

Chapitre 5

Les risques pour la peau et les yeux

1 Identification des risques

2 Méthodes de prévention

1. Identification des risques

Les principaux risques pour la peau et les yeux proviennent de l'émission de rayonnements et de particules, de la projection d'étincelles et du maniement de l'électrode. On traitera séparément de ces risques, en accordant une place prépondérante aux rayonnements en raison de la complexité du phénomène et de la gravité des risques.

A. Exposition aux rayonnements

La Commission européenne a publié la directive 2006/25/CE qui couvre l'exposition des travailleurs aux rayonnements optiques. Cette directive est applicable en France au plus tard le 27 avril 2010.

• Rayonnements émis

Dans les procédés de soudage et de coupage, la fusion du métal nécessite une importante concentration d'énergie dont une partie se dissipe sous forme de rayonnements. Les rayonnements sont caractérisés par leur longueur d'onde. La panoplie de ces rayonnements compose ce qu'on appelle le spectre électromagnétique.

Les procédés à l'arc électrique produisent surtout les trois types de rayonnements suivants: infrarouges (IR), visibles et ultraviolets (UV).

Dans le cas des procédés laser, les rayonnements sont plus intenses en raison de la densité de puissance du rayon émis et de la concentration du faisceau de lumière produit par l'appareil qui permet de fusionner le métal.

• Procédés concernés

Les types de rayonnements émis et leur intensité dépendent du procédé de soudage - coupage, de l'énergie et du métal utilisés. Les rayonnements ultraviolets (UV) et infrarouges (IR) peuvent tout particulièrement se réfléchir lors du soudage sur l'aluminium et l'acier inoxydable avec les procédés TIG et MIG/MAG.

Le procédé à l'arc électrique qui présente le moins de danger pour les yeux est le procédé à l'arc submergé (SAW). Toutefois si l'arc devient visible pendant les moments où il ne reste plus de flux, il est préférable de ne pas le regarder. Le port de lunettes de sécurité est habituellement suffisant pour s'en protéger.

• Coup d'arc (éblouissement du soudeur ou « flash »)

Une exposition de quelques secondes suffit pour provoquer un coup d'arc. Le coup d'arc (ou « flash » du soudeur) est une lésion photochimique de la cornée (photokératite) due aux radiations ultraviolettes et à la partie bleue de la lumière visible (400 à 550 nanomètres). Ce type de lésion peut aussi atteindre la conjonctive de l'œil (blanc de l'œil); il n'est donc pas nécessaire de regarder directement l'arc pour être atteint.

Les symptômes peuvent apparaître de 6 à 12 heures après l'exposition. L'œil est très sensible à la lumière et la victime éprouve la sensation d'avoir du sable dans les yeux. Cette lésion guérit spontanément dans les 24 à 48 heures. Le bandage des yeux soulage la personne en atténuant les symptômes. Selon le type de procédé et l'intensité du courant, il est possible d'être atteint jusqu'à une distance de 25 mètres.

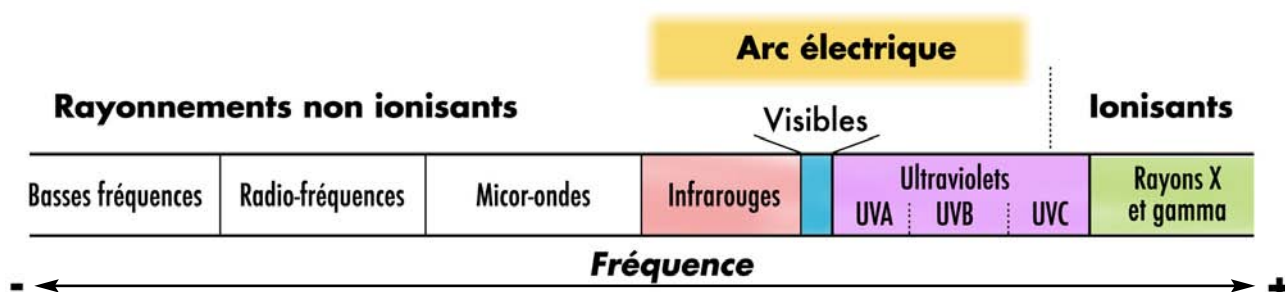


Figure 5.1 :
Spectre électromagnétique des rayonnements

- **Brûlures et autres effets des rayonnements**

La gravité des effets sur la santé croît avec la durée et l'intensité du rayonnement. Dans le cas des brûlures par rayonnement, l'effet majeur est dû à la hausse de température créée au sein des cellules atteintes. Dans un premier temps, un rougissement de la peau survient, tel un coup de soleil.

