RECOMMANDATION

R 443

Recommandation adoptée par le Comité technique national des industries de la métallurgie le 13 novembre 2008, modifiée le 19 mai 2009.

Cette recommandation annule et remplace la recommandation R 360 adoptée le 6 décembre 1991.

CNAMTS (Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés) Direction des risques professionnels

Soudage à l'arc électrique et coupage

Prévention des risques professionnels

1. Champ d'application

En complément des textes réglementaires en vigueur, il est recommandé aux chefs d'établissement des industries relevant du Comité technique national de la métallurgie (CTN A), dont tout ou partie du personnel relève du régime général de la sécurité sociale et procède, même à titre occasionnel et secondaire, à des travaux de soudage et / ou de coupage à l'arc de mettre en œuvre les mesures énoncées dans ce document.

2. Objet de la recommandation

Cette recommandation s'applique aux différents procédés de soudage à l'arc électrique (figure 1) et aux procédés de coupage plasma. Elle concerne :

- les ateliers dans lesquels des travaux de soudage et / ou de coupage sont effectués de façon courante mais également ponctuelle (travaux de réparation et de maintenance),
- les chantiers et toutes les zones de plein air,
- les espaces confinés c'est à dire les volumes totalement ou partiellement fermés : cuves, citernes, réservoirs, silos, cheminées, conduites, puits, réacteurs...

3. Principaux risques lies aux opérations de soudage et/ou de coupage

3.1 Risques d'intoxication liés aux fumées

Du fait des hautes températures atteintes au point de fusion, les différents procédés de soudage et/ou de coupage sont susceptibles d'émettre des fumées que l'opérateur et les personnes présentes dans l'environnement de travail peuvent inhaler. Ces fumées, mélangées à l'air chaud, sont formées, en proportions variables suivant le procédé, de gaz et de poussières qui sont susceptibles, compte tenu de leurs dimensions, d'atteindre la région alvéolaire de l'appareil respiratoire. Le tableau 1 résume les principaux constituants des fumées en fonction des affections qu'ils peuvent engendrer.

Le débit d'émission et la composition des fumées de soudage dépendent principalement du procédé de soudage, des paramètres de soudage (intensité, longueur d'arc...), de la position de soudage, de la composition du métal de base, du métal d'apport (électrode et fil) et du gaz protecteur, et de la présence de revêtements (contenant du plomb, du zinc...) ou de contaminants sur le métal de base (traces de solvant, graisses...).

95 % des fumées de soudage proviennent des produits d'apport.

La composition des produits d'apport est fournie dans la fiche de données de sécurité, rédigée en français et délivrée par le fournisseur.

Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé dès 1990 les fumées de soudage comme agent cancérogène possible pour l'homme (catégorie 2B).

Le débit et la composition des fumées de coupage résultent essentiellement de la technique de coupe, de la vitesse de découpe, de la composition et de la pression du gaz de coupe.

En France, la valeur limite de moyenne d'exposition professionnelle (VME) pour la totalité des particules composant les fumées de soudage est de 5 mg/m^3.

Pour certains constituants des fumées comme le chrome VI, l'oxyde de cadmium ou l'ozone, il existe également des valeurs limites d'exposition professionnelle (VME, VLE ou VLCT) qu'il convient de respecter (tableau 2).

3.2 Risques d'anoxie liés aux gaz de protection

Dans les procédés de soudage sous protection gazeuse, le gaz amené par la torche et celui éventuellement apporté en complément peuvent, dans certains cas, altérer la qualité de l'air par appauvrissement en oxygène de l'atmosphère environnant.

L'air respirable contient 21 % d'oxygène. En deçà d'approximativement 17 %, l'air devient plus difficilement respirable et en deçà de 13 %, des risques majeurs sans signe précurseur apparaissent (perte de connaissance brutale). Ce risque est accru lorsque les travaux sont effectués dans un espace confiné.

