

Chapitre 4

Les risques d'électrification

- 1 Identification des risques
- 2 Effets sur la santé
- 3 Méthodes de prévention

Les risques d'électrisation

● Le risque d'électrisation est souvent pris à la légère en soudage-coupage, ce qui ne devrait pourtant pas être le cas !

Si l'équipement de protection individuelle est en bonne condition et approprié au procédé de soudage, le soudeur est protégé du risque de décharge électrique. Toutefois il peut y avoir danger de mort dans certaines circonstances, même si l'équipement de soudage à l'arc fonctionne à très basse tension.

Les statistiques ne font pas ressortir toute l'importance de ce danger car les données n'indiquent pas toujours les causes réelles des accidents.

Par exemple, si un soudeur se blesse en tombant à la suite d'une décharge électrique, les statistiques feront état d'une chute et non d'une électrisation.

1. Identification des risques

Le soudage et le coupage à l'arc électrique ou par résistance sont des activités qui présentent des risques d'électrisation notamment parce que le soudeur manipule un porte-électrode sous tension.

L'intensité de la décharge électrique varie selon la résistance du corps humain. Par exemple, si on a les mains mouillées, on favorise le passage du courant dans le corps puisque les mains offrent alors très peu de résistance. De la même façon, un sol humide ou conducteur augmente les risques d'électrisation.

Une électrisation même à une tension aussi faible que 80 volts peut avoir des conséquences très graves et même causer la mort. Tout dépend dans quelles conditions survient la décharge électrique.

Notions de base en électricité

TENSION OU VOLTAGE (V)

La tension est la force électromotrice qui pousse les électrons à circuler.

Voici quelques synonymes de tension électrique : différence de potentiel, force électromotrice et voltage.

→ Son unité est le volt (V).

RÉSISTANCE (R)

La résistance R permet d'évaluer la propriété conductrice des matériaux. Plus la résistance est faible, meilleure sera la conductivité. Ainsi, le cuivre, dont la résistance est faible, est reconnu comme étant un excellent conducteur.

→ Son unité est l'ohm (Ω).

L'eau étant conductrice, le soudeur est un meilleur conducteur lorsqu'il est mouillé.

COURANT (I)

Le courant désigne le nombre de charges électriques débitées chaque seconde dans un circuit électrique par un générateur électrique.

L'intensité d'un courant (ou ampérage) est symbolisée par I.

→ Son unité est l'ampère (A):

1 A = 1 ampère = 1 000 milliampères = 1 000 mA.

INFORMATION

Quelle différence y a-t-il entre l'électrocution et l'électrisation ?

Les deux termes décrivent les conséquences d'une décharge électrique. On parle d'électrocution lorsque la décharge cause la mort et d'électrisation quand les blessures ne sont pas mortelles. Le terme électrisation est le plus fréquemment utilisé, car il y a toujours électrisation avant l'électrocution.

A. Facteurs qui augmentent le risque d'électrisation

- **La présence d'humidité dans le milieu.** Le soudage en milieu humide, le port de vêtements imbibés de sueur ou la présence d'eau sur le plancher augmentent le risque d'électrisation en réduisant la résistance au passage du courant.
- **Un travail sur une surface conductrice.** Un plancher métallique, une cuve, un réservoir ou la structure métallique d'un bâtiment peuvent augmenter les risques d'électrisation car les outils et les vêtements offrent très peu de résistance électrique dans ces circonstances. Par exemple : monter sur une structure d'acier pour y souder une pièce.
- **Une mise à la terre inadéquate.** Un fil de mise à la terre endommagé, mal branché ou un mauvais contact (résistance au point de connexion) réduisent la protection que procure une bonne mise à la terre.
- **Un mauvais entretien des équipements.** Un porte-électrode défectueux, un câble d'alimentation usé ou une gaine isolante endommagée augmentent le risque d'électrisation.
- **Une méthode de travail non sécuritaire.** Souder sans utiliser les moyens et les équipements de protection et d'isolation appropriés ou ne pas relier adéquatement la pince de retour de courant peut constituer des risques supplémentaires.
- **La méconnaissance du risque.** Un manque de formation ou d'information à la suite, par exemple, de l'introduction d'une nouvelle méthode de travail ou de l'implantation d'un nouveau procédé constitue un risque très important.