Dans certains cas, la température augmente tellement qu'elle vaporise l'eau située dans les cellules de la peau ou des yeux, ce qui provoque une augmentation de la pression et l'éclatement des cellules : c'est la brûlure.

Les rayonnements peuvent également avoir d'autres effets. Par exemple, les rayons UV provoquent une augmentation de la pigmentation de la peau (bronzage).

L'exposition répétée aux rayons infrarouges sur de longues périodes peut provoquer l'opacification du cristallin de l'œil (cataracte).

On connaît bien les effets cancérigènes des rayons UV sur la peau (les UVB seraient la cause première du cancer de la peau), mais ces effets sont peu documentés chez les soudeurs.

- **Rayons X et gamma**

Ce type de rayonnement peut endommager le matériel génétique des cellules vivantes et provoquer des mutations et des cancers. On ne retrouve pas ces types de rayons directement dans les procédés de soudage courants ; cependant, le soudage par faisceau d'électrons peut en émettre.

Les rayons X sont utilisés habituellement pour le contrôle de la qualité des alliages légers coulés et des soudures d'acier et d'aluminium. Le contrôle par rayons gamma dont la source est l'iridium 192 est utilisé pour les moulages métalliques, les pièces forgées et les soudures ne dépassant pas 6 cm d'épaisseur. Par contre, les rayons gamma provenant du cobalt 60 permettent d'inspecter des soudures d'une épaisseur variant de 6 à 19 cm d'épaisseur.

Les rayons X ne sont présents que lorsque l'appareil est en fonction, alors que les rayons gamma sont émis par des substances radioactives qui doivent demeurer confinées dans un conteneur blindé en tout temps.

Lors du réglage d'un appareil laser, les couvercles étant enlevés et la source d'alimentation du laser connectée, il peut y avoir émission de rayons X.

Tableau 5.1 : Types de rayonnement et principaux effets associés

Rayonnements	Provenance et caractéristiques	Principaux effets sur la peau	Principaux effets sur les yeux
Rayons ultraviolets	Proviennent de l'arc électrique de soudage. Augmentent fortement avec l'intensité de courant. Les rayons UV se subdivisent en UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) et UVC (100-280 nm). Extrêmement intenses dans les procédés plasma et laser. Le verre filtre en grande partie les UVB mais très peu les UVA.	<ul style="list-style-type: none"> • augmentation de la pigmentation de la peau (bronzage), • rougeurs (coup de soleil), • vieillissement accéléré et cancer (à long terme). 	<ul style="list-style-type: none"> • causent le coup d'arc, • cataracte (effets cumulatifs).
Rayons visibles	Proviennent de l'arc électrique de soudage. Longueur d'onde de 400 à 770 nm.		Eblouissement, fatigue visuelle et maux de tête.
Rayons infrarouges	Proviennent surtout du métal en fusion en raison du dégagement de chaleur. Longueurs d'onde de 770 à 1 000 nm. Les infrarouges traversent le verre.	Affectent la peau et provoquent des brûlures.	<ul style="list-style-type: none"> • larmoiements, maux de tête, • brûlures de la rétine et de la cornée, • cataracte (effets cumulatifs).

Verres de contact

Le port de verres de contact ne présente pas de risque particulier pour les soudeurs, sauf dans le cas de l'utilisation de certains produits chimiques.

B. Brûlures

Le soudage et le coupage occasionnent la formation d'étincelles et de gouttelettes de métal en fusion qui peuvent atteindre des températures de quelques milliers de degrés. Ces étincelles et le métal en fusion peuvent provoquer des incendies mais aussi atteindre la peau non protégée et la brûler.

Les pièces fraîchement soudées sont très chaudes et peuvent brûler la peau par contact ou provoquer chez le soudeur des gestes brusques qui peuvent être dangereux.

C. Piqûres

Dans le procédé TIG, le soudeur utilise une électrode de tungstène très pointue qui présente un grand risque de piqûre. Ce genre d'accident survient généralement lorsque le travailleur porte le faisceau de la torche sur son épaule, ce qui est fortement déconseillé.

