les oxydes d'azote provenant des processus d'oxycombustion peuvent représenter un risque particulier. De plus, les gaz combustibles augmentent aussi le risque d'incendie et d'explosion.

Figure 41 – Fumées de soudage et système d'aspiration. Source : https://www.nederman.com/en-au/industry_solutions/welding_and_cutting

Électricité et champs électromagnétiques

Les risques d'électrochoc ou d'électrocution associés à tout processus de soudage électrique peuvent se voir augmenter dans des espaces confinés du fait de la proximité forcée du soudeur avec des particules positives et négatives des structures métalliques (murs humides, sols ou matériaux de travail ; résistance électrique réduite de la peau humide ou transpirante et des vêtements de travail due à la chaleur et de l'humidité ambiantes).

Les champs de rayonnement électromagnétique peuvent être générés par les sources d'énergie du soudage électrique et par les câbles. La dose reçue par les ouvriers peut être accrue par leur proximité à l'équipement et par le travail au milieu des boucles de câbles.

La majorité des sources d'EMF trouvés sur le lieu de travail crée des taux d'exposition extrêmement bas. L'étendue et l'importance des EMF ainsi créés dépendra de la tension, du courant et des fréquences auxquels l'équipement opère ou les génère, ainsi que du design de l'équipement.

Rayonnement

Du métal chaud et des rayonnements infrarouges (IR) peuvent être déclenchés non seulement par des pièces à souder mais aussi par des opérations liées au soudage (par exemple avant ou après le chauffage) alentour. Ceux-ci peuvent déclencher le risque de brûlure et augmenter le risque de déshydration et d'épuisement du fait de la chaleur.

Les rayonnements ultraviolets (UV) entraînent le risque du coup d'arc et de brûlures cutanées qui peuvent être augmentés par la réflexion du rayonnement et/ou par l'incapacité à porter des vêtements protecteurs appropriés à cause de la situation exiguë.

Ergonomie et maladies posturales

L'environnement de travail particulier peut exiger du soudeur et du personnel impliqué de travailler dans des postures bizarres et tordues ou exiguës ; Elles peuvent provoquer ou aggraver des blessures musculosquelettiques ou des maladies.

Les positions de soudage sont généralement signalées en référence à la norme ; ISO 6947 « Soudage et techniques connexes – Positions de soudage » est la norme internationale applicable. Le soudeur doit respecter la position de soudage indiquée par la norme de position du soudeur. Un travail dans un espace confiné (en particulier dans des endroits exigus, comme une buse d'environ 60cm de diamètre) peut causer des souffrances physiques et psychologiques temporaires voire permanentes.

Bruit

De forts niveaux de bruit produits par des processus de soudage ou liés au soudage peuvent être amplifiés par la réverbération dans l'espace. Le danger est associé au risque de bruit déclenché par la perte auditive et le stress psychique.

Le bruit dans un endroit confiné peut être amplifié à cause du design et des caractéristiques acoustiques de l'espace. Un bruit excessif peut non seulement engendrer une lésion auditive mais aussi affecter la communication, comme un avertissement crié sans être entendu.

10.5. Évaluation du risque

L'évaluation du risque est fondée sur l'expérience, les données auxquelles elle se réfèrent et si possible et nécessaire, aux mesure (en laboratoire ou au travail). L'évaluation est alors fondée sur les niveaux, appelés niveaux techniques ou législatifs. Cette opération requiert des spécialistes compétents.

10.6. Créer un lieu de travail sûr

Début du travail pour le soudeur

Ce chapitre se penche sur les mesures possibles pour réduire les risques ergonomiques des personnes. Ces mesures sont décrites ici :

La première et la plus importante des actions est la formation de tout le personnel impliqué. Le personnel doit être sélectionné et formé pour assurer que ceux qui travaillent dans un espace confiné sont aptes à y travailler dans le respect de leur propre sécurité et de la sécurité d'autrui.

La formation peut inclure une évaluation des dangers du travail et la contribution que l'ouvrier doit faire pour le contrôle du risque et assurer la santé et la sécurité adéquates. Des stages de mises à jour peuvent être donnés à des intervalles appropriés. Ces mesures en ce qui concerne le soudage incluent :

- Sélection de la technique de soudage, composants et équipements pour assurer les émissions de fumées et de gaz les plus faibles et les moins dangereuses, un faible risque d'explosion (provenant par exemple de l'acétylène accumulé dans les batardeaux) ;
- Sélection de la procédure pour réduire le risque d'électrocution (par exemple en utilisant le courant continu plutôt que le courant alternatif, des disjoncteurs et appareils avec un circuit ouvert à faible tension) ;
- Sélection et fourniture d'équipement de protection individuelle et combinaisons intégrales qui protègent contre les flammes, le feu et le métal chaud (gantelets, masques yeux/visage, chaussures aux semelles isolant l'électricité et là où les conditions le réclament, des tapis isolant l'électricité, des protège-oreilles contre la chaleur ou des appareils de respiration autonomes ou reliés) ;
- Un équipement de ventilation peut être utilisé pour réduire la concentration de dangereuses émissions en suspension et de produits issus du processus de soudage dans des limites acceptables et dont la construction est adaptée pour permettre son utilisation afin de ventiler les espaces confinés (les niveaux sonores qui peuvent être produits par l'équipement de ventilation doivent être pris en considération) ;
- L'entretien de tous les équipements doit être effectué, y compris les contrôles des précautions de sécurité afin d'assurer que ceux-ci sont conformes avec les spécifications auxquelles elles se rattachent ;
- Comparaison entre les positions de soudage et le temps de travail ;
- Contrôles de sécurité des équipements doit être effectués après chaque usage.

D'autres actions sont spécifiques aux précautions de sécurité pour le site, telles que :

- Enlèvement des matières explosives et combustibles ;
- Fourniture de ventilation appropriée pour l'espace ou, si ce n'est pas faisable, procuration d'appareils respiratoires individuels à adduction d'air ;
- Stockage des bouteilles de gaz comprimé hors de l'espace en question afin d'éviter les risques de fuite et l'exposition à la chaleur.
- Le récipient doit être isolé de toute substance dangereuse supplémentaire ;

- Conservation des sources d'alimentation et si possible des câbles loin des espaces confinés pour réduire les risques d'électrochoc et l'exposition aux champs électromagnétiques ;
- Enlèvement des revêtements de surface de tout endroit où le travail à chaud doit être effectué afin de réduire les émissions de fumée ;
- Nettoyage et soudage d'un récipient qui a contenu une substance inconnue ne doivent pas être effectués car cette pratique implique des risques inconnus ;
- Isolation des contacts électriques éventuels, spécialement ceux qui ne sont pas assez éloignés (par ex. 2 mètres) ;
- Des mesures doivent être prises pour éviter que la pression n'augmente dans les récipients pendant les opérations de soudage ;
- Utilisation d'un extracteur efficace pour les gaz d'échappement et autres gaz produits pendant les opérations de soudage.

Dans les situations dans lesquelles les actions sur les processus, les procédures et l'environnement de travail ne sont pas suffisamment efficaces pour réduire le risque, les procédures de travail devraient considérer des mesures pour des périodes de refroidissement convenables pour la chaleur émanée et leur mise en œuvre sans détriment pour le soudeur.

10.6. Équipement de protection individuelle

Lors de la sélection des PPE, il est important de s'assurer que les articles PPE choisis fourniront la protection nécessaire pour les conditions d'utilisation. Par exemple, un équipement de protection respiratoire (RPE) conçu pour protéger uniquement des fumées de soudage, n'offrira pas de protection contre l'asphyxie lors du soudage là où des gaz protecteurs sont utilisés.

Une protection adéquate ne sera offerte que lorsque :

(1) Les bons articles ou association de PPE sont utilisés ;
(2) Les PPE utilisés sont appropriés pour l'environnement du soudage ;
(3) Les tailles des PPE sont adaptées aux ouvriers sans les encombrer ;
(4) L'ouvrier reçoit les informations et les formations sur l'usage des PPE ; et
(5) Les PPE utilisés sont entretenus régulièrement.

A cause de la nature variée du travail de soudage et techniques connexes, le type de PPE requis n'est pas seulement déterminé par le type de soudage et matériaux utilisés mais aussi par l'environnement immédiat dans lequel le travail est effectué.