Analogie avec un système hydraulique

Pour faire mieux comprendre le concept de tension électrique, on a souvent recours à l'analogie avec un système hydraulique, c'est-à-dire une conduite dans laquelle circule un liquide.

Prenons un tuyau contenant de l'eau, qui est relié à un réservoir surélevé et fermé à l'autre extrémité par un robinet. Bien que, dans le tuyau, l'eau soit sous pression, il ne s'y produit pas d'écoulement. Si on ouvre le robinet, l'eau va s'écouler et un débit d'eau va s'établir. En électricité, un phénomène équivalent se produit. La pression d'eau est comparable à la tension électrique, le débit au courant et le robinet à une résistance ; plus le robinet est ouvert, plus la résistance est faible et, par conséquent, plus le débit augmente.

Loi d'Ohm :

La loi d'Ohm exprime le lien entre la tension, le courant et la résistance.

Cette loi s'exprime par la formule suivante :

$V = R \times I$ (voltage = résistance multipliée par le courant).

V : différence de potentiel, mesurée en volt (V).

R : résistance du matériau, mesurée en ohm (Ω).

I : intensité du courant, mesurée en ampère (A).

Dans l'équation, pour une même tension électrique, plus la résistance est faible et plus le courant sera élevé et, toujours pour une même tension électrique, plus la résistance est élevée et plus le courant sera faible. Pour une même résistance, plus le voltage est élevé et plus le courant sera élevé et, toujours pour une même résistance, plus le voltage est faible et plus le courant sera faible.

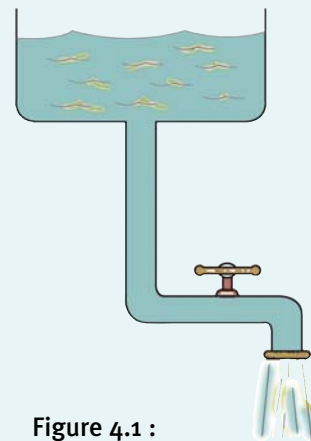


Figure 4.1 :
Analogie avec un système hydraulique

B. Causes de l'électrisation

Il y a électrisation quand il y a passage de courant dans une partie du corps. On peut classer les contacts avec un conducteur ou une pièce sous tension en deux catégories :

- les contacts directs,
- les contacts indirects.

• Les contacts directs

Une partie du corps entre en contact avec une pièce sous tension, par exemple l'électrode ou un porte-électrode mal isolé. Dans le soudage à l'arc, on trouve au bout de l'électrode la tension à vide du générateur. Si, par surcroît, une partie du corps offre un passage au courant (pieds dans l'eau, contact avec une pièce mise à la terre, etc.), il y a risque d'électrisation. Le travailleur est ainsi exposé à la tension secondaire du poste de soudage.

• Les contacts indirects

Le corps entre en contact avec une pièce métallique qui est anormalement mise sous tension. Il arrive que certaines composantes métalliques du poste de soudage telles que le boîtier, le capot ou le volant de manœuvre soient accidentellement mises sous tension par suite d'un défaut conjoint dans l'isolation des pièces sous tension et dans le fonctionnement du dispositif de protection. Le défaut d'isolation peut provenir d'un court-circuit ou d'un défaut de connexion.

Le travailleur risque alors d'être exposé à la tension primaire, qui est beaucoup plus élevée que la tension secondaire.