Si la torche lui échappe, elle balance comme un pendule et peut heurter le travailleur aux jambes. Une autre partie du corps souvent atteinte par les piqûres est la main.

Si la blessure n'est pas soignée correctement, des problèmes d'infection peuvent survenir.

D. Projection de particules

De nombreuses blessures, pour la plupart mineures, sont attribuables à des particules projetées à haute vitesse vers les travailleurs. Les blessures surviennent principalement au visage et aux yeux, le reste du corps étant protégé par les vêtements.

Le soudeur est exposé quotidiennement à ce genre de risque. Lorsqu'il brise le laitier solidifié sur une soudure avec un outil pneumatique à impact ou un marteau, des particules sont projetées dans toutes les directions. Le travail de préparation et de finition est également générateur de particules ; en effet, le meulage est une étape importante du travail du soudeur.

L'utilisation de meuleuses portatives est très fréquente. Ces meuleuses tournent à haute vitesse et arrachent, par un effet abrasif, des particules de métal sur les pièces meulées en plus de projeter des particules de la meule elle-même.

Ces particules très chaudes sont projetées à haute vitesse sur une grande distance et peuvent emprunter différentes trajectoires en déviant violemment sur des obstacles.

2. Méthodes de prévention

A. Protection contre les rayonnements

On peut se protéger des rayonnements infrarouges, visibles et ultraviolets en observant les règles de sécurité minimales suivantes :

- porter un masque ou des lunettes, selon le cas, équipés d'un filtre adéquat. Les équipements de protection oculaire et faciale doivent être choisis conformément à la norme **NF EN 175** « Protection individuelle — Equipements de protection des yeux et du visage pour le soudage et les techniques connexes »,
- porter des vêtements à manches longues. Les vêtements de protection font l'objet de la norme **NF EN 470-1** « Vêtements de protection utilisés pendant le soudage et les techniques connexes — Partie 1 : Exigences générales »,
- fermer le dernier bouton de la chemise afin de réduire l'exposition de la peau aux rayonnements,
- rabattre un tissu sur le cou, à partir du casque de soudeur, pour le protéger des rayonnements (très utilisé lors du soudage sur l'aluminium, l'acier inoxydable ou tout autre métal très réfléchissant),
- éviter les vêtements synthétiques, car ils peuvent laisser passer les rayons ultraviolets,
- protéger les travailleurs avoisinants à l'aide d'écrans appropriés au procédé et au voltage utilisés.

- **Masque serre-tête**

Le masque serre-tête, qui est le plus fréquemment utilisé, doit posséder des verres filtrants de teinte appropriée au procédé (voir tableau 5.2). Sur ce type de masque, on peut changer le verre filtrant selon les besoins.

- **Masque à main**

Ce masque est semblable au masque serre-tête, sauf qu'il nécessite l'utilisation d'une main, car il n'est pas supporté par la tête. Ce genre de masque est surtout utilisé par les observateurs, ou le soudeur dans le cas de travaux de courte durée.

- **Lunettes de protection**

En l'absence de rayons ultraviolets (procédés oxygaz par exemple) ou lorsqu'on est loin de l'arc (table de plasma automatisée par exemple), on peut porter des lunettes de protection équipées d'un filtre adéquat.