La mise en œuvre des mesures de prévention préconisées dans le tableau de la partie 5 est indissociable de l'ensemble des textes de cette recommandation.

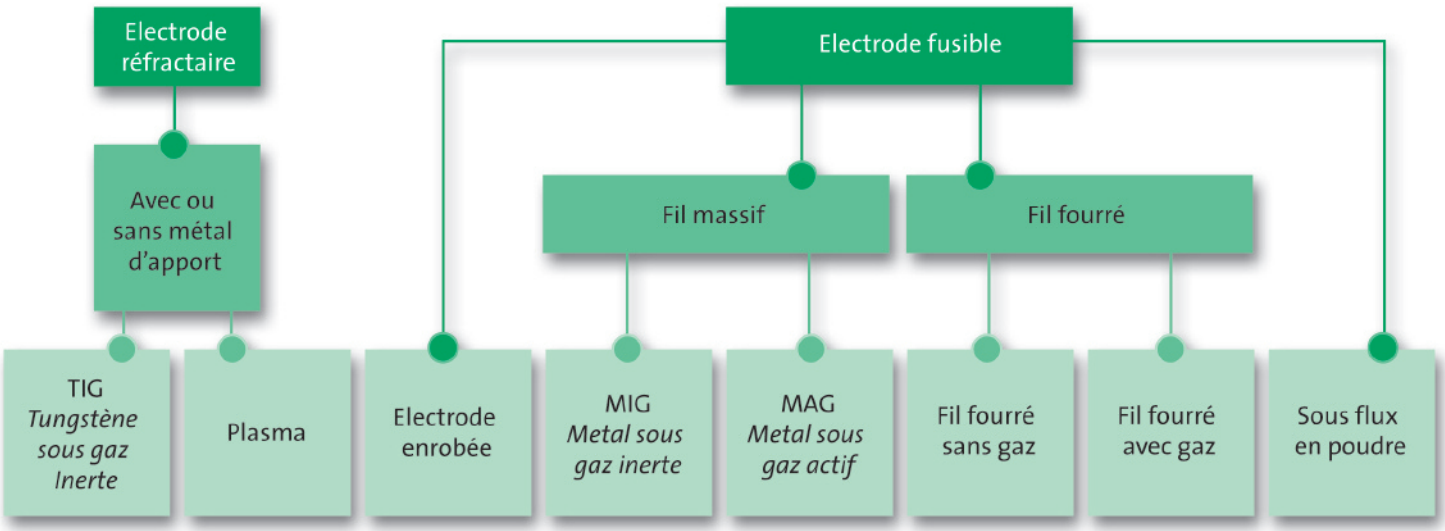

Figure 1. Les principaux procédés de soudage à l'arc électrique

Tableau 1. Les principaux constituants des fumées de soudage et de coupage

POUSSIÈRES À BASE DE, OU D'OXYDES DE					GAZ		
Aluminium Antimoine Baryum Chrome Cuivre Fluorures Magnésium Manganèse Molybdène Nickel Plomb Titane Vanadium Zinc Zirconium	Aluminium Etain Fer Silice amorphe Titane	Cobalt	Thorium (lors de l'affûtage des électrodes)	Chrome (VI) Béryllium Cadmium Cobalt Nickel	Aldéhyde formique* Dioxyde d'azote Ozone Phosgène*	Cyanure d'hydrogène* Monoxyde de carbone Monoxyde d'azote	Aldéhyde formique
Irritantes Toxiques Allergisantes	Surcharge pulmonaire	Fibrose pulmonaire	Radioactif	Potentialité cancérogène	Irritants	Toxiques Anoxie	Potentialité cancérogène
	Atteintes broncho-pulmonaires						

** générés par les contaminants présents sur le métal de base (traces de solvant, graisses ...)*

Tableau 2. Les valeurs limites d'exposition professionnelle des principaux constituants des fumées de soudage et de coupage