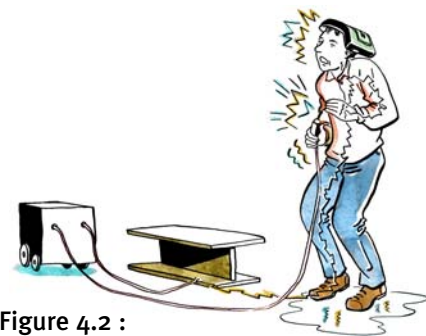


Figure 4.2 :
Contact direct : le courant passe par l'électrode et revient par la pince de retour en passant par le sol humide

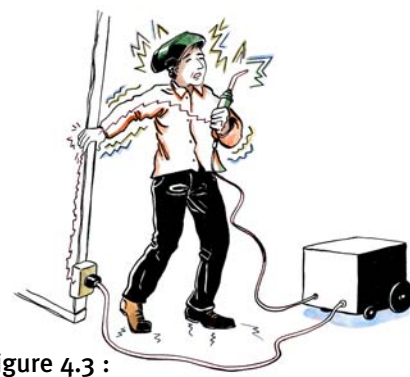


Figure 4.3 :
Contact indirect : utilisation d'un porte-électrode défectueux qui permet le passage du courant d'une main vers l'autre main qui est en contact avec une pièce de structure mise à la terre

2. Effets sur la santé

A. Effets ressentis

Les effets peuvent aller du simple picotement aux brûlures graves et à la mort. De plus, le courant alternatif déclenche la contraction des muscles, ce qui explique que, souvent, les victimes n'arrivent pas à se dégager d'elles mêmes et se sentent « collées » à la pièce sous tension. Si les muscles respiratoires sont touchés par la contraction, on risque l'asphyxie. Si le cœur est atteint, il peut entrer en fibrillation ou même arrêter de battre.

Les dommages aux tissus humains sont occasionnés par le courant qui y circule. L'intensité du courant et la durée de l'électrisation ont donc un effet direct sur les perceptions et la gravité des blessures.

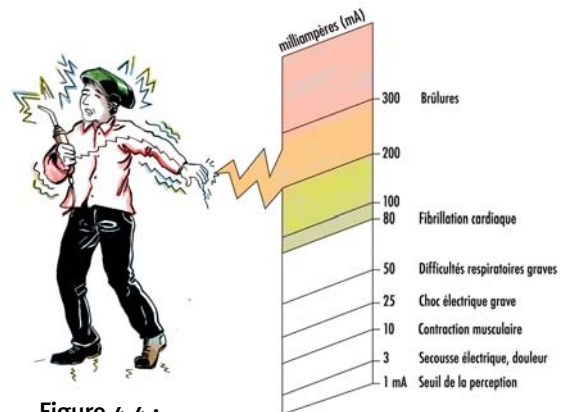


Figure 4.4 :
Échelle présentant les conséquences du passage d'un courant alternatif dans le corps

Intensité du courant

Application de la loi d'Ohm : $U = R \times I$.
Avec $U = 80$ volts
(tension à vide au porte-électrode) :

Si la personne ne porte pas de gants et a les deux pieds dans l'eau
($R =$ environ 750 ohms),
 $80 = 750 \times I$
 $I = 0,11$ A (soit 110 mA), ce qui est suffisant pour entraîner des lésions mortelles.

Si la personne porte des bottines isolantes et a les mains sèches
(supposons que $R = 1$ million d'ohms),
 $80 = 1 \text{ million d'ohms} \times I$
 $I = 0,00008$ A ou 0,08 mA, ce qui est nettement sous le seuil de la perception.

Durant le soudage, comme la résistance du contact électrique entre la pièce à souder et l'électrode est faible, le courant qui passe dans le circuit secondaire sera très élevé: 100, 200, 300 ampères ou plus. Même si la différence de voltage est faible, soit de 20 à 40 volts, l'intensité élevée du courant s'explique par la faible résistance du circuit formé par l'électrode, la pièce et le câble de retour.