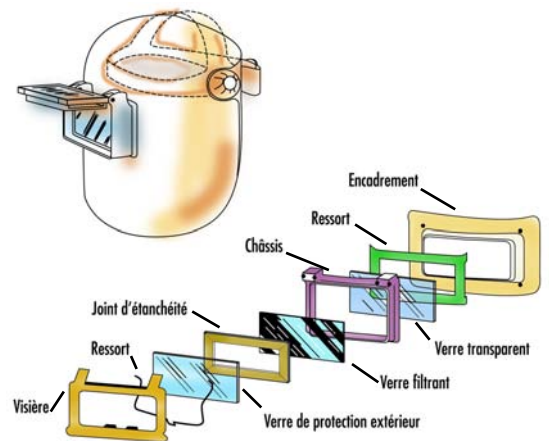


Figure 5.2 :
Masque serre-tête
avec écran filtrant amovible

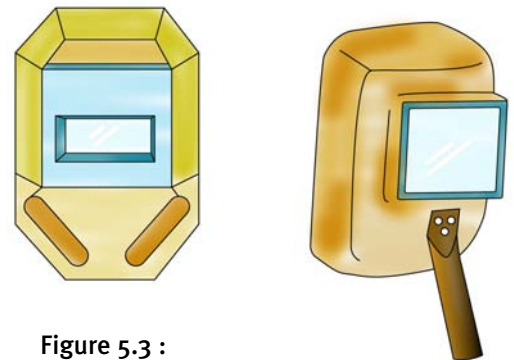


Figure 5.3 :
Masques à main

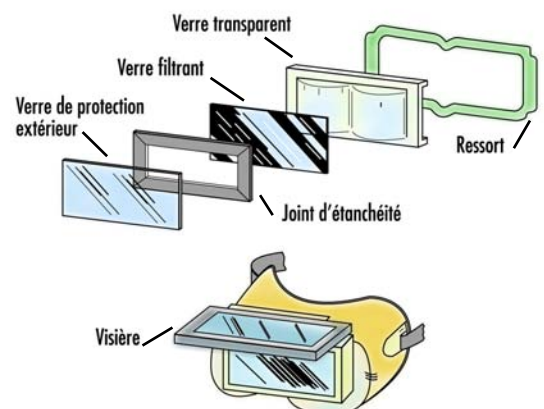


Figure 5.4 :
Lunettes de protection avec filtre

- **Masque électronique**

Le masque électronique est muni d'un filtre photosensible ayant la propriété de changer son degré d'obscurcissement lorsque l'arc de soudage est amorcé. La visière renferme des cristaux liquides qui changent de phase et s'obscurcissent lorsqu'ils sont stimulés par l'intensité de l'arc.

Ces équipements sont définis dans la norme **NF EN 379** « Protection individuelle de l'œil – Filtres de soudage automatique. »

Avantages

Le soudeur peut ainsi conserver le masque en position abaissée lors du positionnement précédant la soudure, car il voit très bien à travers la visière non obscurcie. De cette façon, il évite les mouvements répétés de la tête pour abaisser le masque, car la visière se noircit en moins de 1/100^e de seconde (la rapidité peut aller jusqu'à 1/25 000^e de seconde).

Ce masque est particulièrement recommandé pour des travaux d'assemblage ou de prémontage de structure.

Niveaux de protection

Lorsque le masque est hors tension (interrupteur désactivé ou piles à plat), il offre une protection de base équivalente au filtre de numéro 8 (voir tableau 5.2) ; il filtre ainsi une bonne partie des rayonnements ultraviolets et infrarouges.

Lorsqu'on le met sous tension, la protection s'ajuste à un niveau de filtre 4 et assure ainsi une très bonne visibilité du lieu de travail et des pièces à souder.

Lorsque l'arc est amorcé, en moins de 1/100^e de seconde, le filtre s'obscurcit à un degré de protection variant de 9 à 13 selon le modèle ou l'ajustement.

Ces niveaux se retrouvent sur le marquage requis par la norme **NF EN 379**, selon le mode de désignation suivant :