SUBSTANCE	VME		VLE	
	ppm	mg/m³	ppm	mg/m³
Aluminium (fumées)		5		
Azote (monoxyde d')	25	30		
Azote (dioxyde d')			3	6
Cadmium (oxyde de)				0,05
Monoxyde de carbone	50	55		
Chrome VI		0,05		
Chrome (trioxyde de)		0,05		0,1
Cuivre (fumées)		0,2		
Fer (fumées)		5		
Fluorures		2,5		
Manganèse (fumées)		1		
Nickel (trioxyde de)		1		
Ozone	0,1	0,2	0,2	0,4
Phosgène	0,02	0,08	0,1	0,4
Plomb		0,1		
Vanadium (poussières et fumées)		0,05		
Zinc (chlorure et fumées)		1		

Il existe en France deux types de valeurs :

■ **Valeurs limites d'exposition à court terme (VLCT) :** ce sont des valeurs mesurées sur une durée maximale de 15 minutes. Leur respect prévient les risques d'effets toxiques immédiats ou à court terme.

■ **Valeurs limites de moyenne d'exposition (VME) :** mesurées ou estimées sur la durée d'un poste de travail de 8 heures, elles sont destinées à protéger les travailleurs des effets à moyen ou long terme. La VME peut être dépassée sur de courtes périodes, à condition de ne pas dépasser la VLCT (si elle existe).

Jusqu'à présent, les valeurs limites court terme étaient désignées sous le sigle VLE et pouvaient être mesurées sur une durée inférieure à 15 minutes. La transposition de la réglementation européenne a fait évoluer les dénominations mais, compte tenu que dans la pratique les mesures d'exposition destinées à vérifier le respect des VLE sont généralement effectuées sur 15 minutes, les VLE et VLCT peuvent être considérées comme équivalentes.

3.3 Risques liés aux projections et aux pièces chaudes

Les projections de gouttelettes métalliques et de laitier peuvent provoquer des brûlures cutanées et des lésions oculaires. Pendant le refroidissement de la soudure, les silicates formés par le bain de fusion peuvent également être projetés.

De même, l'arc électrique ainsi que les pièces portées à température élevée peuvent induire par contact des brûlures cutanées.

3.4 Risques liés aux rayonnements optiques

Les rayonnements émis sont fonction de l'intensité du courant de soudage et du métal soudé qui les réfléchit plus ou moins. A intensité égale de courant de soudage, ces rayonnements sont plus importants dans le cas de soudage sous protection gazeuse que dans le cas de soudage avec électrodes enrobées.

Les rayonnements ultraviolets peuvent provoquer des coups d'arc (kératoconjonctivites) et des érythèmes. Ils sont également susceptibles d'induire des brûlures cutanées.

Les rayonnements visibles (lumière bleue) peuvent engendrer de l'éblouissement, de la fatigue visuelle et des lésions rétiniennes.

Enfin, les rayonnements infrarouges peuvent engendrer des brûlures de la cornée et provoquer par effet cumulatif une opacité du cristallin (cataracte).

3.5 Risques liés aux bruits

Le bruit engendré par certains procédés de soudage peut dépasser le seuil de nocivité de 80 dB (A) et provoquer des sifflements, des bourdonnements, une baisse de l'acuité auditive voire à long terme une surdité.

Les tâches annexes au soudage (burinage, martelage, meulage, gougeage...) sont souvent également très bruyantes.

3.6 Risques liés à l'électricité

Les risques d'électrisation et d'électrocution sont liés :

- aux pièces nues sous tension (risques par contacts directs) : pièces à souder, électrodes, raccords, câbles abimés, pinces porte-électrode...
- aux tensions nécessaires à la mise en œuvre des procédés (tension à vide des générateurs),
- à l'environnement qui peut être conducteur ou très conducteur (risques par contacts indirects) : pièces métalliques, enceintes conductrices, milieu humide...
- à l'état général de l'installation.