Ainsi, une personne qui touche au porte-électrode les pieds dans l'eau ou sur une surface métallique sera exposée à une différence de potentiel de 80 ou 100 volts, c'est-à-dire que sa main est à la tension à vide du poste de soudage (80 ou 100 volts) et ses pieds sont au potentiel de la mise à la terre (soit 0 volt). Le courant qui traversera son corps variera en fonction de sa résistance électrique.

La résistance du corps humain varie de 750 à 5 000 ohms. Si la personne porte des bottines isolantes, la résistance de son corps peut s'élever à plusieurs millions d'ohms. Donc, selon la résistance du corps de la personne et de son équipement de protection individuelle, le courant qui traversera son corps sera plus ou moins intense.

Que faire ?

Si la victime d'une électrisation ne peut lâcher prise, la première chose à faire est de repérer le sectionneur ou l'interrupteur du circuit électrique et couper le courant. **Il ne faut jamais toucher à la victime.** Si on ne peut repérer rapidement la source d'alimentation électrique, on peut tenter de dégager la victime à l'aide d'un objet isolé ou non conducteur (par exemple, un bâton de bois ou de plastique). Dans tous les cas d'électrisation, la victime doit être transportée immédiatement à l'hôpital.

B. Facteurs qui influencent les effets de l'électrisation

• **L'intensité du courant**

L'intensité du courant au moment de l'électrisation est sans aucun doute le facteur susceptible d'avoir le plus de conséquences.

L'intensité du courant dépend de la résistance et de la différence de potentiel. Pour une même tension électrique, plus la résistance est faible et plus l'intensité du courant sera élevée.

Certains facteurs influencent la résistance au point de contact :

- la moiteur des mains : la résistance offerte par la main varie de 500 ohms quand elle est mouillée jusqu'à 1000 ohms lorsqu'elle est sèche,
- la conductibilité du sol,
- la nature, l'état et le degré d'humidité des vêtements, des chaussures et des gants.

• **La nature du contact**

La gravité des blessures dépend également de la surface de contact et de la pression exercée sur le conducteur.

• **La durée de passage du courant dans le corps**

Plus le courant circule longtemps dans le corps, plus les dommages peuvent être graves.

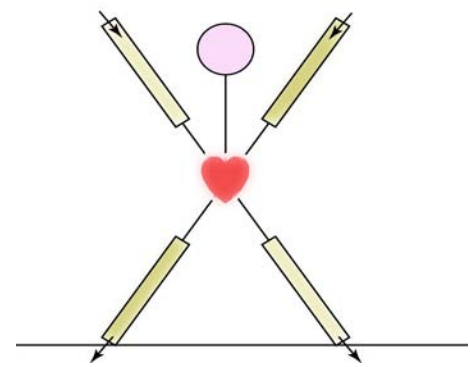
Par exemple, le risque d'asphyxie, de brûlure et la fibrillation cardiaque augmentent avec la durée de l'électrisation. Cela est particulièrement vrai lorsque le phénomène de contraction musculaire se manifeste et que la victime ne peut lâcher prise. La durée de l'électrisation est alors critique et la gravité des blessures peut en dépendre.

• **Le trajet du courant dans le corps**

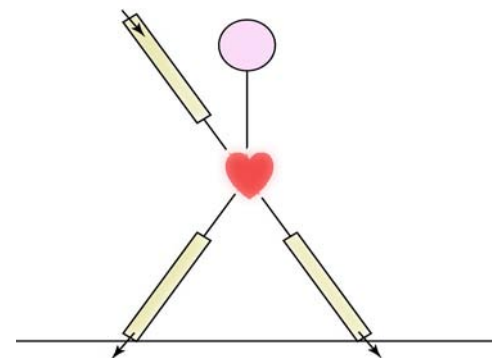
Le courant circule toujours là où il y a le moins de résistance. Lorsque le courant circule dans le corps, il tend généralement à passer par les veines et les artères, qui offrent moins de résistance que les muscles ou les os. Si le courant traverse le cœur, les conséquences peuvent être tragiques.