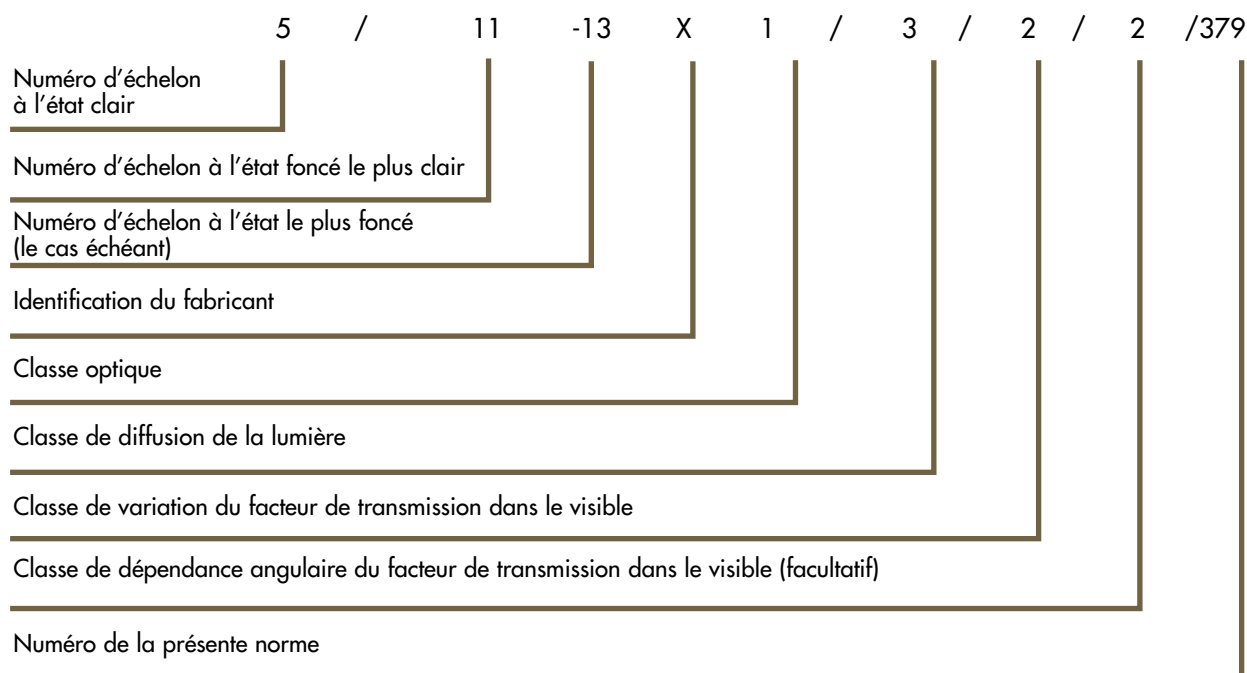


Figure 5.5 :
Masque électronique – Niveaux de protection

Conditions d'utilisation

L'exposition au froid (température inférieure à 10 ° C) réduit l'efficacité du filtre.

Il offre une protection insuffisante dans le cas du procédé MIG fonctionnant avec un courant d'arc supérieur à 500 A (sensation d'éblouissement et d'inconfort).

Il existe deux types de masques : à piles et à énergie solaire. Dans le premier cas, il faut remplacer les piles toutes les 200 ou 500 heures selon le modèle. Dans le second, il faut s'assurer que l'endroit est assez éclairé pour que le masque soit fonctionnel.

La distance maximale pour avoir une bonne protection est de 60 cm. Les visiteurs ou les autres travailleurs ne devraient pas utiliser ce genre de masque.

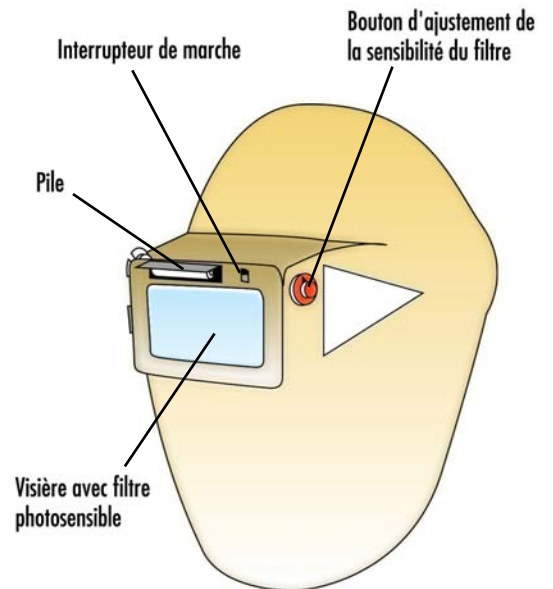
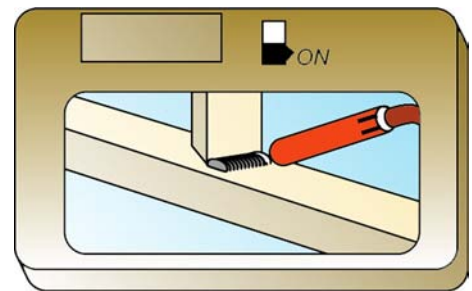
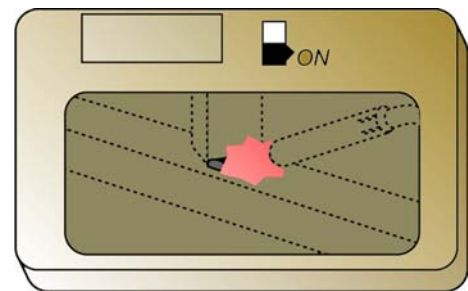


Figure 5.6 :
Masque électronique



a) Avant l'arc, l'écran permet une bonne visibilité (filtre numéro 4)



b) A l'amorce de l'arc, l'écran s'obscurcit et la protection est en place (filtre 9 à 13)

Figure 5.7 :
Visière avec filtre photosensible

- **Choix du numéro de teinte**

Le choix de la teinte des protecteurs oculaires se fait en fonction du procédé de soudage, de l'épaisseur du métal ou encore de l'intensité du courant de l'arc. Plus le chiffre est élevé, plus le degré de filtration l'est aussi.