3.7 Risques liés aux champs électromagnétiques

Les courants mis en oeuvre par les procédés de soudage à l'arc sont à l'origine de champs électriques et magnétiques. Outre la prise en compte des consignes d'installation et d'utilisation du matériel, transmises par le fournisseur, il convient de porter une attention particulière aux salariés porteurs d'implants actifs (pompe à insuline, pacemaker...) et d'implants passifs constitués de matériaux métalliques (prothèses diverses). Un avis médical est nécessaire pour les porteurs d'implants actifs.

3.8 Risques d'incendie et d'explosion

Les risques d'incendie et d'explosion proviennent essentiellement des projections de métal incandescent, de l'échauffement dû au soudage, de la présence de substances combustibles, inflammables ou explosives sur les pièces à souder ou à proximité du poste de travail ou d'une mauvaise réalisation des circuits électriques. Des moyens de lutte contre les incendies, adaptés aux risques, doivent donc être disposés à proximité des emplacements de soudage.

4. Principes de prévention

Lors d'opérations de soudage et/ou de coupage plasma, il convient de s'appuyer sur les principes généraux de prévention définis à l'article L. 4121-2 du code du travail qui consistent notamment à éviter les risques, si possible en les supprimant, à les évaluer, à les combattre à la source, à remplacer ce qui est dangereux par ce qui ne l'est pas ou qui l'est moins (principe de substitution), à privilégier les mesures de protection collectives sur les mesures de protection individuelle, à assurer la formation et l'information des travailleurs. Le choix des mesures de protection doit se baser sur une évaluation des risques pertinente et la plus exhaustive possible à chaque poste de travail.

Pour tous travaux de soudage et/ou de coupage, les salariés exposés sont soumis à une surveillance médicale renforcée conforme aux textes réglementaires en vigueur. Ces obligations incluent notamment le suivi et la traçabilité de l'exposition professionnelle aux produits CMR (fiche individuelle d'exposition, conservation du dossier médical, attestation d'exposition...).

En atelier, la ventilation locale, c'est-à-dire le captage des polluants à la source, doit être retenue en priorité. La ventilation générale ne doit pas être envisagée comme seule technique d'assainissement de l'air. Une exception concerne les procédés de soudage TIG et plasma (techniques moins émissives) sur aciers inoxydables et aluminium pour lesquels une ventilation générale correctement dimensionnée peut se montrer suffisante. Le captage à la source consiste à aspirer les produits dégagés au plus près de leur source d'émission, avant qu'ils ne pénètrent dans les voies respiratoires des salariés ou qu'ils ne soient dispersés dans l'ensemble de l'atmosphère du local de travail. Les dispositifs doivent être conçus pour confiner le plus possible la zone d'émission des polluants : torche aspirante, gabarit aspirant, table aspirante... Il est recommandé d'appliquer les principes énoncés dans les guides pratiques de ventilation n° 7 et 8 de l'INRS.

Les équipements de protection individuelle ne doivent pas se substituer aux équipements de protection collective. Il convient de les choisir avec soin après analyse des risques à chaque poste de travail. S'il s'avère notamment que la ventilation locale et/ou la ventilation générale ne peut être mise en place ou qu'elle est insuffisante, il est recommandé de porter un appareil de protection respiratoire adapté à la nature et à la durée des travaux. Il est conseillé de se référer pour le choix et l'utilisation des appareils de protection respiratoire à la fiche pratique de sécurité ED 98 de l'INRS.

Les espaces confinés doivent faire l'objet de mesures et de procédures complémentaires basées sur une analyse des risques tenant compte de la spécificité des lieux et de la nature de l'intervention (risques d'asphyxie, d'intoxication ou d'explosion).

Il convient de mettre en place une ventilation mécanique forcée par apport d'air neuf et non pollué avant et pendant les interventions. Une aspiration des polluants émis à l'aide d'une buse de captage mobile peut également être installée en complément.