C'est la peau qui offre la plus grande barrière au passage du courant. La résistance interne du corps humain est d'environ 300 ohms (Ω).

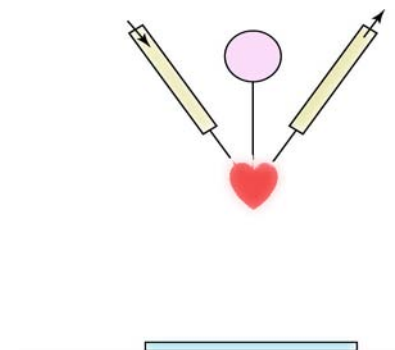
La résistance dépend également du trajet qu'emprunte le courant dans le corps humain.



Des deux mains aux deux pieds
 $R = 500 \Omega$



D'une main aux deux pieds
 $R = 750 \Omega$



D'une main à l'autre
 $R = 1\ 000 \Omega$

Figure 4-5 :
Résistance totale du corps humain selon le trajet emprunté par le courant (en ohms)

3. Méthodes de prévention

A. Règles de sécurité

- **Éviter tout contact avec des bobines de fil sous tension**

Dans le procédé de soudage automatique ou semi-automatique, il faut se rappeler que la bobine de fil est sous tension dès que l'arc électrique est amorcé.

Les dévidoirs et les autres types d'équipement servant au déroulement du fil peuvent être sous tension même si l'arc n'est pas encore amorcé ou si le fil ne se déroule pas. L'opérateur est alors exposé à une pleine tension à vide (en général 80 ou 100 volts) de la source de courant.

Les risques sont réduits si le travailleur ne peut pas entrer en contact avec les éléments sous tension.

- **Précautions à prendre dans le cas des torches refroidies à l'eau**

Quand on utilise des torches refroidies à l'eau, il faut inspecter attentivement la torche et l'équipement de soudage afin de détecter les fuites d'eau.

Il faut également porter une attention particulière à la condensation provenant des conduites souples d'eau froide.

- **Ne jamais enrouler un câble de soudage autour du corps**

Il ne faut jamais se passer un câble de soudage autour de la taille, car si l'isolation du câble est endommagée, il y a un risque d'électrisation en plus du risque de chute.

- **Remplacement des électrodes**

Dans le procédé de soudage à l'électrode enrobée, il faut s'assurer que l'électrode n'est plus sous tension avant de la retirer du porte-électrode ou porter des équipements de protection individuelle adaptés.

- **Mettre l'équipement hors tension**

Si l'équipement n'est pas utilisé, il faut le mettre hors tension pour éviter tout risque de choc électrique.



Figure 4.6 :
Situation dangereuse

B. Protection individuelle

- **Porter de bons vêtements, des gants, etc.**

Le port de gants de cuir à manchettes, d'un tablier de soudeur, de chaussures et d'un masque de soudeur isolants augmentera la résistance aux points de contact et réduira les risques de décharge électrique.

- **Utiliser un support isolant**

Il est préférable d'utiliser un support isolant où le soudeur déposera le porte électrode en toute sécurité. Le soudeur doit à tout prix éviter de déposer le porte électrode sur une surface métallique qui risquerait alors d'être mise sous tension et entraînerait l'électrisation d'une personne en contact.

- **Porter des vêtements secs**

Le soudeur ou l'opérateur qui porte des vêtements humides ou dont la peau est mouillée doit éviter d'entrer en contact avec une pièce métallique sous tension, car l'humidité augmente le risque de décharge électrique.

Il est important de s'assurer que les vêtements et les gants du soudeur soient bien secs.

- **Utiliser un tapis isolant**

L'utilisation d'un tapis isolant réduit le risque de décharge électrique lorsque le soudeur doit travailler en contact avec des surfaces ou une structure métalliques, par exemple à l'intérieur d'un réservoir.