Danger	Risque	EXIGENCES PPE						
		Filtre optique	Protection oculaire	Protection facial	Protection auditives	RPE	Gants	Autres vêtements
Rayonnements de soudage	Brûlures par rayonnement de la peau et des yeux	X	X	X	X	X		
Électricité	Électrochoc et brûlure	X	X		X	X		
Gaz	Inhalation et asphyxie	X	X		X	X		
Particules	Inhalation et asphyxie	X		X	X		X	X
Bruit	Perte auditive	X	X	X		X	X	X
Étincelles et éclaboussures	Brûlures et blessures physiques	X				X		

Tableau 10 – Dangers, risques et exigences PPE

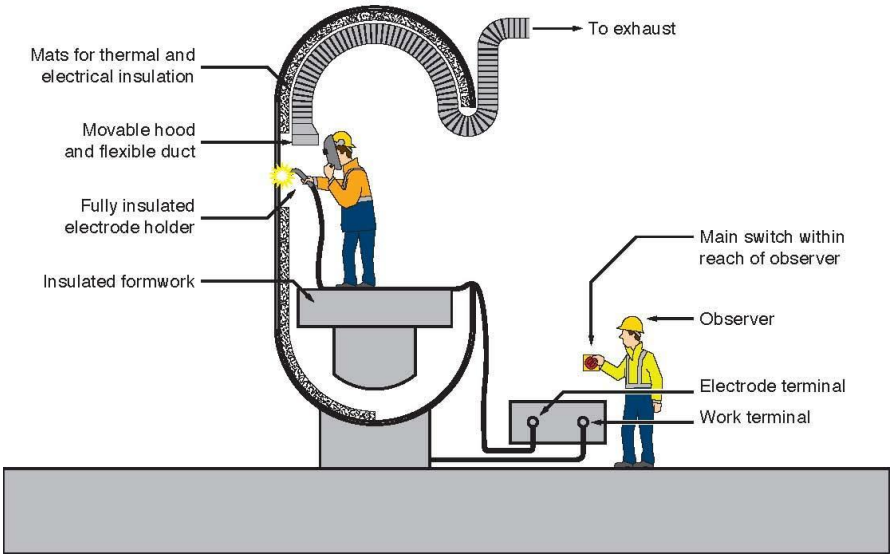
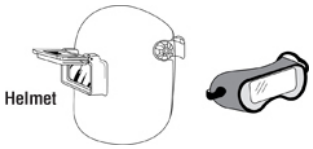


Figure 42 – Opérations de soudage dans un espace confine avec un observateur. Source : www.canberra.edu.au

La ventilation pour les soudeurs dans des espaces confinés est très importante. Une ventilation locale des échappements sera nécessaire.

Soudage – équipement de protection individuelle			
Partie du corps	Équipement	Illustration	Raison
Yeux et visage	Casque de soudeur protection des mains et lunettes		Protège de : • Rayonnement • Particules volantes et débris • Scories chaudes, étincelles • Lumière intense • Irritation et brûlures chimiques Portez des protections de tête résistantes au feu sous le casque quand nécessaire
Poumons (Respiration)	Appareils de respiration		Protège contre : • Fumées et oxydes • Manque d'oxygène

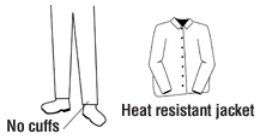
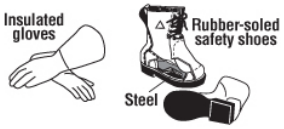
Peau exposée (hormis pieds, mains et tête)	Vêtements et tabliers résistant au feu/flammes		Protège contre : • Chaleur, feux • Brûlures • Rayonnement NB : les pantalons ne doivent pas avoir de revers, les chemises devraient avoir des rabats sur les poches ou être scotchées.
Oreilles/audition	Casques, bouchons d'oreilles		Protège contre : • Le bruit Utilisez des casques résistant au feu là où des étincelles et éclaboussures peuvent entre dans les oreilles, plutôt que des bouchons d'oreilles.
Pieds et mains	Bottes, gants		Protège contre : • Électrochocs • Chaleur • Brûlures • Feux

Tableau 11 – Équipement de protection de soudage

L'espace de travail d'un soudeur peut être ventilé de différentes façons. Chaque méthode cependant connaît ses limites.

10.7. Éviter les courants d'air

Dans les situations en intérieur ou semi-extérieur, les mouvements d'air peuvent constituer une ventilation naturelle.

Cependant son efficacité dépend de la journée en question, si le vent souffle ou non et si vous travaillez au vent ou sous le vent. Utiliser des rideaux de soudage, anti-éclaboussures et palissages en extérieur permet d'éviter les expositions aux mouvements naturels de l'air et ainsi d'éviter la réelle ventilation.

10.8. Ventilation générale

Dans des lieux en intérieur et des espaces confinés, les ventilateurs de tirage ou échangeurs d'air fournissent une ventilation générale ou par dilution. Une ventilation bien conçue et bien entretenue est généralement efficace dans la plupart des situations utilisant des aciers doux, non revêtus et propres. Cependant, la seule façon de juger si un système fonctionne bien est de prendre des mesures régulières de l'air et de faire des échantillons d'exposition.

En référence, l'Administration de Sécurité et Santé Professionnelle (OSHA) américaine exige que 65 m3 d'air minimum par minute soient en mouvement dans une pièce pour chaque soudeur. Ces chiffres changent si par exemple un poste de soudure à l'arc plasma est utilisé dans la pièce. Puisque les rideaux de soudage peuvent interférer avec la circulation de l'air, assurez-vous qu'ils sont à au moins 20 centimètres du sol. Des palissades doivent offrir des ouvertures suffisamment larges pour permettre une bonne circulation de l'air. Une méthode approximative dit que si l'air se clarifie dans les 30 secondes après l'arrêt de l'opération de soudage, c'est que la ventilation est sans doute adéquate.

10.9. Systèmes d'échappement local

Des hottes de ventilation ou des systèmes d'échappement montés sur les pistolets peuvent offrir une ventilation d'échappement local. Les échappements locaux sont les systèmes de ventilation les plus efficaces dans toutes les situations qui créent des fumées contenant des métaux lourds et en particulier pour le soudage à l'arc plasma ou les aciers inox. Pour les soudures en extérieur, des hottes portables sont aussi disponibles. L'efficacité de la ventilation locale dépend de la distance entre la hotte et la source des gaz et des fumées, de la vitesse de l'air et de l'emplacement de la hotte.

10.10. Réglementations et recommandations nationales et européennes

Dans ce chapitre, voici la présentation d'une liste des principaux standards et codes de pratique européens de Santé et de Sécurité liés aux espaces confinés :

ANSI/ASSE Z117.1-2016 – Exigences de sécurité pour l'accès des espaces confinés

ANSI/ISA 92.04.01 Part I-2007 (R2013) – Exigences concernant les instruments utilisés pour détecter les atmosphères pauvres ou riches en oxygène

ASTM D4276 - 02(2012) – Pratique standard pour l'accès dans des espaces confinés

UNI 7545-32 : 2016 – Symboles pour les panneaux de danger – partie 32 : espaces confinés

ASTM F1764 - 97(2012) – Guide standard pour la sélection des systèmes de communication fixe pour le sauvetage en espaces confinés

CSA Z1006-16 - Z1006-16 – Gestion du travail dans des espaces confinés

EN 529:2006 – Appareils de protection respiratoire – Recommandation pour la sélection, l'utilisation, le soin et l'entretien – Guide

11. Ergonomie

L'ergonomie est la science qui organise et conçoit les objets en vue d'une utilisation efficace. L'ergonomie est également appelée l'Ingénierie des Facteurs Humains. Elle implique rendre l'espace de travail apte à satisfaire aux besoins des ouvriers. Le concept se concentre sur l'idée de ne pas adapter l'ouvrier à son lieu de travail. Quand le lieu de travail est bien conçu, l'ouvrier s'y sentira bien.

11.1. Identifier les risques

Le soudage représente beaucoup de défis ergonomiques. Ces challenges commencent à être reconnus et pris en compte. Le soudage réclame souvent d'étranges positions du corps. Cette position du corps en conjonction avec le temps passé à souder sont les facteurs clés pour engendrer des blessures. Les sous-chapitres suivants traiteront des risques sur la Santé et la Sécurité liés à l'ergonomie dans le domaine du soudage.

11.1.1. La santé (risques individuels)

Les problèmes sanitaires principaux peuvent apparaître de l'ergonomie insuffisante voire inexistante à l'occasion du travail de soudage et des autres technologies connexes. Quelques risques individuels liés avec le travail du soudeur peuvent être décrits comme porter des charges lourdes, le positionnement statique du corps, l'utilisation d'une force continue lors du travail avec un équipement vibrant et des mouvements répétitifs et des postures étranges. Les dangers sanitaires venant de l'ergonomie insuffisante peuvent être divers telle que le mal de dos, les torticolis, de « doigt-gâchette » voire même des kystes dans les articulations et les muscles.