Si l'analyse des risques met en évidence un risque que les dispositifs collectifs mis en place ne peuvent éliminer (gaz toxique, anoxie, effluents...), le port d'un appareil de protection respiratoire isolant devient indispensable.

Des détecteurs d'atmosphère adaptés aux risques évalués, portables, transportables ou fixes (oxygénomètre, explosimètre...) doivent également être utilisés. Il est préconisé de se reporter aux mesures de prévention énoncées dans le document ED 967 de l'INRS.

5. Mesures de prévention

Le tableau ci-dessous informe, de manière synthétique, des principaux risques présentés par les procédés de soudage et de coupage, selon le mode opératoire et le matériau utilisés et indique, pour chacun d'eux, les mesures minimales de prévention à mettre en œuvre selon le lieu de l'opération (atelier, chantier, espace confiné).

Une attention particulière doit être portée sur le fait que pour un procédé de soudage donné, plusieurs risques peuvent être rencontrés simultanément, et qu'il y a donc lieu, dans ce cas, de combiner et d'appliquer l'ensemble des mesures de prévention se rapportant à ces risques.

Tableau mesures de prévention

PROCÉDÉS DE SOUDAGE	MODE OPÉRATOIRE	PRINCIPAUX RISQUES	MATÉRIAUX	MESURES DE PRÉVENTION PRÉCONISÉES		
				ATELIER	CHANTIER	ESPACE CONFINÉ
Electrodes enrobées	Manuel	Fumées	Tous matériaux	■ Captage à la source et ventilation générale ■ Ecran ou rideau protecteur opaque ou filtrant ■ Masque muni d'un filtre oculaire adapté ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants isolants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes, fermées et isolantes ■ Cagoule, tablier, boléro, manchettes et guêtres en cuir ou en toile ignifugée	■ Appareil de protection respiratoire filtrant muni d'un filtre au minimum de classe 2 (filtre de classe 3 si aciers inoxydables et alliages de nickel) ■ Masque muni d'un filtre oculaire adapté ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants isolants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes, fermées et isolantes ■ Cagoule, tablier, boléro, manchettes et guêtres en cuir ou en toile ignifugée	■ Ventilation mécanique forcée ■ Appareil de protection respiratoire isolant à adduction d'air en complément, selon le résultat de l'analyse de risques ■ Tapis isolant ■ Masque muni d'un filtre oculaire adapté ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants isolants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes, fermées et isolantes ■ Cagoule, tablier, boléro, manchettes et guêtres en cuir ou en toile ignifugée
		Electriques				
		Rayonnements optiques				
		Brûlure par contact				
		Brûlure par projection				
		Champs électromagnétiques		■ Ne pas placer le câble de soudage sur l'épaule		

Tableau mesures de prévention

PROCÉDÉS DE SOUDAGE	MODE OPÉRATOIRE	PRINCIPAUX RISQUES	MATÉRIAUX	MESURES DE PRÉVENTION PRÉCONISÉES		
				ATELIER	CHANTIER	ESPACE CONFINÉ
Sous protection gazeuse avec électrode réfractaire (TIG / PLASMA)	Manuel	Fumées	Alliages d'aluminium / aciers	■ Ventilation générale	■ Appareil de protection respiratoire filtrant muni d'un filtre de classe 2	■ Ventilation mécanique forcée ■ Appareil de protection respiratoire isolant ou filtrant muni d'un filtre de classe 2 selon le résultat de l'analyse de risques
			Aciers inoxydables / alliages de nickel	■ Ventilation générale	■ Appareil de protection respiratoire filtrant muni d'un filtre de classe 3	■ Ventilation mécanique forcée ■ Appareil de protection respiratoire isolant ou filtrant muni d'un filtre de classe 3 selon le résultat de l'analyse de risques
		Electriques	Tous matériaux	■ Ecran ou rideau protecteur opaque ou filtrant ■ Masque muni d'un filtre oculaire adapté ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants isolants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes, fermées et isolantes	■ Masque muni d'un filtre oculaire adapté ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants isolants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes, fermées et isolantes	■ Tapis isolant ■ Masque muni d'un filtre oculaire adapté ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants isolants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes, fermées et isolantes
		Rayonnements optiques				
		Brûlure par contact				
		Exposition au thorium (électrode en tungstène thorié)		■ Substituer : employer dès que le contexte le permet des électrodes en tungstène au lanthane, au cérium ou équivalent ■ Utiliser des électrodes à usage unique ■ Utiliser des matériels d'affûtage munis d'une aspiration à la source et d'un réceptacle étanche pour les poussières		

