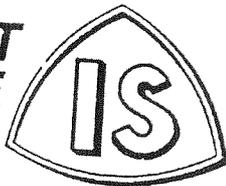


**INSTITUT  
DE  
SOUDURE**



Adresse postale  
Dès septembre 1992 à  
PARIS NORD II  
rue des Vanesses  
BP 50362  
95942 Roissy CDG Cedex

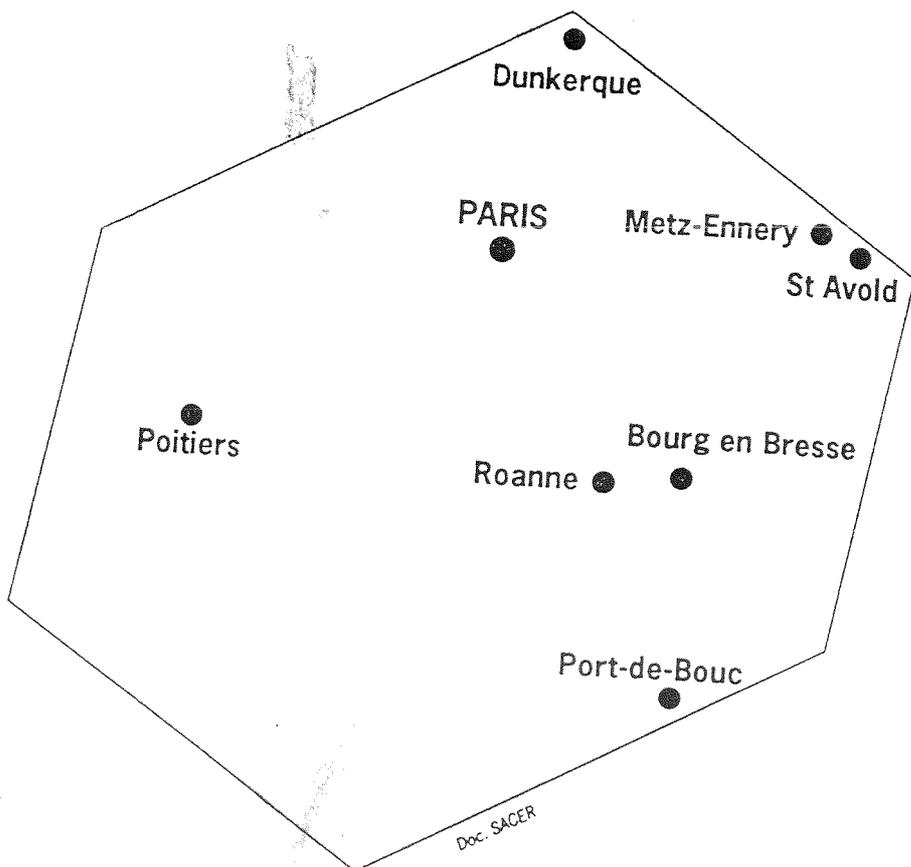
Adresse géographique  
Dès septembre 1992 à  
Z. A. PARIS NORD II  
rue des Vanesses  
93420 Villepinte  
Gare RER (B) Parc des Expositions

FORMATION PROFESSIONNELLE

# AIDE PEDAGOGIQUE

## SOUDAGE TIG

Document remis aux stagiaires ayant reçu une formation pratique et technologique.