11.1.2. La sécurité (risque sur le lieu de travail)

Une ergonomie insuffisante peut engendrer une usure du matériel, de l'équipement. Quand un soudeur travaille dans un environnement manquant d'ergonomie, il existe un risque accru de faire tomber soit une pièce usinée, soit l'équipement de soudage. Ainsi, l'ergonomie peut être décrite comme plus dangereuse en termes de santé et sécurité. Quelques facteurs qui doivent être considérés dans la conception du poste de soudage sont cités ci-après :

- Position du travail ;
- Design et poids des outils ;
- Mécanique corporelle de l'opération ;
- Taille du lieu de travail, éclairage, température, bruit et vibration ;
- Exigences physiques du travail (lever, tourner, attraper) ;
- Exigences mentales (motivation, vigilance, concentration) ;
- Force et taille des ouvriers ;

11.2. Créer un lieu de travail sûr

11.2.1. Démarrage du travail pour le soudeur (individuel)

Ce chapitre comprend des mesures possibles pour réduire les risques ergonomiques de l'ouvrier. Ces actions sont décrites ci-dessous :

- Les ouvriers doivent être inclus
    - parce que l'ouvrier est le bénéficiaire principal de la situation ergonomique dans l'entreprise, il est de la plus grande importance que l'ouvrier fournisse sa contribution quant à la structure et l'organisation de son propre poste de travail.
- Les ouvriers doivent toujours parler des problèmes suffisamment tôt.
- Reconnaître que les blessures dues aux mouvements répétitifs sont faussement ressenties comme une sorte de faiblesse passagère ou de fatigue. En fait, elles peuvent être le départ de blessures plus graves.
- Utilisez la gravité autant que possible lorsque vous bougez les objets lourds plutôt que d'utiliser la seule force musculaire.
    - Ceci aide à éviter la manipulation inutile des matériaux ;
- Respectez la signalisation informant au sujet de l'ergonomie.
- Évitez les positions fixes de travail

- Ces positions réduisent l'irrigation du sang dans les muscles.

- Éviter les positions où les bras sont levés au-dessus des épaules ;
- Suspendez les outils ;
- Soutenez vos coudes ;
- Utilisez des gabarits et installations appropriés pour effectuer le travail ;
  - Le type de travail et les positions dans lesquelles ils seront effectués doivent toujours être pris en compte.
- Faites des contrôles et entretiens réguliers des équipements utilisés ;

11.2.2. Un travail sûr pour le groupe (y compris les panneaux)

Lorsqu'on parle d'ergonomie, les dangers présents pour le groupe sont presque les mêmes que ceux pour les individus. Ainsi, ce chapitre se concentre sur la signalisation qui doit être disponible dans les entreprises où l'ergonomie est un souci.

Figure 43 – Exemples de panneau sur l'ergonomie. Source : https://www.mysafetysign.com/caution-bend-your-knees-not-waist-when-lifting-sign/sku-s-5030

11.2.3. Superviseur contrôlant son atelier

Quand des soucis ergonomiques sont signalés par les ouvriers, c'est la responsabilité du superviseur d'y remédier ou de mettre en œuvre les mesures qui peuvent diminuer l'impact de ces problèmes. C'est pourquoi, les actions qui doivent être entreprises par les superviseurs

sont décrites ci-dessous. Ces mesures sont quelque peu complémentaires et en directe relation avec celles présentées précédemment pour les individus.

- Consultez l'employé ;
- Interagissez avec l'ouvrier. Discutez des solutions possibles ;
    - L'employé doit être inclus dans l'élaboration des plans. L'acceptation des solutions proposées par l'employé doit être encouragée.
- Nouvelle conception du poste de travail avec la collaboration des employés ;
    - Les employés doivent avoir le sentiment de faire partie du processus.
- Fournissez des signalisations d'avertissement adéquates si nécessaire ;
- Fournissez un équipement d'outillage adéquat pour les ouvriers :
    - Le type de travail et les positions dans lesquelles il sera effectué doivent toujours être prises en compte.
- Reconnaissez que les blessures dues à des mouvements répétitifs sont faussement ressenties comme une sorte de faiblesse passagère ou fatigue ;
    - Cela repose sur l'avertissement de la part de l'employé dans un délai raisonnable. Ce type de blessure doit être reconnu comme dangereux non seulement par les ouvriers mais aussi par les superviseurs.
- Effectuez des contrôles et entretiens réguliers de chaque équipement qui pourrait présenter des problèmes ergonomiques ;

11.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipement

11.3.1. Équipement individuel

Il faut se pencher sur la disponibilité des équipements dans un atelier afin que les situations dangereuses à cause d'une mauvaise ergonomie soient évitées. L'ouvrier doit être conscient de la bonne utilisation des équipements d'outillage et des soutiens. Cette connaissance quant au type d'appareils est une mesure qui diminue grandement les risques ergonomiques du soudeur.

11.3.2. Les installations de l'atelier

L'utilisation correcte des installations de l'atelier est en directe relation avec le point précédent concernant les équipements individuels. La plupart du temps les ateliers sont équipés avec des appareils auxiliaires qui aident l'ouvrier à placer les pièces à souder et la

soudure dans la position la plus pratique pour travailler. Travailler sur de longues périodes dans des positions où les muscles sont sollicités peut augmenter le risque de blessures corporelles. Ainsi, ces positionneurs qui portent les pièces lourdes dans les endroits les plus pratiques diminuent grandement les risques associés à l'ergonomie. Ceci peut être expliqué par le fait que le soudeur n'éprouve pas le besoin de travailler dans des positions anormales.

11.4. Réglementations et recommandations nationales et européennes

11.4.1. Les recommandations européennes

A cause de tous les risques liés à l'ergonomie, le besoin de standardisation appropriée à ce sujet a donné lieu à une réflexion intensive au sein de l'UE. En fait, il existe un comité technique qui concentre ses efforts pour améliorer les standards déjà existants sur ce sujet. Ces directives, standards et réglementations ont été cités dans le chapitre 4.2.

11.4.2. Les réglementations nationales et européennes

En 2006, la Commission Européenne a publié une directive relative aux machines (2006/42/EC). Cette directive contient un chapitre dans une de ses annexes consacré à l'ergonomie. La série de standards harmonisés produits par le comité technique inclus dans cette directive est citée ci-après. Ces standards sont ensuite divisés en sous-chapitres tels que : la variabilité de l'opérateur, le taux de travail, la concentration et l'interface homme/machine.

- EN 1005-1:2001+A1:2008 Sécurité des machines – Performance physique humaines - Partie 1 : termes et définitions
- EN 1005-2:2003+A1:2008 Sécurité des machines – Performance physique humaines - Partie 2 : Manutention manuelle des machines et d'éléments de machines
- EN 1005-3:2002+A1:2008 Sécurité des machines – Performance physique humaines - Partie 3 : limites des forces recommandées pour l'utilisation des machines
- EN 1005-4:2005+A1:2008 Sécurité des machines – Performance physique humaines - Partie 4 : évaluation des postures et mouvements lors du travail en relation avec les machines
- EN 547-1:1996+A1:2008 Sécurité des machines – Mesures du corps humain – Partie 1 : principes de détermination des dimensions requises pour les ouvertures destinées au passage de l'ensemble du corps dans les machines

- EN 547-2:1996+A1:2008 Sécurité des machines – Mesures du corps humain – Partie 2 : Principes de détermination des dimensions requises pour les orifices d'accès
- EN 547-3:1996+A1:2008 Sécurité des machines – Mesures du corps humain – Partie 3 : données anthropométriques
- EN 614-1:2006+A1:2009 Sécurité des machines – Principes ergonomiques de conception - Partie 1 : terminologie et principes généraux
- EN 614-2:2000+A1:2008 Sécurité des machines – Principes ergonomiques de conception - Partie 2 : interactions entre la conception des machines et les tâches de travail
- EN 842:1996+A1:2008 Sécurité des machines – Signaux visuels de danger – Exigences générales, conception et essais
- EN 894-1:1997+A1:2008 Sécurité des machines – Exigences ergonomiques pour la conception des dispositifs de signalisation et des organes de services – Partie 1 : principes généraux des interactions entre l'homme et les dispositifs de signalisation et organes de services
- EN 894-2:1997+A1:2008 Sécurité des machines – Exigences ergonomiques pour la conception des dispositifs de signalisation et des organes de services – Partie 2 : dispositifs de signalisation
- EN 894-3:2000+A1:2008 Sécurité des machines – Exigences ergonomiques pour la conception des dispositifs de signalisation et des organes de services – Partie 3: organes de service
- EN 981:1996+A1:2008 Sécurité des machines - Système de signaux auditifs et visuels de danger et d'information
- EN ISO 13732-1:2008 Ergonomie des ambiances thermiques – Méthodes d'évaluation de la réponse humaine au contact des surfaces – Partie 1 : surfaces chaudes
- EN ISO 13732-3:2008 Ergonomie des ambiances thermiques – Méthodes d'évaluation de la réponse humaine au contact des surfaces – Partie 3 : surfaces froides
- EN ISO 14738:2008 Sécurité des machines – Exigences anthropométriques pour la conception des postes de travail sur les machines
- EN ISO 15536-1:2008 Ergonomie – Mannequins informatisés et gabarits humains – Partie 1: exigences générales