Tableau mesures de prévention

<table>
<tr><th rowspan="2">PROCÉDÉS DE SOUDAGE</th><th rowspan="2">MODE OPÉRATOIRE</th><th rowspan="2">PRINCIPAUX RISQUES</th><th rowspan="2">MATÉRIAUX</th><th colspan="3">MESURES DE PRÉVENTION PRÉCONISÉES</th></tr>
<tr><th>ATELIER</th><th>CHANTIER</th><th>ESPACE CONFINÉ</th></tr>
<tr><td rowspan="8">Sous protection gazeuse avec électrode réfractaire (TIG / PLASMA)</td><td rowspan="3">Manuel</td><td>Champs électromagnétiques</td><td></td><td colspan="3">■ Ne pas placer le câble de soudage sur l’épaule</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Bruit</td><td>Alliages d’aluminium</td><td colspan="3">■ Protection auditive adaptée pour le soudage en courant alternatif, si nécessaire</td></tr>
<tr><td>Tous matériaux</td><td colspan="3">■ Protection auditive adaptée pour le soudage en courant pulsé, si nécessaire</td></tr>
<tr><td>Manuel et automatique</td><td>Anoxie</td><td>Tous matériaux</td><td></td><td></td><td>■ Ventilation mécanique forcée
■ Appareil de protection respiratoire isolant à adduction d’air en complément, selon le résultat de l’analyse de risques
■ Détecteur d’atmosphère</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Automatique</td><td>Fumées</td><td rowspan="4">Tous matériaux</td><td rowspan="3">■ Captage à la source et ventilation générale
■ Ecran ou rideau protecteur opaque ou filtrant
■ Masque muni d’un filtre oculaire adapté
■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats
■ Gants en cuir traité anti-chaleur
■ Chaussures de sécurité montantes et fermées</td><td rowspan="3">■ Appareil de protection respiratoire filtrant muni d’un filtre au minimum de classe 2 (filtre de classe 3 si aciers inoxydables et alliages de nickel)
■ Masque muni d’un filtre oculaire adapté
■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats
■ Gants en cuir traité anti-chaleur
■ Chaussures de sécurité montantes et fermées</td><td rowspan="3">■ Ventilation mécanique forcée
■ Appareil de protection respiratoire isolant ou filtrant muni d’un filtre de classe 2 ou 3 selon le résultat de l’analyse de risques
■ Masque muni d’un filtre oculaire adapté
■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats
■ Gants en cuir traité anti-chaleur
■ Chaussures de sécurité montantes et fermées</td></tr>
<tr><td>Rayonnements optiques</td></tr>
<tr><td>Brûlure par contact</td></tr>
<tr><td>Exposition au thorium (Electrode en tungstène thorié)</td><td colspan="3">■ Substituer : employer dès que le contexte le permet des électrodes en tungstène au lanthane, au cérium ou équivalent
■ Utiliser des électrodes à usage unique
■ Utiliser des matériels d’affûtage munis d’une aspiration à la source et d’un réceptacle étanche pour les poussières</td></tr>
</table>