Le tapis peut également servir dans les espaces restreints pour éviter tout contact avec la surface conductrice.

C. Précautions à prendre pour le câblage

- **Fixer adéquatement le câble de retour**

En soudage à l'arc électrique, le courant passe du générateur de soudage au porte-électrode par un câble électrique. Le courant de soudage est transféré à la pièce à souder par l'arc électrique et revient vers le poste de soudage par le câble de retour.

La surface de branchement du câble de retour doit être propre et la pince du câble de retour doit être solidement fixée, car certaines substances comme la graisse ou la peinture peuvent réduire la qualité du contact électrique.

- **Limiter le risque de courants vagabonds**

La fixation du câble de retour doit se faire au plus près de la zone soudée. En effet, si le câble de retour n'est pas installé directement à la pièce ou à la table, le courant pourrait revenir par un autre chemin, notamment en passant à travers le corps du soudeur.

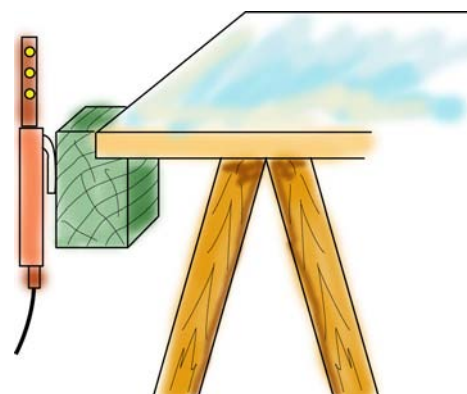


Figure 4.7 :
Support isolant pour porte électrode

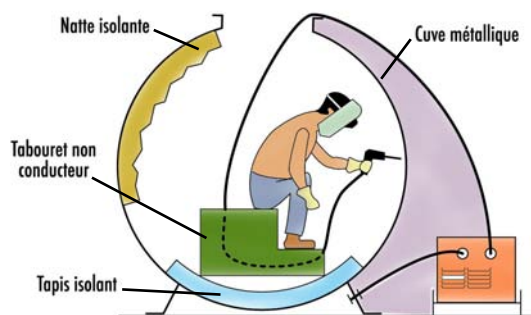


Figure 4.8 :
Plancher et tapis isolants pour protéger le soudeur des éléments mis à la terre

- **Mise à la terre de la pièce soudée si nécessaire**

Il ne faut pas confondre le câble de retour avec un câble de mise à la terre. Le câble de retour sert à fermer la boucle du circuit de soudage alors qu'une mise à la terre sert à établir la continuité des masses entre la pièce soudée et le réseau de mise à la terre du bâtiment et de l'installation électrique. Lorsqu'il n'est pas possible d'assurer l'isolement complet du circuit de soudage, la mise à la terre de ce circuit doit être réalisée en un seul point, soit au niveau de la pièce soudée, soit au niveau de la table. En cas de mise à la terre de la pièce soudée et de mauvais contact ou déconnexion du câble de retour, le courant peut revenir à la source par la mise à la terre et endommager le générateur.

- **Liaisons équipotentielles des pièces métalliques**

Les pièces métalliques situées dans le voisinage immédiat de la pièce à souder (plaque, bloc, pièce, ou desserte métallique...) doivent être reliées au câble de retour par un conducteur de section équivalente.

- **À éviter**

Il ne faut jamais laisser le courant de retour passer par :

- les conduites et les canalisations servant au transport du gaz ou des liquides inflammables,
- les bouteilles de gaz comprimé,

- les grues, l'équipement de levage, les chaînes, les câbles d'acier, les cages d'ascenseurs ou de monte-charges,
- les joints filetés, les brides, les assemblages boulonnés ou mastiqués (leur résistance est trop forte).