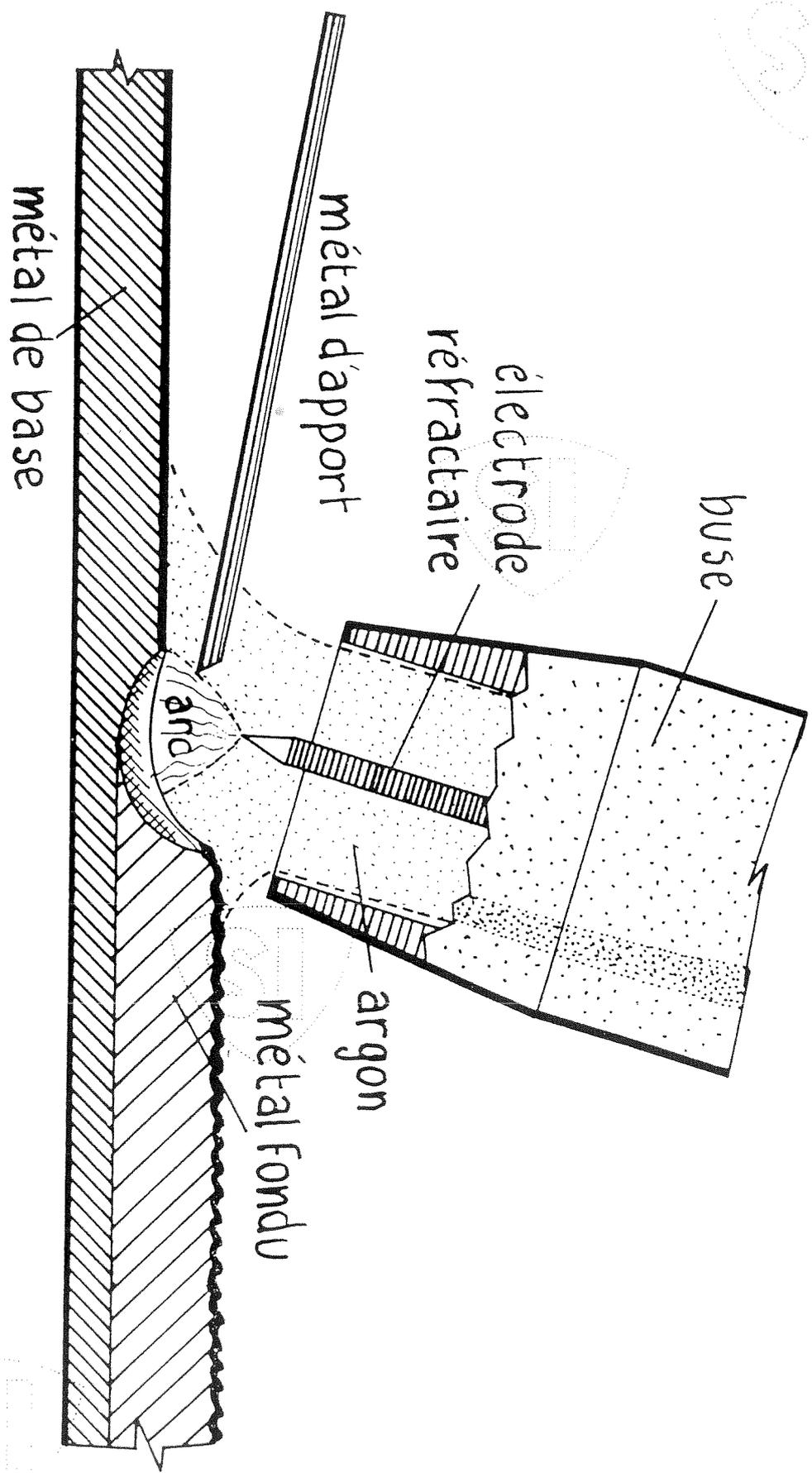


Doc. SACER



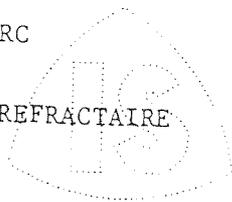
DANS LES ENTREPRISES (FRANCE ET ÉTRANGER)  
CENTRE ASSOCIÉ IS : BOURG EN BRESSE (TÉL. (16) 74 21 13 30)

177-131-92 - 0017-16

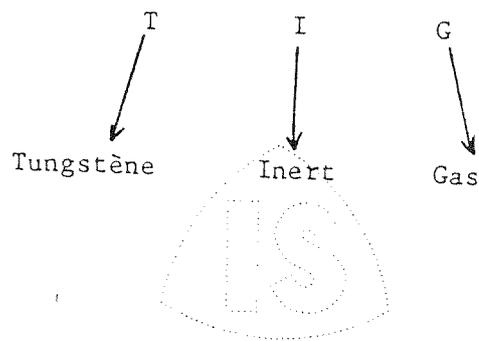




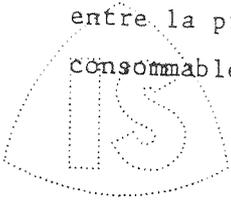
TECHNOLOGIE RELATIVE A L'ENSEIGNEMENT  
DU SOUDAGE ELECTRIQUE A L'ARC  
EN ATMOSPHERE INERTE AVEC ELECTRODE REFRACTAIRE



Définition du procédé :



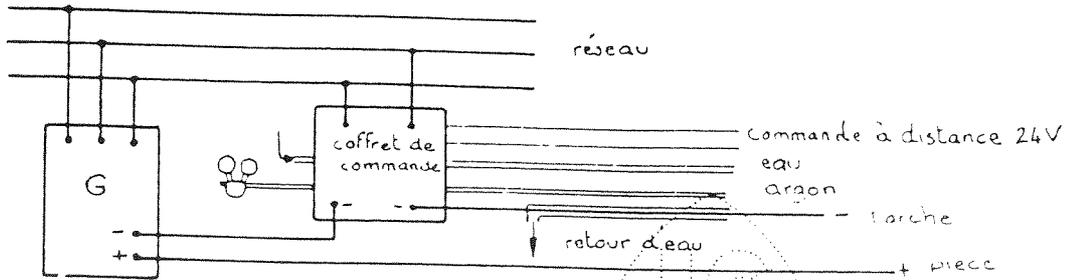
Le procédé T.I.G. est un procédé de soudage dans lequel la source calorifique employée pour obtenir la fusion simultanée des bords des pièces à assembler et du métal d'apport est un arc électrique éclatant au sein d'une atmosphère inerte, entre la pièce à souder et une électrode réfractaire non consommable.



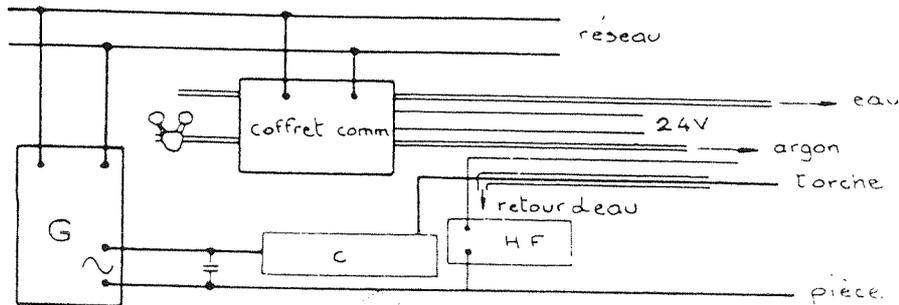
I. - MATERIEL

1.1. SCHEMA D'UNE INSTALLATION

1.1.1. En courant continu



1.1.2. En courant alternatif



Nota : Les installations sont dites "composites". Elles deviennent "monobloc" ou "compact" lorsque tous ces matériels se retrouvent groupés sous un même capot.

composite : poste fixe

monobloc : chantier - déplacements fréquents.

## 1.2. DESCRIPTION DU MATERIEL (ROLE)

### 1.2.1. Générateurs de courant

Les générateurs de courant utilisés en soudage TIG sont les mêmes que ceux utilisés en soudage à l'arc avec électrodes enrobées et leur rôle est identique.

Mais ces derniers ne sont utilisables en soudage TIG qu'à la condition de leur adjoindre un certain nombre d'organes de commande et de stabilisation de l'arc.