- EN ISO 7250:1997 Mesurage de base du corps humain pour la conception technologique (ISO 7250:1996)
- EN ISO 7731:2008 Ergonomie – Signaux de danger pour lieux publics et lieux de travail – Signaux de danger auditifs

12. Décapage d'acier inox

L'acier inox doit ses propriétés à une couche d'oxyde passive. Cette couche d'oxyde est fine, imperméable, invisible et consiste principalement d'oxyde de chrome. L'oxygène contenu dans l'atmosphère crée et maintient une couche d'oxyde dans les conditions atmosphériques normales et les températures ambiantes. Il possède des propriétés auto-cicatrisantes en quelques sortes. La raison pour laquelle nous procédons au décapage est due au fait que toutes les formes de décoloration entraînent une diminution de la résistance à la corrosion. Si la couche d'acier inox est endommagée, elle perd par endroits ses propriétés de corrosion. C'est pourquoi un processus chimique final est requis pour restaurer sa couche d'oxyde passive.
Le choix du traitement ultérieur dépend de plusieurs facteurs :

- La corrosivité ambiante
- Les exigences sanitaires
- L'esthétique

12.1. Les défauts

Les défauts apparaissant souvent durant les opérations de l'acier inox :

Coloration thermique

A cause du soudage et des processus utilisant de hautes températures, la couche d'oxyde s'abîme perdant ainsi ses propriétés. La couleur de l'acier inox change, ce que nous appelons la coloration thermique.

Les défauts issus du soudage

Les imperfections des dimensions au-delà de certains critères, tels que les pores, les éclaboussures, coup d'arc, etc.

Contamination du fer

Les particules de rouille corrodent et abîment la couche passive.

Surface rugueuse

Des surfaces rugueuses amassent des dépôts plus aisément, augmentant le risque de corrosion et de contamination.

Contamination organique

Les graisses, huiles, peintures etc. peuvent engendrer la corrosion.

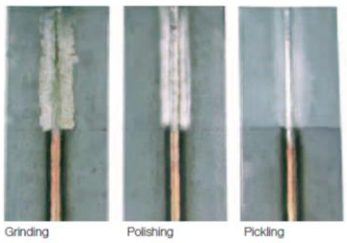


Figure 44 – Source : Outokumpu. (2013). Manuel de l'acier inox, 92.

12.2. Méthodes de nettoyage

Le nettoyage chimique nous donne de meilleurs résultats que le nettoyage mécanique. Un de ces processus de nettoyage chimique qui ne seront pas présentés dans ce manuel sont la passivation/décontamination et l'électro-polissage.

12.3. Décapage

C'est la méthode la plus répandue pour retirer les oxydes et contamination. Le décapage retire la couche de surface par corrosion contrôlée et ôte les zones pauvres en chrome pour rétablir ses propriétés de corrosion. Le décapage utilise généralement des acides tels que l'acide nitrique (HNO_3), l'acide fluorhydrique (HF) et quelquefois l'acide sulfurique (H_2SO_4).

Il faut garder à l'esprit quant au décapage que pas tous les types d'acier inox sont faciles à décaper. La facilité de décapage des aciers est répartie en 4 groupes, des catégories d'acier.

Voici les 4 méthodes de décapage :

- Décapage par immersion ;
- Décapage à l'aide de pâte ou gel ;
- Décapage par pulvérisation ;
- Polissage/nettoyage électrochimique.

Figure 45 – Décapage d'acier inox. Source : http://www.euroshl.com/project/avesta-pickling-gel-122/; https://polyshop.nl/kunststof-beitsbad-4500-liter; http://www.sofel-sts.be/PDF/NL/PF/INOX_&_METAL_PICKLE_GEL.pdf;

Le choix dépend de sa capacité, la taille de l'objet, l'esthétique et les propriétés de corrosion recherchées, etc. (Voestalpine - Böhler Welding).

12.4. Risques et conséquences

Lors du décapage, le plus grand risque réside dans le contact avec les produits chimiques. Les acides forts utilisés lors du processus peuvent causer des lésions cutanées, oculaires, intestines, etc. Les acides entrant en contact avec la peau peuvent causer de graves brûlures chimiques et la cécité lors d'un contact avec les yeux. Assurez-vous qu'une douche oculaire est proche au cas où les acides seraient entrés en contact avec les yeux. Un rinçage abondant à l'eau claire est nécessaire.

Les acides produisent des fumées toxiques qui causent des dommages lorsqu'ils sont inhalés. Un dommage à long-terme est une conséquence grave de l'inhalation régulière de fumées.

Un contact avec des produits chimiques peut causer différents types de brûlures et blessures. Selon le type de produit chimique auquel une personne est exposée, les symptômes, la sévérité et les traitements peuvent varier. Quelquefois il n'y a pas de lésions visibles sur la peau mais la structure de la peau peut être atteinte.

La peau est un organe tout comme le foie et les poumons. Ceci signifie qu'elle assimile les produits jusqu'à un certain point et peut les transporter dans notre système sanguin. Ceci accroît encore le risque lors de l'utilisation de produits chimiques.

Le risque ne touche pas seulement le soudeur mais également l'environnement. Les déchets chimiques peuvent mettre en danger la faune et la flore locale. L'eau utilisée pour rincer les produits peut être contaminée par des acides forts.

12.5. Créer un lieu de travail sûr

Lors d'un travail avec des acides forts, quelques règles de base doivent être établies.

- Seul le personnel formé et informé est autorisé à effectuer ce type de travail.
- Boire, manger, fumer près de la zone de décapage est exclue.
- Les employés qui manipulent ces produits chimiques sont obligés de se laver les mains avant de manger, aller aux toilettes et après leur travail de décapage.
- Toute la peau exposée aux produits chimiques doit être couverte.
- Une trousse de secours contenant des produits spécifiques au contact avec les produits chimiques doit être présente.
    - Douche oculaire et une douche de sécurité
- La zone de décapage doit être ventilée.

- Garder les pots et conteneurs fermés pour éviter l'évaporation involontaire des produits.
- Les restes de décapage doivent être neutralisés et éliminés selon les réglementations locales.
    - Lors du décapage de petites pièces, un bac de trempage peut être une solution pratique pour éliminer sûrement les eaux contaminées.
- Après le décapage, assurez-vous que tous les produits restants sont stockés correctement. Ne laissez pas ces produits trainer.

12.6. Équipement de protection personnelle

Il va sans dire qu'il faut se protéger des risques. Quant au décapage, il faut des PPE pour assurer sa sécurité.

Premièrement, les gants utilisés lors du décapage doivent être résistants aux produits chimiques. Il y a une grande différence entre résistant à l'eau et résistant aux produits chimiques. En regardant les symboles sur les gants, vous distinguez deux types. Observez les symboles suivants pour noter la différence.

Function	Symbol
Waterproof and low chemical protection	
Waterproof and chemically resistant	

Tableau 12 -

Les lettres sous le symbole nous disent contre quels produits chimiques les gants ont été testés.

EN 374

A D F

List of test chemicals

CODE LETTER	CHEMICAL	CAS NUMBER	CLASS
A	Methanol	67-56-1	Primary alcohol
B	Acetone	67-64-1	Ketone
C	Acetonitrile	75-05-8	Nitrile compound
D	Dichloromethane	75-09-2	Chlorinated paraffin
E	Carbon disulphide	75-15-0	Sulphur containing organic compound
F	Toluene	108-88-3	Aromatic hydrocarbon
G	Diethylamine	109-89-7	Amine
H	Tetrahydrofurane	109-99-9	Heterocyclic and ether compound
I	Ethyl acetate	141-78-6	Ester
J	n-Heptane	142-85-5	Saturated hydrocarbon
K	Sodium hydroxide 40%	1310-73-2	Inorganic base
L	Sulphuric acid 96%	7664-93-9	Inorganic mineral acid

Figure 46 - Tableau 13 – Source : EN 374

Cherchez les lettres indiquant la résistance aux acides.