- **Utiliser correctement les câbles d'alimentation**

Disposer les câbles électriques de façon à éviter que l'équipement mobile, chariots élévateurs ou autres, ne les endommage. Une goulotte de protection placée au-dessus des câbles les protégera des équipements devant circuler dans cette région.

Éviter d'entreposer du matériel sur les câbles électriques.

S'assurer du bon état de la gaine isolante des câbles électriques. Les gaines déchirées par frottement ou par échauffement peuvent accroître le risque de décharge électrique. Changer les câbles en mauvais état.

Ne pas déplacer l'équipement de soudage en tirant sur le câble d'alimentation. Toujours utiliser le bras de manœuvre du poste de soudage.

S'assurer que le générateur de soudage est connecté à une prise munie d'un conducteur de protection.

Utiliser des câbles d'alimentation et des câbles de retour de section adaptée. Le choix doit se faire en fonction du courant de soudage et du facteur de marche. Le tableau 4.1 donne des valeurs indicatives pour les câbles de soudage.

Tableau 4.1 : Calibre des conducteurs de soudage à l'arc selon HD 516 S2

Section nominale du conducteur en cuivre (en mm ²)	Courant assigné (en Ampères) en fonction des facteurs de marche spécifiés						
	100 %	85 %	80 %	60 %	35 %	20 %	8 %
10	100	101	102	106	119	143	206
16	135	138	140	148	173	212	314
25	180	186	189	204	244	305	460
35	225	235	239	260	317	400	608
50	285	299	305	336	415	529	811
70	355	375	383	426	531	682	1 053
95	430	456	467	523	658	850	1 319
120	500	532	545	613	776	1 006	1 565
150	580	619	634	716	911	1 184	1 845
185	665	711	729	826	1 054	1 374	2 145

Tableau 4.2 : Exigences dimensionnelles pour porte-électrodes

Courant assigné du porte-électrode au facteur de marche de 60 % (en A)	Plage minimale de fixation des électrodes diamètre de l'âme (en mm)	Plage minimale de section des câbles de soudage (en mm ²)
125	1,6 à 2,5	10 à 16
150	2 à 3,2	16 à 25
200	2,5 à 4	25 à 35
250	3,2 à 5	35 à 50
300	4 à 6,3	50 à 70
400	5 à 8	70 à 95
500	6,3 à 10	95 à 120

Note : Lorsque le porte-électrode est destiné à être utilisé au facteur de marche de 35 %, le courant peut être pris égal à la valeur assignée immédiatement plus élevée, où la valeur maximale de courant s'élève à 600 A.

Facteur de marché (*DUTY CYCLE*)

Selon CEI 60974-1

En soudage à l'arc, le facteur de marche désigne la durée maximale ininterrompue réelle de l'arc par tranche de 10 minutes.

On exprime le facteur de marche en pourcentage. Par exemple, dans le cas d'un courant nominal (circuit secondaire) de soudage de 300 A, un facteur de marche de 60 % indique que, sur une durée de 10 minutes, le courant de 300 A circule réellement pendant 6 minutes, les 4 autres minutes constituant le temps de repos. On doit donc tenir compte du facteur de marche dans le choix du calibre du câble pour éviter la surchauffe et la détérioration du câble.

D. Précautions à prendre avec les connexions électriques

- **Effectuer correctement le branchement**

Avant d'entreprendre des travaux de soudage, il est très important de vérifier tous les branchements électriques.

Avant le branchement ou le débranchement du câble d'alimentation, il faut toujours mettre le circuit hors tension, c'est-à-dire placer l'interrupteur du sectionneur à la position « ARRET » (« OFF »)

afin qu'aucun courant ne circule et que la tension soit nulle. Quand l'interrupteur est à la position « MARCHE » (« ON »), le circuit est sous tension.