Ces générateurs doivent, comme en soudage électrique à l'arc avec électrodes enrobées posséder une caractéristique plongeante. Il faut noter que les tensions à l'arc sous argon (15 à 20 V) sont beaucoup plus faibles que celles utilisées en soudage à l'arc avec électrodes enrobées (20 à 40 V).

En conséquence, en cas d'utilisation d'un appareil conçu pour le soudage à l'arc avec électrodes enrobées, les graduations ou repères du réglage de l'intensité ne sont absolument plus valables pour le soudage TIG.

### 1.2.2. Coffret de commande

Il regroupe des organes ayant pour rôle :

- d'établir et de couper le courant de soudage.
- d'admettre et d'interrompre la circulation du gaz inerte.

L'interruption du débit de gaz doit être effectuée avec un temps de retard sur la rupture du courant de soudage (temporisation).

- de stabiliser l'arc par l'intermédiaire d'une platine stabilisatrice en courant continu.

### 1.2.3. Dispositif d'amorçage à distance

En courant continu ou alternatif, sans l'aide de dispositifs intermédiaires, l'arc ne peut être obtenu que par court-circuit entre la pièce et l'électrode. Cette mise en contact de la pièce et de l'électrode occasionne

dans bien des cas la pollution du métal de base et/ou de l'électrode.

Il faut donc, pour éviter ces inconvénients, utiliser un dispositif permettant l'amorçage à distance.

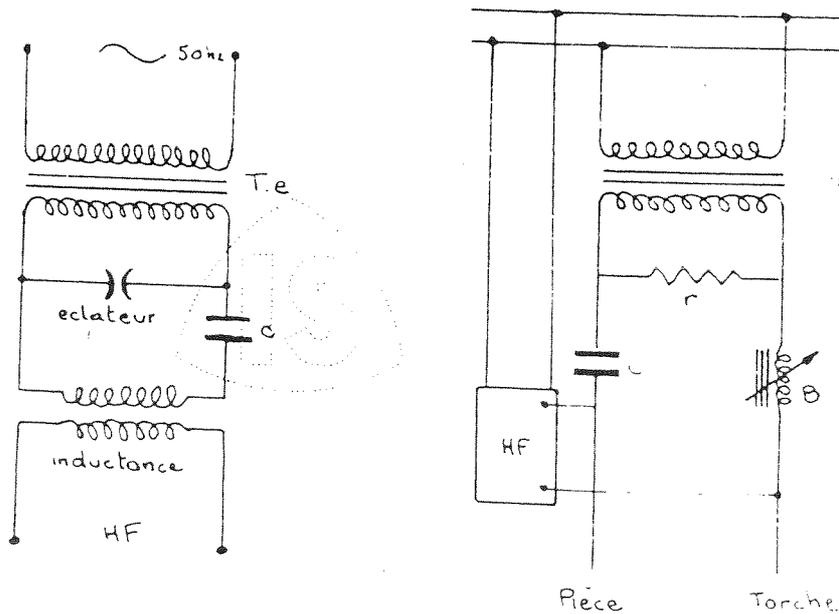
### 1.2.3.1. Emploi d'une étincelle pilote.

Le principe est extrêmement simple :

Une tension élevée (2000 à 5000 V) permet d'établir une étincelle qui éclate lorsque pièce et torche sont suffisamment rapprochées.

L'ionisation provoquée par l'étincelle permet l'amorçage de l'arc. Cette étincelle est produite par un générateur HF.

Il faut noter qu'elle peut être utilisée en courant continu ou alternatif et qu'elle provoque des perturbations radioélectriques gênantes pour les télécommunications.



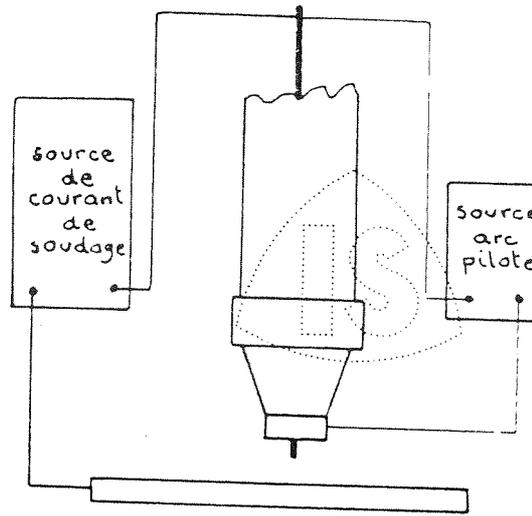
### 1.2.3.2. Emploi de l'arc pilote

Ce dispositif est employé en courant continu.

L'amorçage à distance de l'arc est alors réalisé en deux temps.

1er temps : Un arc de faible puissance est amorcé entre l'électrode de tungstène et une électrode auxiliaire (la buse par exemple).

2ème temps : L'arc principal jaillit alors entre l'électrode principale portée à l'incandescence dans un flux d'argon ionisé et la pièce.



#### 1.2.4. Gaz utilisés

On utilise des gaz inertes en soudage TIG pour protéger le métal en fusion contre les agents oxydants de l'atmosphère ambiante.

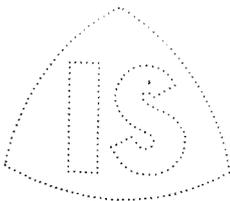
Ainsi, on emploie l'argon et l'hélium pour la protection de l'endroit du bain de fusion et de l'électrode.

On peut également utiliser un mélange argon-hydrogène, bénéficiant ainsi des propriétés réductrices de ce dernier.

Pour la protection de l'envers des cordons de soudure il est possible d'employer de l'argon pur, de l'azote sec ou des mélanges argon-hydrogène ou azote-hydrogène.