Les lunettes ou les casques de meules pour protéger votre visage ou vos yeux sont un autre PPE important. Des éclaboussures d'acide pendant le décapage par immersion ou une brume d'acide pendant le décapage par pulvérisation pourrait facilement entrer en contact avec les yeux s'ils ne sont pas protégés.

Si vos vêtements de travail portent des éclaboussures d'acide, enlevez-les et lavez-les. Si les laver n'est pas possible, débarrassez-vous-en correctement. Une alternative serait d'utiliser des combinaisons jetables.

Enfin, nous avons besoin de quelque chose pour nous protéger des fumées produites durant le décapage. Dans l'idéal, un système d'extraction des fumées doit être présent, sinon il faudra avoir recours à un système de protection respiratoire. Même avec un système d'extraction des fumées, une protection respiratoire n'est pas de trop. Lorsque vous travaillez avec des bains de décapage, assurez-vous que

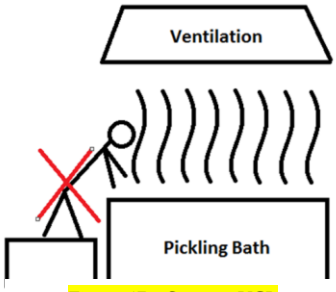


Figure 47 – Source : VCL

l'extraction des fumées est placée directement au-dessus du bain. Ne travaillez pas penché au-dessus du bain, seulement si absolument nécessaire. Dans ce cas vous devriez absolument porter une protection respiratoire.

12.7. Réglementations et recommandations nationales et européennes

Contrôlez toujours les réglementations locales lorsque vous effectuez des activités telles que le décapage.

Les standards référencés dans la présentation et le manuel sont :

- EN 374
- Voestalpine - Böhler Welding. (s.d.). Manuel de décapage. Malmö, Suède

13. Gestion des déchets

Les déchets peuvent être soit solides, soit liquides ou gazeux et chacun a sa propre méthode d'élimination et de gestion. La gestion des déchets rassemble toutes les actions et activités requises pour la gestion de leurs débuts à leur élimination finale. Ceci comprend entre autres le ramassage, le transport, le traitement et l'élimination des déchets ainsi que la surveillance et la réglementation. Cela comprend le cadre légal et réglementaire qui se penche sur la gestion des déchets englobant les conseils et le recyclage. La gestion des déchets se consacre normalement à tous les types de déchets qu'ils aient été créés sous forme industrielle, biologique, ménagère ou quelquefois dangereuse pour la santé.

La hiérarchie des déchets fait référence aux « 3 R », Réduire, Réutiliser, Recycler, qui classent les stratégies de la gestion des déchets selon leur désirabilité en termes de réduction de déchets. Le but de la hiérarchie des déchets étant d'extraire un maximum de bénéfices pratiques des produits et de générer un minimum de déchets.

Les méthodes d'élimination des déchets peuvent être :

- La prévention ou réduction de la génération des déchets ;
- Le recyclage ;
- L'incinération ;
- Le compostage ;
- Les sites d'enfouissement ;

L'élimination sûre des déchets est un des plus importants enjeux sanitaires et sécuritaires liés au soudage et techniques connexes.

13.1. Identifier les risques

Les consommables utilisés par le secteur du soudage représentent une large quantité de produits qui sont utilisés comme matériel de soudage ou de revêtement sur les matériaux métalliques, générant de grandes quantités de déchets riches en métaux toxiques qui ont un impact négatif sur l'environnement s'ils sont mal éliminés. A présent, ces déchets sont éliminés dans des sites d'enfouissement ou ils sont traités avec d'autres dans des fours en ciment.

Les déchets/tiges de soudage inutilisables doivent être éliminés dans un bac rouge ou tout autre conteneur pour le recyclage des ferrailles. Les solvants de déchets et chiffons imbibés de solvants ou autres outils doivent être éliminés correctement dans un baril de déchets dangereux.

13.1.1. Santé (risques individuels)

Les risquent sanitaires usuels issus de la gestion des déchets sont :

- Musculosquelettiques ;
- Diarrhée ;
- Hépatite virale ;
- De plus grands incidents de syndromes restrictifs et obstructifs.

Les risques associés à la gestion des déchets solides dans les entreprises peuvent être ainsi divisés dans les catégories suivantes : accidents professionnels, risques physiques, chimiques, ergonomiques, psychologiques et biologiques. Les risques sanitaires soit pour l'ouvrier directement impliqué soit pour les opérateurs de l'entreprise et les habitants voisins sont causés par de nombreux facteurs qui comprennent : la nature des déchets bruts, leur composition (par ex. les substances toxiques, allergisantes et infectieuses) et leurs composants (par ex. des gaz, poussières, lixiviats, piquants) ; la manipulation des déchets (par ex. le pelletage, soulèvement, vibrations d'équipement et accidents).

13.1.2. Sécurité (risque sur le lieu de travail)

Dangers mécaniques usuels :

- Coupures par objets tranchants (lames de scie, disques de meule et pièces métalliques) ;
- Tétanos (câbles rouillés et ferrailles) ;
- Blessures traumatiques (ferrailles, objets tranchants provenant du soudage ;

Les dangers ergonomiques résultent de :

- Porter ou soulever de lourdes charges ;

- Mouvements et travail répétitifs (par ex. pelletage) ;
- Problèmes musculosquelettiques provenant de la manipulation de conteneurs lourds ;
- Tâches de tri manuel nécessitant souvent d'attraper, soulever et tourner et qui peuvent engendrer des douleurs, courbatures, fatigue générale, tendinite, et blessures musculosquelettiques des pieds, bras, épaules, mains, poignets et haut ou bas du dos pour l'ouvrier.

Déchets dangereux

Les déchets ou associations de différents déchets peuvent présenter un danger présent ou potentiel substantiel aux personnes et autres espèces vivantes parce que de tels déchets ne sont pas biodégradables ou persistent dans la nature (Jerie, 2016).

Les déchets dangereux peuvent être :

- Toxiques ;
- Corrosifs ;
- Nocifs ;
- Explosifs ;
- Inflammables ;
- Radioactifs ;
- Toxiques ;
- Dangereux pour l'environnement.

Et peuvent contenir :

- Arsenic ;
- Cadmium ;
- Chrome ;
- Plomb ;
- Mercure ;

Risques sanitaires provenant de la gestion des déchets dangereux :

- Maladies neurotoxiques ;
- Cancer, etc.

13.1.3. Environnement

Les déchets ne sont pas quelque chose qui devrait être jeté ou éliminé sans penser à l'avenir. Ils peuvent être une ressource précieuse s'ils sont pris en compte correctement de par la politique et la pratique. Avec des pratiques de gestion des déchets cohérentes, toute une gamme de bénéfices peut être recueillie, spécialement dans le domaine environnemental, puisqu'il est possible d'y réduire ou éliminer les impacts négatifs sur l'environnement en réduisant, réutilisant et recyclant. Minimiser l'extraction des ressources peut améliorer la qualité de l'eau et de l'air et aider à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Les entreprises de soudage génèrent des déchets, pour la plupart des ferrailles, qui peuvent être aisément recyclés. L'opération de recyclage est bonne pour l'environnement et représente aussi une source de revenus.

13.2. Créer un lieu de travail sûr

Nous pouvons exposer brièvement les « Principales étapes de la manipulation des déchets » et ce dans l'ordre suivant :

- Marquer les matériaux comme déchets ;
- Protéger avec des Équipements de Protection Individuelle (PPE) ;
- Trier en conteneurs les déchets ;
- Étiqueter les déchets par date ;
- Stocker les déchets ;
- Soumettre un formulaire d'élimination des déchets.

Surveillez les zones utilisées pour entreposer et éliminer les déchets solides car elles peuvent être infestées par vermines et/ou insectes qui peuvent être vecteurs de maladies potentielles.

13.3. Utilisation correcte et entretien de l'équipement

Chaque consommable de soudage et quelques accessoires du soudage (si applicable) devraient être fournis avec leurs propres Fiches de Données de Sécurité (MSDS). Après l'achat des consommables de soudage, nous devons toujours consulter et lire les MSDS qui accompagnent le consommable soit la tige de soudage, le câble/câble tubulaire, l'électrode recouverte ou le courant soit avec quelques accessoires utilisés lors des opérations de soudage comme les Agents de Démoulage contre la formation d'éclaboussures.