Tableau mesures de prévention

PROCÉDÉS DE SOUDAGE	MODE OPÉRATOIRE	PRINCIPAUX RISQUES	MATÉRIAUX	MESURES DE PRÉVENTION PRÉCONISÉES		
				ATELIER	CHANTIER	ESPACE CONFINÉ
Sous protection gazeuse avec électrode réfractaire (TIG / PLASMA)	Automatique	Champs électromagnétiques	Tous matériaux	■ Installer les câbles, matériels, pistolets et torches à distance des opérateurs ■ Placer le câble de retour au plus prés du câble d'amener de courant		
		Bruit	Alliages d'aluminium	■ Protection auditive adaptée pour le soudage en courant alternatif, si nécessaire		
			Tous matériaux	■ Protection auditive adaptée pour le soudage en courant pulsé, si nécessaire		
Sous protection gazeuse avec fil fusible (MIG / MAG / fil fourré) **fil fourré sans gaz**	Manuel	Fumées	Tous matériaux	■ Captage à la source et ventilation générale ■ Ecran ou rideau protecteur opaque ou filtrant ■ Masque muni d'un filtre oculaire adapté ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants isolants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes, fermées et isolantes ■ Si les projections sont abondantes : tablier, boléro, manchettes et guêtres en cuir ou en toile ignifugée	■ Appareil de protection respiratoire filtrant muni d'un filtre au minium de classe 2 (filtre de classe 3 si aciers inoxydables et alliages de nickel) ■ Masque muni d'un filtre oculaire adapté ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants isolants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes, fermées et isolantes ■ Si les projections sont abondantes : tablier, boléro, manchettes et guêtres en cuir ou en toile ignifugée	■ Ventilation mécanique forcée ■ Appareil de protection respiratoire isolant à adduction d'air en complément, selon le résultat de l'analyse de risques ■ Tapis isolant ■ Masque muni d'un filtre oculaire adapté ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants isolants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes, fermées et isolantes ■ Si les projections sont abondantes : tablier, boléro, manchettes et guêtres en cuir ou en toile ignifugée
		Electriques				
		Rayonnements optiques				
		Brûlure par contact				
		Brûlure par projection				
		Champs électromagnétiques		■ Ne pas placer le câble de soudage sur l'épaule		
		Bruit		■ Protection auditive adaptée pour le soudage en courant pulsé, si nécessaire		

Tableau mesures de prévention

PROCÉDÉS DE SOUDAGE	MODE OPÉRATOIRE	PRINCIPAUX RISQUES	MATÉRIAUX	MESURES DE PRÉVENTION PRÉCONISÉES		
				ATELIER	CHANTIER	ESPACE CONFINÉ
Sous protection gazeuse avec fil fusible (MIG / MAG / fil fourré) **-** **fil fourré sans gaz**	Manuel et automatique	Anoxie				■ Ventilation mécanique forcée ■ Appareil de protection respiratoire isolant à adduction d'air en complément, selon le résultat de l'analyse de risques ■ Détecteur d'atmosphère
	Automatique	Fumées	Tous matériaux	■ Captage à la source et ventilation générale ■ Ecran ou rideau protecteur opaque ou filtrant ■ Masque muni d'un filtre oculaire adapté ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes et fermées ■ Si les projections sont abondantes : tablier, boléro, manchettes et guêtres en cuir ou en toile ignifugée	■ Appareil de protection respiratoire filtrant muni d'un filtre au minimum de classe 2 (filtre de classe 3 si aciers inoxydables et alliages de nickel) ■ Masque muni d'un filtre oculaire adapté ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes et fermées ■ Si les projections sont abondantes : tablier, boléro, manchettes et guêtres en cuir ou en toile ignifugée	■ Ventilation mécanique forcée ■ Appareil de protection respiratoire isolant à adduction d'air en complément, selon le résultat de l'analyse de risques ■ Masque muni d'un filtre oculaire adapté ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes et fermées ■ Si les projections sont abondantes : tablier, boléro, manchettes et guêtres en cuir ou en toile ignifugée
		Rayonnements optiques				
		Brûlure par contact				
		Brûlure par projection				
		Champs électromagnétiques		■ Installer les câbles, matériels, pistolets et torches à distance des opérateurs		
		Bruit		■ Protection auditive adaptée pour le soudage en courant pulsé, si nécessaire		