Pour ce qui concerne l'azote, précisons que ce gaz ne peut être utilisé dans l'arc électrique pour assurer la protection du bain de fusion (à cause de la nitruration).

Ces gaz étant livrés sous diverses formes (comprimés, liquéfiés) non utilisables directement, il est nécessaire d'interposer entre la source de gaz et l'utilisateur



un certain nombre d'organes.

Ces organes sont principalement des détendeurs et des débitmètres qui, souvent, se retrouvent sous la forme d'un seul appareil combiné.

- Détendeur : son rôle est de ramener à une pression d'utilisation (2 à 3 bars) les gaz de protection livrés à des pressions de l'ordre de 150 à 200 bars.

- Les débitmètres : sont destinés à mesurer, à des fins de réglage, le volume de gaz s'écoulant par unité de temps.

La graduation de ces appareils est généralement en l/mm. (voir : Débit des gaz page 28)

#### 1.2.5. Electrodes .....

Les électrodes utilisées en soudage TIG sont en tungstène, métal réfractaire, dont le point de fusion se situe à  $3410^{\circ} \text{C} \pm 20^{\circ} \text{C}$ .

On en distingue 2 types :

- Electrodes de tungstène pur utilisées pour le soudage des métaux légers.

- Electrodes de tungstène thorié (1 à 3 % d'oxyde de thorium) utilisées plus particulièrement pour le soudage des métaux lourds. Ces électrodes sont plus émissives et supportent des densités de courant plus élevées que les électrodes en tungstène pur.

$\varnothing$  1 - 1,6 - 2 - 2,5 - 3 - 4 - 5 - 6 mm.

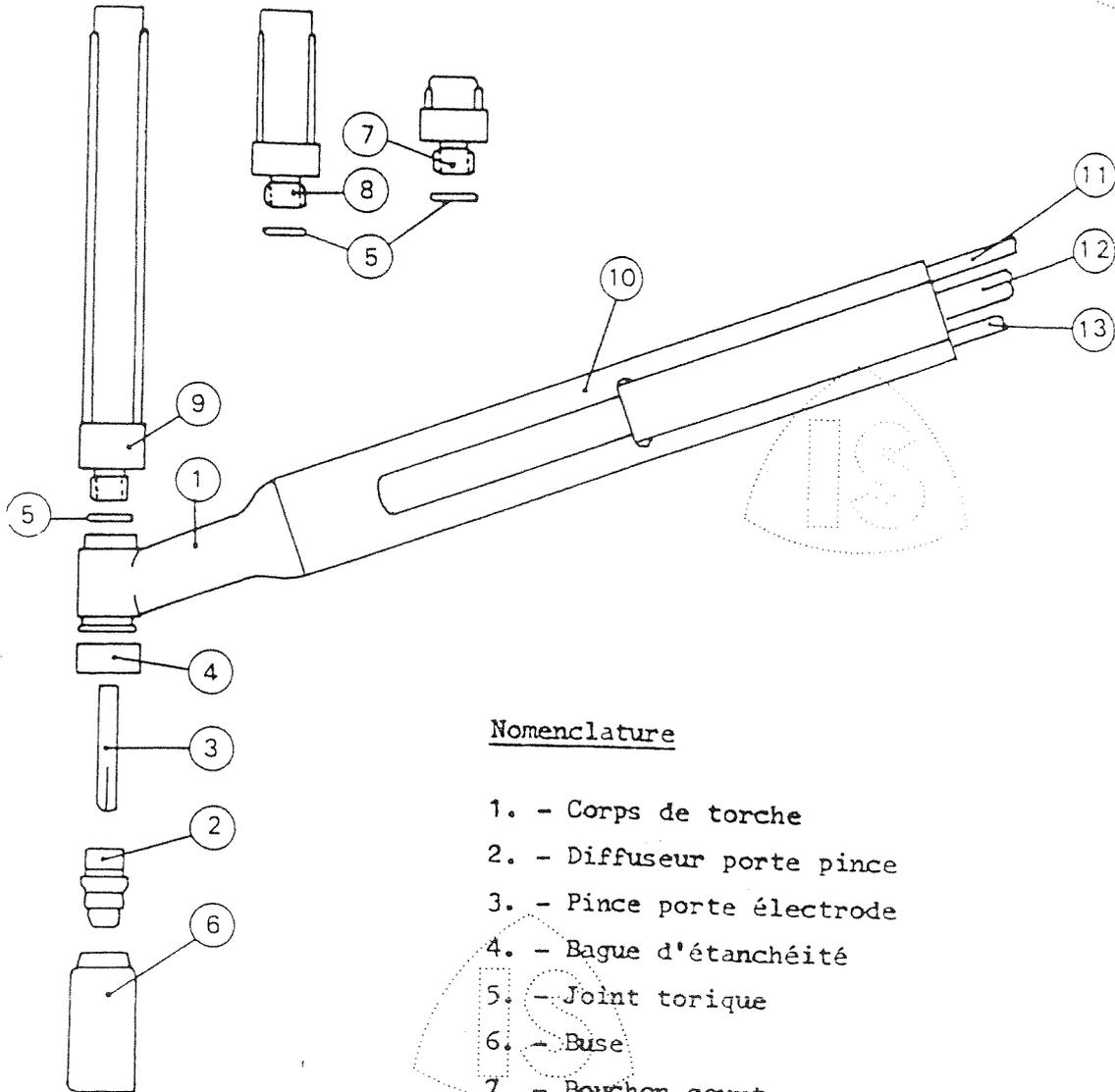
#### 1.2.6. Torches .....

Selon l'importance des courants utilisés, on peut employer des torches à refroidissement naturel ou à refroidissement par eau.

### 1.2.6.1. Torches à refroidissement par eau

Elles peuvent supporter des intensités de 200 à 300 ampères suivant le facteur de marche.