Les MSDS donnent des informations de base sur le matériel ou le produit chimique, comment l'utiliser sûrement et que faire en cas d'urgence. Les MSDS sont écrits pour divers publics autres que le personnel coordinateur du soudage ou les soudeurs utilisant le matériel.

La MSDS est un point de départ essentiel pour le développement d'un programme de santé et sécurité complet pour le matériel, incluant « les considérations relatives à l'élimination » comme on peut le voir dans l'exemple 1 du chapitre 13 d'un MSDS. Ce chapitre des MSDS s'adresse principalement aux professionnels de l'environnement.

Généralement, la MSDS ne comprend pas toutes les étapes et précautions nécessaires pour l'élimination appropriée des déchets dangereux. De même, la MSDS ne donne pas les réglementations fédérales, provinciales ou régionales qui doivent être suivies. Les autorités compétentes de votre région doivent être contactées directement en l'occurrence.

Ci-dessous, vous trouverez une MSDS provenant de consommables de soudage, en l'occurrence une électrode recouverte, où il est possible de voir les considérations relatives à l'élimination, y compris les méthodes de traitement des déchets et la législation relative aux consommables.

CONSIDERATIONS RELATIVES A L'ELIMINATION
Méthodes de traitement des déchets Les déchets non-contaminés issus de la production et des tiges de soudage sont recyclables. Le produit non utilisé n'est pas classifié comme déchet dangereux. Éliminez-le en accord avec les réglementations gouvernementales en vigueur. Quelque résidu du produit réduit (particules, poussières, fumées) peut être considéré comme déchets dangereux, selon la réglementation locale. **Législation européenne et régionale** Les recommandations nommées sont considérées comme adéquates quant à l'élimination des déchets. Cependant, les réglementations régionales peuvent être plus rigoureuses et celles-ci doivent être conformes au code EURAL 120113

Tableau 14 – Chapitre 13 de la fiche de donnée de sécurité des électrodes recouvertes

En ce qui concerne l'élimination sûre des déchets, il existe une législation régissant l'élimination appropriée des déchets, allant d'un risque faible aux déchets dangereux. Ces lois sont exécutées par les agences environnementales et les autorités locales.

Une fois les déchets éliminés, certains types de déchets peuvent nécessiter un suivi particulier ou être éliminés par des spécialistes, en particulier s'ils sont dangereux.

13.3.1. Équipement de protection individuelle

Il existe différentes méthodes pour éviter les blessures et celles-ci comprennent l'utilisation d'équipement de protection individuelle (PPE), des vêtements de protection individuelle (PPC) et des signaux de sécurité. Les blessures issues de problèmes de sécurité représentent un problème principal dans la plupart des chapitres.

Figure 48 – Panneau relatif à l'avertissement quant aux déchets chimiques, Source : https://www.loudandcleargraphics.co.uk/wp-content/uploads/2015/03/warn_0029_150x200H1.jpg

Figure 49 – Masque anti-poussières jetable. Source : https://www.walmart.com/ip/ToolBasix-TGE-DM01-Disposable-Dust-Mask-Plastic-White/140989204

Forts taux de poussière :

- Masques anti-poussières
- Respirateurs

Autres objets dangereux :

- Combinaisons de travail ;
- Chaussures de sécurité ;

13.4. Réglementations et recommandations nationales et européennes

14. Stockage des matériaux

Le stockage des matériaux implique diverses opérations telles que soulever des tonnes d'acier avec une grue ; conduire un camion chargé de blocs de béton ; porter à la main des sacs ou du matériel ; et superposer des palettes de briques ou autres matériaux tels que des fûts et du bois de charpente.

Une manutention et un stockage efficaces des matériaux sont essentiels pour l'industrie. En plus des matières premières, ces opérations donnent un va-et-vient constant de pièces et assemblages dans tout le lieu de travail et permet d'avoir toujours à disponibilité les matériaux nécessaires. Malheureusement, une mauvaise manipulation ou stockage des matériaux engendrent souvent des blessures onéreuses.

14.1. Identifier les risques

Les employés peuvent diminuer les blessures résultant du stockage des matériaux en utilisant quelques procédures de sécurité de base telles qu'en adoptant des pratiques ergonomiques sonores, en prenant des précautions générales anti-feux et en gardant les allées et lieux de passage libres.

14.2. Créer un lieu de travail sûr

Stockez les matières de façon organisée et ordonnée qui ne mettra pas en danger la sécurité des employés. Assurez-vous que les tas, les piles et rangées soient stables et arrangées de façon à faciliter la manipulation et le chargement sûrs. Stockez les matières dangereuses selon les exigences de chacun.

Stockez toutes les matières sur des palettes pour décourager les invasions de rongeurs. Nettoyez immédiatement tout déversement ou toute fuite qui pourraient faciliter l'installation de rongeurs. Utilisez des harnais pour soulever des matières dans des sacs, du bois, des briques, des blocs de maçonnerie ou d'autres matières similaires simplement entassées uniquement si les harnais vous protègent contre les chutes grâce à des sangles, des consoles, des filets ou d'autres appareils appropriés.

Quelles précautions les ouvriers doivent-ils prendre pour éviter les dangers du stockage ?
Les matières stockées ne doivent pas présenter de dangers pour les employés. Les employeurs doivent informer les ouvriers de tels facteurs tels que la taille et le poids des matières, leur

accessibilité et la condition des conteneurs où les matières sont stockées lorsqu'ils les empilent ou entassent. Pour éviter de créer des dangers lors du stockage, les employeurs doivent prendre les mesures suivantes :

- Conserver les zones de stockage libres de toute matière accumulée qui risque de faire trébucher, de causer des feux ou explosions ou de contribuer à l'installation des rats ou autres nuisibles ;
- Placer les matières stockées à l'intérieur des édifices en construction et à au moins 1,8 m des zones de levage ou dans des ouvertures du plancher et à au moins 3 m des murs extérieurs ;
- Séparer les matières non compatibles ;
- Équiper les employés qui travaillent dans des silos à grain, trémies ou réservoirs avec des cordes de sécurité et des ceintures de sécurité.

De plus, les ouvriers doivent penser à placer les matières fagotées sur des étagères et de les sécuriser en les empilant, bloquant ou imbriquant pour éviter qu'ils ne glissent, tombent ou s'effondrent.

Stocker des matières en plein air

Placer des matières en plein air nécessite réflexion quant aux matières combustibles, l'accessibilité, les lignes à haute tension et la protection anti-feu.

Les matières combustibles – Empilez sûrement les matières combustibles. Les entassements ou empilements ne doivent pas excéder 4,9 m de haut. Stockez les matières combustibles à au moins 3 m de tout édifice ou structure.

Accès – Les chemins entre et autour des piles de stockage de matières combustibles doivent avoir au moins 4,5 m de large. Évitez-y les accumulations de matières ou détritus. Utilisez un système de grille de 15 m par 45 m quand vous concevez les chemins en plein air dans des zones de stockage de matières combustibles.

Lignes à haute tension – Ne stockez pas de matières sous des lignes à haute tension ou là où les matières risquent de bloquer les points d'évacuation ou l'équipement d'urgence.

Exigences quant au stockage des matières à l'intérieur

Stocker des matières à l'intérieur demande de porter une attention particulière aux accès, à la prévention contre le feu, la charge de plancher et les dangers en hauteur. Les immeubles en construction nécessitent des précautions particulières.

Accès. Placez ou stockez les matières de façon à ce qu'elles n'obstruent pas l'accès, l'entrée, les panneaux électriques, les extincteurs ou les zones de levage. N'obstruez pas les voies d'accès ou de sortie en accumulant des ferrailles ou matières. Les allées doivent être suffisamment larges pour faire passer des lève-pals ou l'équipement à incendie.

Prévention des feux. Lorsque vous stockez, manipulez ou empilez des matières, pensez aux caractéristiques du feu. Stockez les matières incompatibles qui risquent de déclencher un feu à au moins 7,6 m les unes des autres ou séparez-les par une barrière avec une résistance au feu d'au moins une heure. Empilez les matières pour réduire les feux internes et pour donner un accès convenable aux pompiers.

Portes pare-feu. Maintenez environ 60 cm de libre autour du dégagement des portes pare-feu.

Gicleurs. Maintenez au moins 45 cm de libre entre les matières stockées et les têtes des gicleurs.