Se référer aux numéros de teinte prescrits dans la norme **NF EN 169** « Protection individuelle de l'œil – Filtres pour le soudage et les techniques connexes – Exigences relatives au facteur de transmission et utilisation recommandée. »

Cette norme comprend le tableau 5.2 repris ci-dessous :

Tableau 5.2 : Choix du verre filtrant

Procédé	Intensité du courant A																							
	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600			
Électrodes enrobées	8				9			10		11			12			13			14					
MAG	8				9			10		11			12			13			14					
TIG	8			9			10		11			12			13									
MIG sur métaux lourds					9			10		11			12			13			14					
MIG sur alliages légers								10		11		12		13		14								
Gougeage à l'arc avec jet d'air comprimé								10		11		12		13			14		15					
Coupage au jet de plasma								9		10		11		12			13							
Soudage à l'arc par microplasma	4		5		6		7		8		9		10		11		12							
	1,5	6	10	15	20	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600			

Note : L'expression "métaux lourds" couvre les aciers, aciers alliés, le cuivre et ses alliages, etc.

- **Procédés laser**

L'exposition au rayonnement laser direct ou réfléchi peut être dommageable pour la vue. La protection individuelle contre le risque oculaire est obligatoire. On se référera aux recommandations du fournisseur de l'équipement en matière de protection de la vue et de la personne. En plus de ces instructions, il est recommandé de se conformer aux mesures de prévention formulées dans la norme **NF EN 60825-1** « Sécurité des appareils à laser – Partie 1 : Classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisation. »

Parmi les principales recommandations, on trouve les suivantes :

- installer des écrans de protection approuvés pour la classe de laser à utiliser. On doit s'assurer de protéger correctement l'opérateur de l'équipement laser ainsi que les autres travailleurs à proximité,
 - utiliser un protecteur oculaire approuvé pour la classe de laser et le travail à effectuer,
 - nommer un responsable de la sécurité des lasers qui doit s'assurer, entre autres, que tous les opérateurs ont reçu la formation nécessaire, connaissent les risques et possèdent les connaissances requises pour utiliser un système de soudage ou de coupage par faisceau laser de façon sûre,
 - toujours verrouiller l'interrupteur principal de l'équipement laser lorsqu'il est mis hors service,
 - interdire l'accès aux personnes non autorisées et verrouiller les portes et les panneaux d'accès des équipements laser et des coffrets ou armoires de commande,
 - installer des panneaux d'avertissements et une plaque indicatrice portant les mots : « RAYONNEMENT LASER, EXPOSITION DANGEREUSE DE L'ŒIL OU DE LA PEAU AU RAYONNEMENT DIRECT OU DIFFUS ».
- **Rayons X et gamma**
Les rayons X et gamma employés dans les radiographies industrielles sont du type ionisant et doivent être utilisés selon des règles de sécurité très strictes, formulées dans le décret 86/1103.

Ce décret mentionne certaines précautions concernant les radiographies :

- la zone de danger doit être définie par un radiologue certifié titulaire d'un CAMARI (Certificat d'Aptitude à Manipuler les Appareils de Radiographie Industrielle) et ce technicien doit avertir les travailleurs qui se trouvent à proximité avant d'utiliser l'appareil de radiographie,
- la zone de danger doit être délimitée par une barrière physique, corde ou autre, et signalée par une affiche interdisant l'accès aux personnes non autorisées,
- un avis portant le pictogramme de la radioactivité ainsi que l'inscription « ATTENTION DANGER » ou « ACCÈS INTERDIT » doit être placé à toutes les entrées et sorties de la zone de danger. Le pictogramme de la radioactivité doit être de couleur rouge pourpre sur fond jaune et de dimension suffisante pour être reconnu à distance.