Schéma d'une torche manuelle à refroidissement par eau.



#### Nomenclature

1. - Corps de torche
2. - Diffuseur porte pince
3. - Pince porte électrode
4. - Bague d'étanchéité
5. - Joint torique
6. - Buse
7. - Bouchon court
8. - Bouchon moyen
9. - Bouchon long
10. - Manche avec interrupteur
11. - Canalisation d'argon
12. - Canalisation retour d'eau et câble courant de soudage.
13. - Canalisations arrivée d'eau.

### 1.2.6.2. Torches à refroidissement naturel

Leur conception est un peu différente ne disposant pas d'arrivée et de retour d'eau.

Elles sont conçues pour des intensités plus faibles 100 Ampères avec un facteur de marche de 60 %.

Les diamètres d'électrodes admis varient de 1 à 3 mm.

## II. - PRINCIPE DU SOUDAGE TIG

Le courant continu et le courant alternatif peuvent être utilisés, mais l'un comme l'autre le sera dans des domaines bien déterminés.

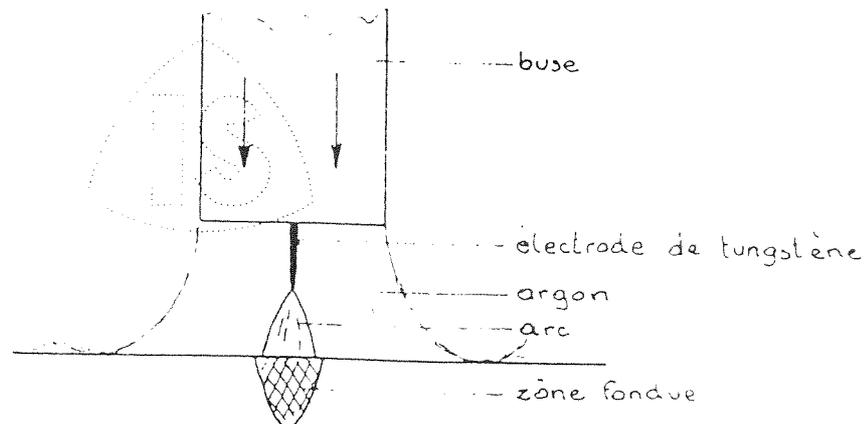
Le soudage des métaux dits "lourds" (métaux ferreux, cuivre et alliages, nickel et alliages etc...) s'effectuera en courant continu ; celui des métaux "légers" (aluminium et alliages etc...) en courant alternatif pour les raisons que nous verrons plus loin.

### 2.1. COURANT CONTINU (SOUDAGE DES METAUX LOURDS)

Rappel de la définition du soudage TIG.

C'est un procédé de soudage dans lequel la source calorifique employée pour obtenir la fusion simultanée des bords des pièces à assembler et du métal d'apport est un arc électrique éclatant au sein d'une atmosphère inerte, entre la pièce à souder et une électrode réfractaire.

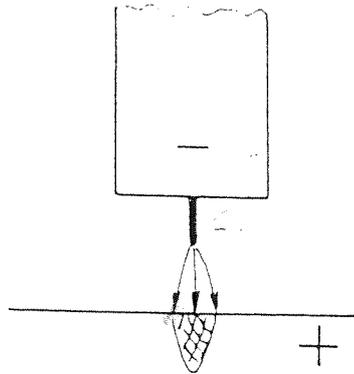
Dans ce cas, l'arc électrique est alimenté par une source à tension continue, l'atmosphère inerte est une atmosphère d'argon, et l'électrode réfractaire est en tungstène thorié.



Le fait de travailler en courant continu fait immédiatement penser à la notion de polarité. Quelle polarité adopter dans le cas du soudage en courant continu ?

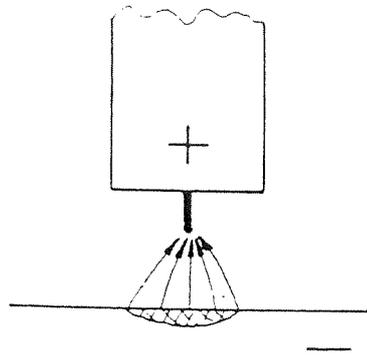
Etudions, pour faire notre choix, ce qui se passe dans le cas d'emploi de la polarité négative (-à l'électrode) et positive (+ à l'électrode).

### 2.1.1. Polarité négative (- à l'électrode)



Le sens électronique du courant allant du pôle - au pôle + à l'extérieur d'un générateur, (à l'inverse du sens conventionnel du courant électrique) les électrons vont donc se déplacer de l'électrode (cathode) vers la pièce (anode) et bombarder celle-ci. Dans ce cas, la zone de fusion est profonde et étroite.

### 2.1.2. Polarité positive (+ à l'électrode)



Le sens électronique n'ayant pas changé c'est maintenant l'anode (+) qui est bombardée par les électrons émis par la cathode (-).

On constate alors un échauffement anormal de l'électrode et la zone de fusion est dans ce cas très large et peu profonde.

Conclusion : Pour le soudage des métaux lourds, la polarité négative (-à l'électrode) permettant d'obtenir des cordons de soudure étroits et bien pénétrés.

## 2.2. COURANT ALTERNATIF (soudage des métaux légers)

L'arc électrique est donc, dans ce cas, alimenté par une source à tension alternative. L'atmosphère inerte sera une atmosphère d'argon et l'électrode réfractaire, une électrode de tungstène pur.