Appareils de chauffage. Maintenez au moins 90 cm de libre entre les matières stockées et les appareils de chauffage, chauffage rayonnant, four à conduite et conduites ou les dégagements montrés sur les étiquettes des agences d'approbation.

Protection contre le feu. L'équipement contre le feu doit être accessible à tout moment et en bon état de marche.

Charge du plancher. Affichez en toute évidence des panneaux de limite de charge dans toutes les zones de stockage, sauf pour les planchers ou dalles sur sols.

Exigences quant à la manipulation et au stockage de l'acier blindé, profilé et des tôles

Empilez l'acier pour éviter qu'il ne glisse, roule, déboule ou ne tombe. Utilisez des isolants (gaines) lors de la manipulation de l'acier avec une grue ou un lève-pal pour contribuer à plus de sécurité dans la manutention.

Les exigences quant à la manipulation et le stockage des tubes, conduites et matières cylindriques

Assurez-vous que les matières cylindriques sont stables quand elles sont stockées ou manipulées.

L'empilement. Placez les tubes, barres de conduites et autres matières cylindriques sur des râteliers ou en piles et bloquez-les sur une surface plane et ferme pour éviter qu'elles ne déboulent ou tombent. Utilisez soit des tas en pyramide soit en pile. Rétrécissez la pile d'une pièce au moins par étage et calez-les sûrement des deux côtés du tas.

Enlèvement. Enlevez une barre ronde (par exemple poteau en bois, tube et conduite) d'un tas par les bouts de la barre.

Déchargement. Déchargez les transporteurs de telle façon que les employés ne soient pas exposés aux charges non sécurisées.

Accroche. Utilisez une bonne accroche quand vous travaillez avec des barres rondes.

Consommables de soudage : stockage

Les tâches relatives au stockage des matières de soudage et gaz protecteurs doivent être les suivantes :

Toutes les matières de soudage qui peuvent être endommagées par la moisissure (électrodes, câbles, flux) doivent être conservées au sec dans un entrepôt bien ventilé. Dans ce but, des placards ou des pièces de stockage doivent être installés dans le centre de contrôle des matières de soudage ou les centres de production. De même une température d'environ 10°C au-dessus de la température ambiante doit y être maintenue dans les placards et pièces afin de garder l'humidité de l'air à moins de 60%.

Pour la distribution des matières de soudage vers les différents endroits de consommation sur le site de construction, un (nombre de) station(s) de production de matières de soudage doit/doivent être installée(s). Celles-ci seront équipées de fours de maintien opérant à des températures entre 130° et 150°C pour le stockage des électrodes pauvres en hydrogène.

Dans le centre de contrôle des matières de soudage ou les centres de production, des conteneurs encore fermés doivent être entreposés dans un entrepôt sans contact direct avec le sol et l'empilement des conteneurs doit être tel qu'un endommagement des contenus est évité.

Baguettes de soudure GTAW et fils d'apport GMAW, FCAW et SAW doivent être stockés dans les mêmes conditions que pour les électrodes recouvertes et doivent être conservés dans leur emballage protecteur jusqu'à utilisation.

14.3. Utilisation adéquate et entretien de stockage du matériel

Tri entre matières et déchets. Pensez à prendre des précautions de stockage lors du tri de toutes les matières. Utilisez des MSDS pour déterminer le tri approprié des matières stockées identifiez et étiquetez les conteneurs contenant les matières triées.

En plus de la formation et de l'entraînement, appliquer des principes de sécurités généraux, tels que des pratiques de travail, un équipement et des contrôles corrects, peut aider à réduire les accidents du travail lors du déplacement, de la manipulation et du stockage de matières. Qu'il s'agisse de déplacer les matières manuellement ou mécaniquement, vos employés devraient savoir et comprendre les dangers potentiels liés aux tâches à accomplir et comment contrôler les lieux de travail pour minimiser le danger.

14.4. Réglementations et recommandations nationales et européennes

15. Brasage et soudure

Le brasage et le soudage sont principalement classés selon leur température de traitement.

15.1. Brasage

La Société Américaine de Soudage (AWS), définie le brasage comme un groupe de processus d'assemblage qui produit une coalescence de matières en les chauffant jusqu'à leur température de brasage et en utilisant un métal d'apport (soudure) ayant un liquidus au-delà de 840°F (450°C) et en-deçà du solidus du métal de base.

15.2. Soudure

La soudure a la même définition que le brasage à l'exception près que le métal d'apport utilisé a un liquidus en-deçà de 840°F (450°C) et en-deçà du solidus du métal de base.

Un assemblage brasé est fait tout à fait différemment d'un assemblage par soudage.

La première grande différence réside dans la température. Le brasage ne fond pas le métal de base. Ainsi les températures de brasage sont invariablement plus basses que le point de fusion des métaux de base. Et, bien sûr, toujours sensiblement en-deçà des températures de soudage pour les mêmes métaux de base.

Le processus de brasage réunit les métaux de base en créant un lien métallurgique entre le métal d'apport et les surfaces des deux métaux assemblés.

Le principe par lequel le métal d'apport est attiré à travers la jointure pour créer ce lien est une action capillaire. Durant l'opération de brasage, vous appliquez largement de la chaleur sur métaux de base. Le métal d'apport est alors mis en contact avec les pièces chauffées. Il fond immédiatement sous la chaleur des métaux de base et passe totalement dans la jointure par capillarité.

15.3. Pourquoi choisir le brasage ou la soudure

Tout d'abord, une jointure brasée est une jointure solide. Une jointure brasée bien faite (comme une jointure soudée) sera souvent aussi solide si ce n'est plus qu'un assemblage de métaux. Ensuite, la jointure est faite à des températures relativement faibles. Les températures de brasage vont en général de 1150°F à 1600°F (620°C à 870°C).

Paramètre	**Processus**		
	Soudure	Brasage	Soudage
Jointure formée	Mécanique	Métallurgique	Métallurgique
Température de fusion du métal d'apport °C (°F)	<450 (<840)	>450 (>840)	>450 (>840)
Métal de base	Ne fond pas	Ne fond pas	
Flux utilisés pour protéger et aider à mouiller les surfaces du métal de base	Requis	Optionnel	Optionnel
Sources de chaleur typiques	Soudure de fer : ultrasons ; résistance ; four	Four ; réaction chimique ; induction ; torche ; infrarouge	Plasma, EB ; GTAW et SAW, RW ; laser
Tendance à se déformer ou brûler	Atypique	Atypique	Distorsion et déformation potentielle du métal de base probable
Stress résiduels			Probables autour de la zone de soudage

Tableau 15 : Comparaison entre soudure, brasage et soudage

15.4. Identifier les risques

Plusieurs expositions à risque liées à la soudure et au brasage sont habituelles durant les processus de soudage telles que :

- Brûlures
- Travail avec les bouteilles de gaz

- Fumées provenant des flux et soudure
- Contact cutané avec les flux
- Mauvaise élimination des déchets.

Ce paragraphe fait référence aux fumées dues au brasage et soudures qui sont sensiblement différentes des fumées de soudage en général.

15.4.1. Fumées de brasage et de soudure

L'émission des fumées est liée au processus et au matériau utilisé. La quantité et la composition chimique des substances potentiellement dangereuses générées (fumée de soudure ou brasage) dépend des matières utilisées (alliages de soudure et brasage, flux, liant) et des paramètres de processus (température de brasage ou soudure, temps de soudure ou de maintien).

Considérant que le matériau de base n'est pas fondu, sa composition n'est pas sensée influencer la composition des fumées.

15.5. Soudure (T < 450 °C)

La soudure est un processus dans lequel deux objets ou plus (généralement du métal) sont assemblés ensemble en faisant fondre et appliquant un métal d'apport (soudure) dans la jointure, le métal d'apport ayant un point de fusion plus bas que celui du métal à assembler. La soudure se distingue du soudage par le fait que la soudure n'implique pas la fusion des pièces à usiner. Dans le cas du brasage, le métal d'apport fond à de plus hautes températures mais le métal de la pièce à usiner ne fond pas.

Il est particulièrement pratique dans les domaines de l'électronique et de la plomberie. Les alliages qui fondent entre 180 et 190°C (360 et 370°F) sont très communément utilisés. Si des alliages avec un point de fusion au-dessus de 450°C (840°F) sont utilisés, le processus n'est plus appelé soudure mais brasage.

La soudure peut contenir du plomb et/ou un flux, mais dans beaucoup d'applications la soudure est désormais sans plomb.