Figure 5.8 :
*Symbole de danger du laser
(noir sur fond jaune)*

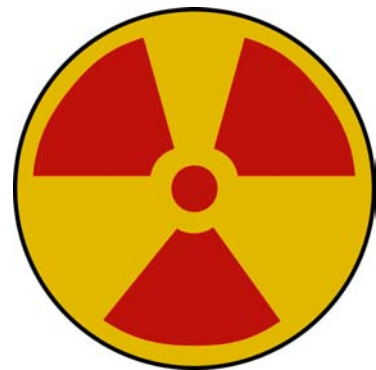


Figure 5.9 :
*Pictogramme de la radioactivité
(rouge pourpre sur fond jaune)*

- **Ecrans : rideaux et lanières**

Des écrans faits de matériaux incombustibles ou résistants au feu doivent être installés pour protéger contre les coups d'arc ceux qui se trouvent à proximité d'un lieu de soudage. L'écran doit avoir une surface non réfléchissante et doit permettre la circulation de l'air ; on le placera donc à 50 cm du sol et du plafond. L'opacité de l'écran doit convenir au procédé utilisé. Le tableau 5.3 présente les principales caractéristiques des rideaux de protection transparents disponibles sur le marché. Le choix du rideau dépend du procédé utilisé et de son intensité, du métal de base soudé ainsi que du gaz de protection. Ces écrans sont définis dans la norme **NF EN 1598** « Hygiène et sécurité en soudage et techniques connexes - Rideaux, lanières et écrans transparents pour les procédés de soudage à l'arc. »

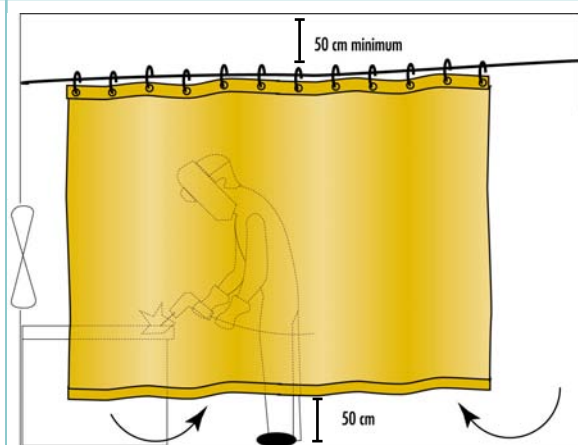


Figure 5.10 :
Rideau de protection transparent

Tableau 5.3 : Principales caractéristiques des rideaux de protection

Teinte du rideau	Visibilité relative	Procédé utilisé (métal de base et gaz de protection) et courant (en ampères)			
		Objet perçu à travers le rideau	Soudage sur acier avec gaz inerte (Ar ou He)	Soudage sur aluminium	Soudage sur acier avec gaz actif (CO ₂ et mélange)
Orange Spectra	69 %	1 300	750	550	450
Gris	56 %	225	125	100	75
Vert	63 %	150	90	70	50
Jaune	100 %	80	50	35	30
Bleu	44 %	40	25	20	15

B. Protection contre les brûlures et les projections

- **Règles minimales**

On peut se protéger des brûlures et des projections de particules en suivant ces règles de sécurité :

- porter des gants de cuir adéquats qui montent plus haut que les poignets, sinon utiliser des manchons en cuir qui protègent l'avant-bras,
- porter des chemises à manches longue,
- fermer le collet de la chemise jusqu'au cou pour prévenir toute infiltration d'étincelles ou de gouttelettes de métal en fusion,
- rabattre la partie supérieure des poches pour éviter toute ouverture où des étincelles pourraient se loger,
- porter des bottes de soudeur avec élastique pour pouvoir les enlever avec rapidité,
- porter des chaussettes de laine ; la laine est un tissu qui ne brûle pas facilement,
- porter un tablier ou des guêtres (protègent la partie avant des jambes, du genou à l'avant du pied),
- éviter tous les vêtements synthétiques ; ceux-ci collent à la peau sous l'effet d'une étincelle ou de gouttelettes de métal en fusion,
- éviter les pantalons à revers, où pourraient se loger des étincelles. Porter le pantalon par dessus les bottines,
- porter un couvre-tête résistant au feu sous le casque ou une cape protectrice lors d'un travail exécuté au-dessus de la tête,
- utiliser des écrans pour confiner la projection d'étincelles, de métal en fusion ainsi que les rayonnements.