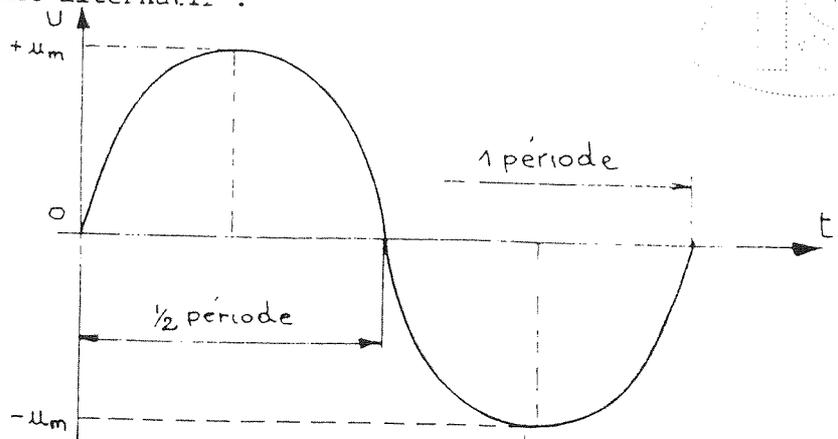
Tension alternative : c'est une tension périodique de valeur moyenne nulle.

Un cycle de variation représente 1 période.

Le nombre de périodes par seconde détermine la fréquence du courant.

Le réseau de distribution E.D.F. a une fréquence de 50 Hz.

Représentons schématiquement une période de ce courant alternatif :



On constate que la tension part de 0, croît vers un maximum  $+U_m$ , décroît, repasse par 0, décroît toujours pour atteindre un minimum  $-U_m$ , croît à nouveau pour repasser par 0.

On voit sur ce graphique que pendant la première  $1/2$  période la tension prend des valeurs instantanées différentes, mais toujours  $> 0$  et que dans la seconde  $1/2$  période les valeurs prises par la tension sont  $< 0$ .

Donc, dans le cas qui nous intéresse, la polarité de la pièce et de l'électrode change à chaque  $1/2$  période.

Etudions les 2 cas possibles :

#### 2.2.1. L'électrode est cathode (-)

On retombe dans le cas du paragraphe 2.1.1.

C'est l'électrode qui est émissive ; les électrodes viennent bombarder la pièce mais ce bombardement est sans effet car il ne parvient pas à éliminer la pellicule d'alumine.

Il y a échauffement de la pièce, mais le soudage n'est pas possible.

#### 2.2.2. L'électrode est anode (+)

Si l'électrode est anode : la pièce est cathode (-) c'est donc elle qui est émissive et les

électrons partant de la pièce pour bombarder l'électrode traversent et brisent la pellicule d'alumine.

Il y a échauffement de l'électrode.

Nous voyons donc, à la lumière de cette étude sommaire, que l'arc étant alimenté en courant continu :

- si l'électrode est cathode (-) : le soudage est impossible faute de décapage.

- si l'électrode est anode (+) : le soudage est possible mais on est alors dans l'obligation d'utiliser une électrode d'un diamètre plus élevé.

Pour le soudage des métaux légers on est par conséquent amené à adopter une solution de compromis qui est l'utilisation du courant alternatif qui permet :

- le décapage de la pièce pendant que l'électrode est en polarité positive.

- le refroidissement de l'électrode pendant qu'elle est en polarité négative.

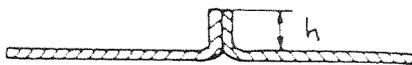
### III. - PREPARATION DES BORDS

Le soudage TIG peut être utilisé avantageusement jusqu'à des épaisseurs de 6 mm. Bien que le domaine d'application de ce procédé s'étende au delà de cette valeur les utilisateurs préfèrent souvent, lorsque les épaisseurs sont > 6 mm, effectuer la première passe par le procédé TIG et les passes de remplissage par un autre procédé (électrode enrobée ou MIG - MAG par exemple).

#### 3.1. SUR ACIERS FORTEMENT ALLIES

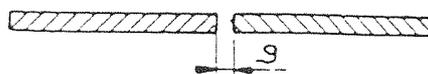
##### 3.1.1. Joint bout à bout

$e < 0,5 \text{ mm}$



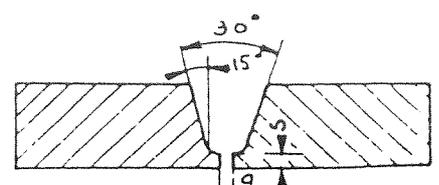
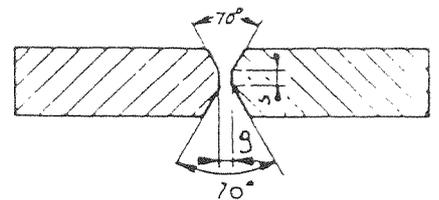
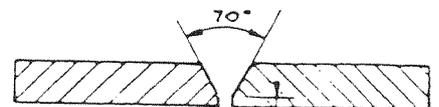
Bords relevés non subsistants  $h = 2,5 e$

$3 \text{ mm} > e > 0,5 \text{ mm}$



$g = \text{quelques } 1/10 \text{ suivant } e$

$e > 4 \text{ mm}$



REPRODUCTION INTERDITE



Bords relevés subsistants  $h = 3 \text{ à } 4 e$

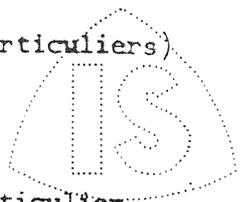
em	g	sm
4	variable en fonction de la position	-
6		1
8		1,5
10		1,5

3.1.2. Joint en angle intérieur

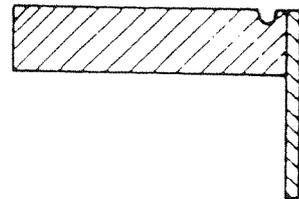
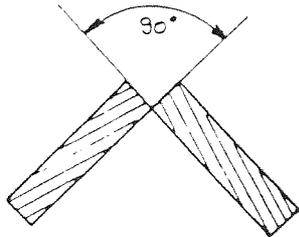
Pas de préparation spéciale (sauf cas particuliers)

3.1.3. Joint en angle

Pas de préparation spéciale sauf cas particulier.