Durant le processus de soudure, la chaleur est appliquée aux pièces à assembler, causant ainsi la fusion de la soudure, la liant ainsi aux pièces à usiner dans un processus d'alliage appelé mouillage. Dans la soudure de toron, la soudure est attirée dans le toron par capillarité dans un processus appelé la mèche. La capillarité apparait également quand les pièces à usiner se touchent ou sont très proches. La solidité de la jointure dépend du métal d'apport utilisé.

Les matières d'apport de soudure sont disponibles dans différents alliages pour différentes applications. L'assemblage électronique utilise un alliage d'eutectique avec 63% d'étain et

37% de plomb (ou 60/40, dont le point de fusion est presque identique). D'autres alliages sont utilisés dans la plomberie, l'assemblage mécanique et d'autres applications.

Les formules de soudure usuelles à base d'étain et plomb sont citées ci-après. La fraction représente d'abord le pourcentage d'étain ensuite de plomb pour un total de 100% :

- 63/37 : fond à 183 °C (361 °F) (eutectique : le seul mélange avec un point de fusion plutôt qu'au-dessus d'une zone)
- 60/40 : fond entre 183–190 °C (361–374 °F)
- 50/50 : fond entre 183–215 °C (361–419 °F)

Pour des raisons environnementales (et l'introduction de règlementations telles que la Directive européenne RoHS), les soudures sans plomb sont plus largement utilisées. Malheureusement, la plupart des soudures sans plomb n'ont pas de formules eutectiques, fondant à environ 250 °C (482 °F), rendant une jointure fiable plus difficile.

15.6. Brasage (T > 450 °C)

Pour le brasage, les métaux d'apport peuvent contenir de l'aluminium, du cuivre, du zinc, du nickel, de l'étain, de l'argent et des additifs de cadmium. Les flux utilisés contiennent des mélanges d'acide borique, des fluorures simples ou complexes, des oxyfluorures et du borax.

Selon les alliages de brasage et le flux, le brasage peut produire des substances dangereuses telles que l'oxyde de cadmium, oxyde de cuivre, oxyde de zinc, oxyde d'argent, fluorures, oxyde de bore, etc.

D'un point de vue de santé du travail, les composés de cadmium et les fluorures dans les fumées de brasage sont particulièrement importants.

15.7. Créer un lieu de travail sûr

Traitement des résidus de flux

Une fois le brasage ou la soudure terminée, les résidus de flux doivent être ôtés parce que sans cela, les résidus peuvent entraîner la corrosion des assemblages.

Les résidus de flux de brasage peuvent être ôtés par un rinçage à l'eau chaude suivi d'un séchage. Si le résidu est collant, alors il peut être ôté par choc thermique comme chauffage et trempage. Quelquefois un jet de vapeur peut être appliqué suivi par une brosse métallique.

Les résidus de flux de soudure d'un flux de colophane peuvent être laissés sur la surface du joint, cependant le flux de colophane activé et d'autres résidus de flux nécessitent un traitement correct. Si ôter les résidus de colophane est nécessaire, alors de l'alcool, acétone ou tétrachlorure de carbone peuvent être utilisés. Les résidus de flux organiques sont solubles dans

de l'eau chaude alors deux bains d'eau chaude devraient les ôter. Ôter des résidus de flux à base de chlorure de zinc peut se faire en lavant d'abord dans un bain d'acide chloridrique à 2% mélangé à de l'eau chaude puis dans un simple bain d'eau chaude.

Selon la nature des flux, il est important de prendre en considérations les exigences citées dans les fiches de données de sécurité (en particuliers les points 2 à 6 et 13). Cependant ces fiches ont donné un aperçu de toutes les caractéristiques d'un produit spécifique (avis de précaution et danger).

15.8. Brasage MIG, laser, plasma (T > 900 °C)

Pour ces processus, des alliages en général à base de cuivre sous forme de câbles sont utilisés comme métal d'apport avec un point de fusion en-deçà de celle du métal à assembler, c.à.d. $CuSi_3$ (Si 3%, Mn 1%, reste Cu), AlBz (Al 8,2%, reste Cu). D'où, de grandes quantités d'oxyde de cuivre sont générées par le métal d'apport.

Comme cité précédemment, le matériau de base n'a pas d'effet sur l'exposition. Cependant durant le processus de galvanisation des aciers, la fumée contient de grandes proportions en oxyde de zinc généré par la vaporisation et l'oxydation du revêtement.

La quantité de fumées émises dépend du processus. Les expériences montrent que durant le brasage plasma et le brasage laser, les émissions de fumées de soudage sont communément plus basses que durant le brasage MIG.

15.9. Équipement de protection individuelle

Les précautions de sécurité de base sur le lieu de travail qui suivent doivent être observées afin de garantir la sécurité des ouvriers lors de l'utilisation des alliages de brasage :

- Portez des gants et vêtements appropriés (appareils de protection individuelle IDP).
- Portez des lunettes de sécurité et les masques faciaux à tout moment (pour une meilleure protection, les lunettes sombres sont recommandées).
- Évitez l'exposition directe du visage à la zone de travail.
- Utilisez à tout moment un système d'aspiration adéquat pour garantir une bonne ventilation.
- Ventilez les espaces confinés. Utilisez les ventilateurs adéquats et hottes aspirantes pour éloigner toute fumée et gaz et des respirateurs à adduction d'air si nécessaires.

15.10. Réglementations et recommandations nationales et européennes

Dans ce chapitre, une liste des principaux standards H&S européens et des codes de pratiques liés au brasage et à la soudure est présentée :

ANSI Z49.1:2012- Sécurité pour le soudage, coupage et processus connexes

ISO 857-2:2005 Soudage et techniques connexes -- Vocabulaire -- Partie 2 : Termes relatifs aux procédés de brasage tendre et brasage fort

ISO 9455-11:2017 Flux de brasage tendre – Méthodes d'essai -- Partie 11 : Solubilité des résidus de flux

BRH:2007 MANUEL DE BRASAGE, 5ème EDITION

SHB:1999 MANUEL DE SOUDURE, couverture soupe, 3ème EDITION

Références

AWS (1999). *Soldering handbook* (« Manuel de Soudure »). SHB

Jenney, C. & O'Brien, J. (n.a.) *Welding Handbook* (« Manuel de soudage »). Miami : American Welding Society

CCOHS (n.a.) *Welding - Storage and Handling of Compressed Gas Cylinders* (« Soudage – Stockage et Manipulation des bouteilles de gaz comprimés »). Disponible sur : https://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/welding/storage.html

European Commission (2013). *The European Directive 2013/35/EU* (« La Directive européenne 2013/35/EU »). Luxembourg : Journal Officielle de l'Union Européenne. Disponible sur : http://data.europa.eu/eli/dir/2013/35/oj

ESAW (2016). *Accidents at work by sex, age, severity, NACE Rev. 2 activity and contact mode of injury* (« Accidents du travail par sexe, âge et sévérité, NACE, 2ème révision. Activité et modalité de la blessure. Bruxelles : Eurostat. Disponible sur : https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/product?code=hsw_ph3_09

HSE (n.a.) *Hearing loss and vibration white finger* (« Perte d'audition et phénomène du doigt mort »). Disponible chez : http://www.hse.gov.uk/welding/noise-vibration.htm

Jerie (2016). Occupational Risks Associated with Solid Waste Management in the Informal Sector of Gweru, Zimbabwe. *Journal of Environmental and Public Health.* (« Risques du travail liés à la gestion des déchets solides dans le secteur informel de Gweru, Zimbabwe. Journal de la Santé environnementale et publique ») 2016. https://doi.org/10.1155/2016/9024160

Lippold; Boellinghaus, T.; Richardson, I. (1999). Doc. IIW 1416-98. *Welding in the World (3)* (« Le soudage dans le monde »).

NIOSH (2014). *EMFs In The Workplace*. (« Les EMFs sur le lieu de travail »). Disponible à National Institute for Occupational Safety and Health: https://www.cdc.gov/niosh/docs/96-129/default.html

Olson, L.; Siewert, T.; Liu, S.; Edwards, G. (1993*). ASM Handbook Volume 6: Welding, Brazing, and Soldering* (« Manuel ASM, Volume 6 ») ASM International.

OSHA (2002). Materials Handling and Storage (« Manipulation et stockage des matières »). Disponibles sur : https://www.osha.gov/Publications/osha2236.pdf

Voestalpine – Böhler (n.a.). *Pickling Handbook* (« Manuel de décapage »). Disponible sur : file:///C:/Users/raque/Downloads/BW_Pickling+Handbook_EN_2017_GL_050_preview.pdf