- **Lunettes de sécurité**

Il faut toujours porter des lunettes de sécurité avec protection latérale sous le masque de soudeur pour être protégé contre les projections de particules.

Protection des autres travailleurs

Les autres travailleurs, à proximité d'opérations de soudage, peuvent être victimes d'un coup d'arc, soit en regardant directement l'arc par inadvertance, soit en y étant exposés par la lumière réfléchie.

Pour ces raisons, on devrait appliquer les règles de sécurité suivantes :

- porter des lunettes de protection adéquates lors de travaux dans un rayon de 30 mètres d'opérations de soudage qui ne sont pas protégées par des écrans,
- utiliser des lunettes avec des verres en polycarbonate pour absorber la majeure partie des rayons ultraviolets. Des verres teintés contribuent à réduire les rayonnements visibles et infrarouges,
- si on peut être exposé à la lumière réfléchie de l'arc, porter des lunettes de sécurité avec verres de polycarbonate et écrans latéraux légèrement teintés (filtre de numéro 2),
- pour le personnel assistant aux opérations de soudage, porter des lunettes de sécurité avec verres de polycarbonate et écrans latéraux teintés. Un numéro de teinte entre 3 et 5 est suffisant si on ne regarde jamais l'arc directement ; autrement, il faut utiliser le même numéro de teinte que le masque du soudeur.

- **Bottes**

Une protection métatarsienne est suggérée pour prévenir les blessures causées par la chute d'une pièce métallique sur le dessus du pied.

Pour certains modèles, l'absence de lacet réduit les risques d'introduction de particules de métal en fusion à l'intérieur de la botte ; les élastiques permettent un retrait rapide.



Figure 5.11 :
Lunettes de sécurité avec écrans latéraux

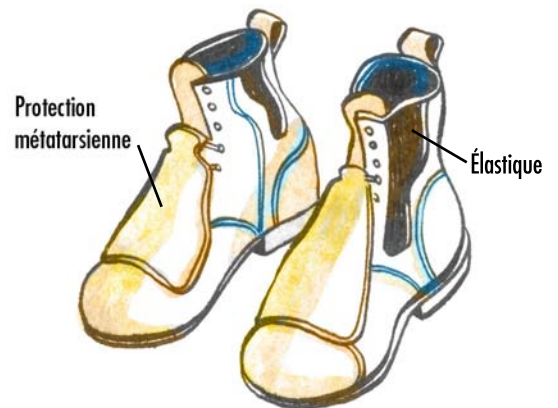


Figure 5.12 :
Bottines de sécurité de soudeur

- **Vêtements**

Les vêtements doivent protéger contre les étincelles, les projections de métal en fusion et les radiations. La laine est préférable au coton, car elle est moins inflammable. Par contre, elle est plus chaude pour le corps. Le coton offre une bonne protection contre les étincelles de métal chaud.

Les vêtements des soudeurs doivent être exempts de taches d'huile ou de graisse et ce, en tout temps.

Le tableau 5.4 présente les principales caractéristiques des tissus utilisés pour les vêtements de protection du soudeur. Les critères de résistance au feu et au métal en fusion sont primordiaux alors que la question de confort doit surtout être étudiée pour les travaux exécutés durant la saison chaude ou dans un environnement de travail où le degré de chaleur peut être élevé.



Figure 5.13 :
Chemise sans poche boutonnée au collet

Tableau 5.4 : Caractéristiques des tissus pour les vêtements de protection

Tissus	Résistance au feu	Résistance au métal en fusion	Confort
Laine	Très bonne	Bonne, le métal en fusion y adhère un peu	Chaud surtout en été
Cuir	Bonne	Bonne	Chaud
Coton	Faible	Bonne	Bon
Coton traité (au Proban)	Très bonne	Bonne	Bon
Vinex	Bonne	Bonne	Plus souple et confortable que le coton
Nomex	Bonne	Faible, le mtal en fusion y adhère et détruit le tissu	

C. Protection contre les piqûres

Pour prévenir les piqûres qui surviennent lors du soudage au procédé TIG, il faut :

- placer la torche de soudage dans un boîtier isolant (non conducteur) lorsqu'elle n'est pas utilisée,
- poser le faisceau sur le sol et non sur l'épaule,
- porter un tablier assez long ou des guêtres,
- porter des gants de cuir.



Figure 5.14 :
Gants à manchette