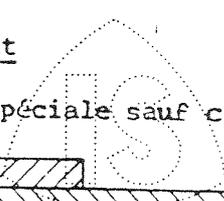
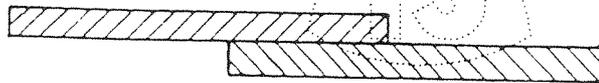


Exemple de cas particulier  
Epaisseurs fortement dissymétriques



3.1.4. Joint à recouvrement

Pas de préparation spéciale sauf cas particulier.



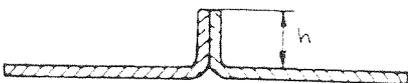
3.2. SUR ALLIAGES LEGERS

3.2.1. Joint bout à bout

$e < 1,5 \text{ mm}$



Bords relevés non subsistants  
 $h : 2,5 e$



Bords relevés subsistants  
 $h = 3 \text{ à } 4 e$

$3 \text{ mm} > e > 1 \text{ mm}$



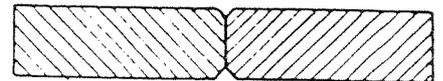
Carres légèrement abattues.

$e = 4 \text{ mm}$



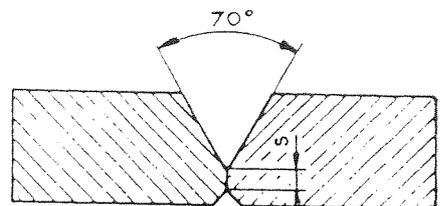
Carres fortement abattues.

$e = 5 \text{ mm}$



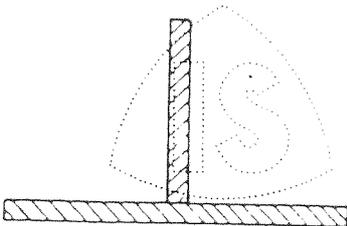
Carres fortement abattues des 2 côtés.

$e \geq 6 \text{ mm}$



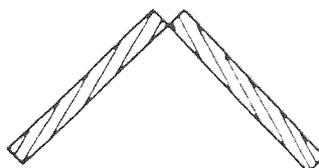
$s = 2 \text{ à } 2,5 \text{ mm}$   
Chanfrein à 60° et carres abattues.

3.2.2. Joint en angle intérieur



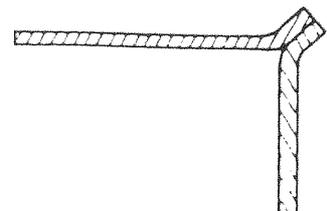
Pas de préparation spéciale

3.2.3. Joint en angle



Pas de préparation spéciale  
sauf cas particulier.

Exemple de cas particulier :

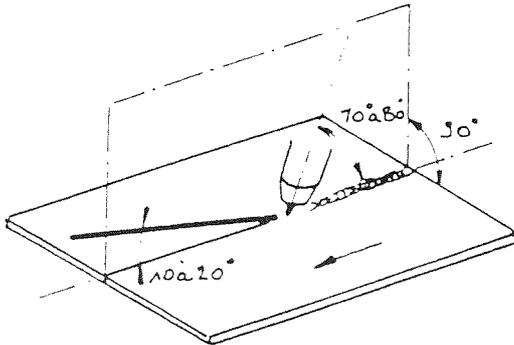


IV - METHODES DE SOUDAGE

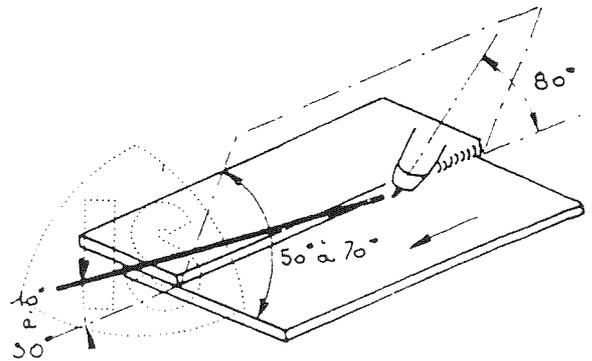
Le soudage TIG s'apparente au soudage au chalumeau oxyacétylénique par les modes opératoires ; on peut employer le soudage en avant ou en arrière mais signalons, dès à présent, que la méthode en arrière est peu utilisée (difficulté opératoire due au manque de fusion à la racine).