Tableau mesures de prévention

PROCÉDÉS DE SOUDAGE	MODE OPÉRATOIRE	PRINCIPAUX RISQUES	MATÉRIAUX	MESURES DE PRÉVENTION PRÉCONISÉES		
				ATELIER	CHANTIER	ESPACE CONFINÉ
Sous flux en poudre	Automatique	Fumées	Tous matériaux	■ Captage à la source et ventilation générale ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes et fermées	■ Appareil de protection respiratoire filtrant muni d'un filtre au minimum de classe 2 (filtre de classe 3 si aciers inoxydables et alliages de nickel) ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes et fermées	■ Ventilation mécanique forcée ■ Appareil de protection respiratoire isolant à adduction d'air en complément, selon le résultat de l'analyse de risques ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes et fermées
		Brûlure par contact				
		Champs électromagnétiques		■ Installer les câbles, matériels, pistolets et torches à distance des opérateurs		
		Bruit		■ Protection auditive adaptée pour le soudage en courant pulsé, si nécessaire		
Coupage et gougeage plasma	Manuel	Fumées	Alliages d'aluminium / aciers	■ Captage à la source et ventilation générale ■ Ecran ou rideau protecteur opaque ou filtrant ■ Masque muni d'un filtre oculaire adapté ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants isolants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes, fermées et isolantes	■ Appareil de protection respiratoire filtrant muni d'un filtre au minimum de classe 2 (filtre de classe 3 si aciers inoxydables et alliages de nickel) ■ Masque muni d'un filtre oculaire adapté ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants isolants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes, fermées et isolantes	■ Ventilation mécanique forcée ■ Appareil de protection respiratoire isolant à adduction d'air en complément, selon le résultat de l'analyse de risques ■ Tapis isolant ■ Masque muni d'un filtre oculaire adapté ■ Ensemble veste - pantalon de travail en coton approprié (difficilement inflammable), ajustable au niveau du cou, dépourvu de plis ou revers et muni de poches à rabats ■ Gants isolants en cuir traité anti-chaleur ■ Chaussures de sécurité montantes, fermées et isolantes
			Aciers inoxydables			
		Electrique	Tous matériaux			
		Rayonnements optiques				
		Brûlure par contact et par projection				
		Champ électromagnétique		■ Par précaution ne pas placer le câble de soudage sur l'épaule		
		Bruit		■ Protection auditive		

Bibliographie :

- Articles R. 4412-1 à R.4412-93 du code du travail.
- Opérations de soudage à l'arc et de coupage. Guide pratique de ventilation n°7. INRS, Paris, ED 668, 2007.
- Ventilation des espaces confinés. Guide pratique de ventilation n°8. INRS, Paris, ED 703, 2004.
- Les appareils de protection respiratoire. Fiches pratique de sécurité. INRS, Paris, ED 98, 2003.
- Le soudage manuel à l'arc avec électrodes enrobées. Fiche pratique de sécurité. INRS, Paris, ED 83, 2005.
- Les espaces confinés. Préconisations en vue d'assurer la sécurité et la protection de la santé des personnels d'exploitation. INRS, Paris, ED 967, 2006.

Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
30, rue Olivier-Noyer 75680 Paris cedex 14 • Tél. 01 40 44 30 00 • Fax 01 40 44 30 99 • Internet : www.inrs.fr • e-mail : info@inrs.fr

Recommandation R 443 1ère édition • juin 2009 • 5 000 ex. • ISBN 978-2-7389-1747-8