- **Effectuer une mise à la terre correcte**

Mise à la terre du poste de soudage

Lorsque le générateur de soudage est défectueux et qu'il y a un défaut d'isolation des éléments sous tension, les pièces métalliques de l'appareil (l'enveloppe métallique entre autres) pourraient être soumises à un potentiel électrique. Si tel est le cas, un courant circule à travers la mise à la terre. Il s'agit alors d'un courant de fuite. Si la mise à la terre est correcte (résistance électrique presque nulle), le courant de fuite provoque le déclenchement des dispositifs de protection contre les surintensités (fusibles et disjoncteurs).

Le générateur de soudage doit donc être mis à la terre correctement par l'intermédiaire d'une prise de courant homologuée. Ainsi le branchement de la prise du poste de soudage assure aussi la liaison de la mise à la terre de l'équipement.

En atelier, la mise à la terre se fait pour toute l'installation électrique du bâtiment. Par contre, pour les postes de soudage de chantier, qui ne disposent pas d'un réseau d'alimentation électrique mis à la terre, la mise à la terre doit être effectuée par une prise de terre artificielle; celle-ci est généralement réalisée au moyen d'une tige de cuivre plantée dans le sol.

Mise à la terre de la pièce à souder

La pièce à souder doit avoir une mise à la terre distincte de la mise à la terre du poste de soudage. Toutefois, dans tous les cas, il est préférable de consulter le manuel d'instructions ou de communiquer directement avec le fournisseur de l'équipement pour connaître les exigences relatives à la mise à la terre de la pièce à souder. Le besoin peut varier selon les divers modèles de postes de soudage.

Procédés laser

Les machines laser utilisent un haut voltage pour générer le faisceau de lumière à haute intensité. Avant de procéder à toute opération d'entretien ou de réparation sur une source d'alimentation à haute tension, on doit s'assurer, à l'aide d'une perche de mise à la terre, que tous les éléments de l'appareil sont complètement déchargés. On laissera la perche raccordée à la borne haute tension pour toute la durée des travaux. Toute réparation doit être effectuée par une personne qualifiée.

Utiliser des connecteurs appropriés

Quand l'on doit ajouter des rallonges aux câbles de soudage, il est préférable d'utiliser des connecteurs isolés définis dans la norme CEI 60974-12. Le mieux est d'utiliser des câbles souples et de limiter le nombre de connecteur. Les connecteurs isolés facilitent l'enlèvement des sections de câbles qui ne sont plus nécessaires. Des connecteurs en bon état et correctement assemblés réduisent les risques d'échauffement et les risques de production d'étincelles.

E. Autres précautions

- **Vérifier les risques liés au port d'un stimulateur cardiaque**

Un porteur de prothèse électronique peut être particulièrement sensible à une décharge électrique, même de faible intensité. C'est pourquoi les gens qui portent un stimulateur cardiaque (pacemaker) ou une autre prothèse électronique vitale devraient s'adresser à leur médecin ou au fabricant de la prothèse afin de vérifier les risques auxquels ils s'exposent.

- **Tension à vide**

Pour diminuer les risques d'électrisation, on a réglementé la tension à vide pour certains procédés. Ces procédés sont le MIG/MAG, le FCAW, le MMA et le TIG. Dans le cas du procédé de soudage - coupage au plasma, les niveaux de tension à vide peuvent être jusqu'à 10 fois plus élevés que les niveaux requis pour le soudage à l'arc.

La tension à vide ou tension en circuit ouvert est la tension mesurée au porte-électrode avant l'amorce de l'arc électrique, c'est-à-dire au moment où il n'y a pas de courant en circulation dans l'appareil.

La norme CEI 60974-1 limite la tension à vide des postes de soudage à l'arc à 80 V efficace en courant alternatif ou 113 V en courant continu. Cette tension nécessaire pour amorcer l'arc est réduite entre 12 et 40 V une fois l'arc amorcé.

La valeur maximale de tension à vide pour les générateurs de coupage au plasma est de 500 V.



Figure 4.9 :
Connecteurs isolés,
fiches mâle et femelle