4.1. SOUDAGE A PLAT

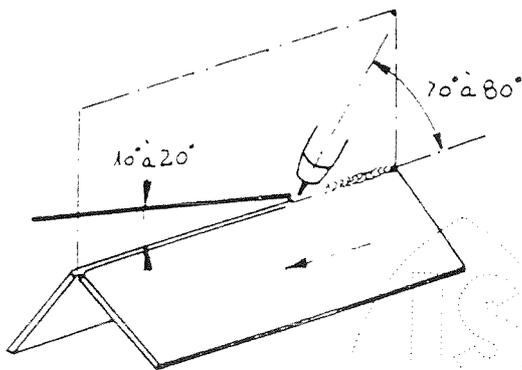
4.1.1. Sur joint bout à bout



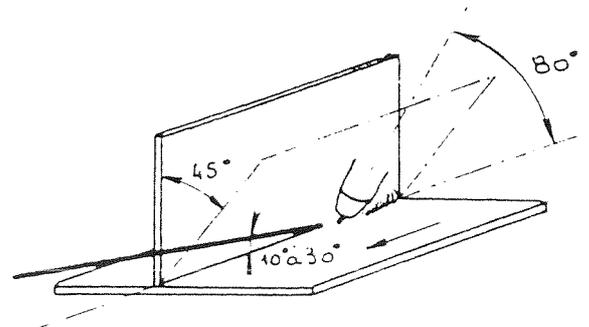
4.1.2. Sur joint à recouvrement



4.1.3. Sur joint en angle extérieur

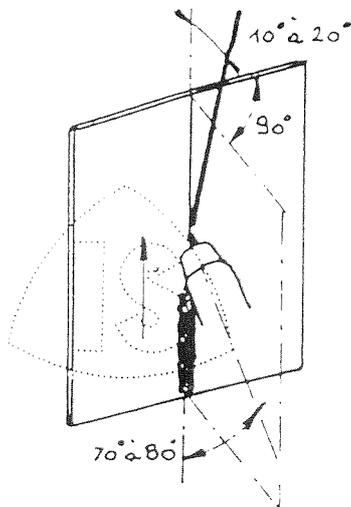


4.1.4. Sur joint en angle intérieur

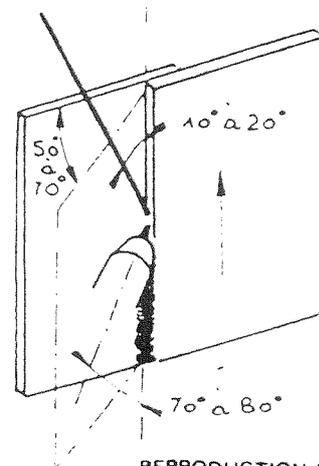


4.2. SOUDAGE EN MONTANT

4.2.1. Sur joint bout à bout

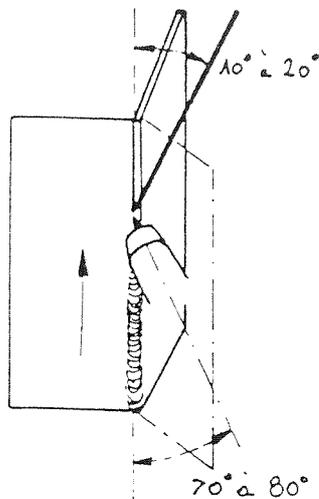


4.2.2. Sur joint à recouvrement

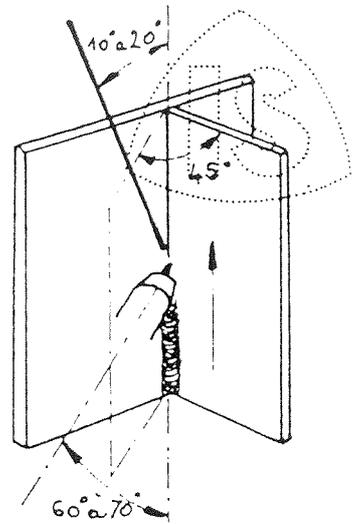


REPRODUCTION INTERDITE

4.2.3. Sur joint en angle extérieur



4.2.4. Sur joint en angle intérieur

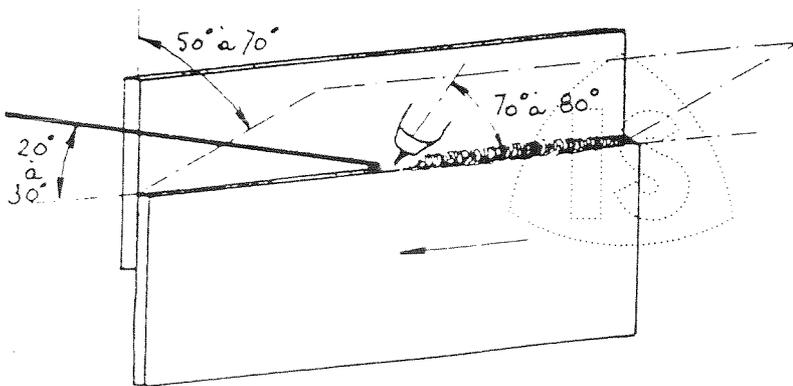


4.3. SOUDAGE EN CORNICHE

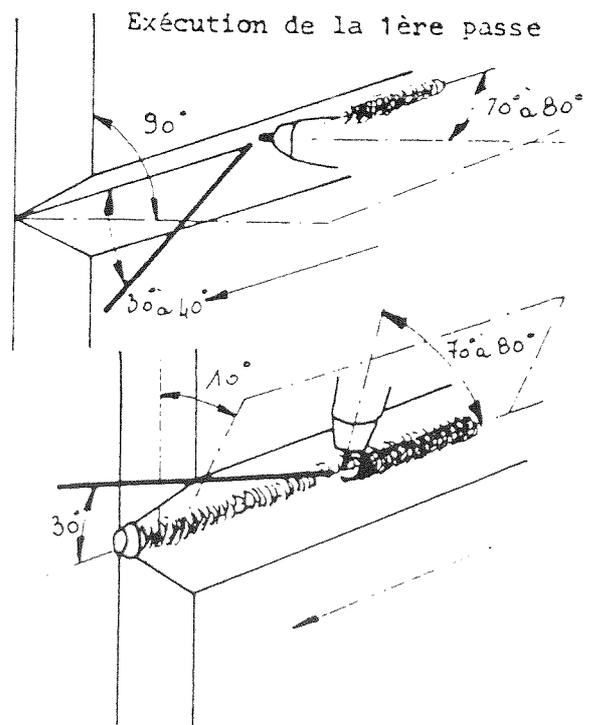
Le soudage en corniche s'applique principalement aux joints bout à bout et à recouvrement sur faibles épaisseurs ; dans cette position la bain de fusion ne bénéficie d'aucune assise pour le soutenir : s'il est trop important, il aura tendance à couler par gravité.

Nous n'étudierons donc que les méthodes sur joints bout à bout et à recouvrement.

4.3.1. Sur joint à recouvrement

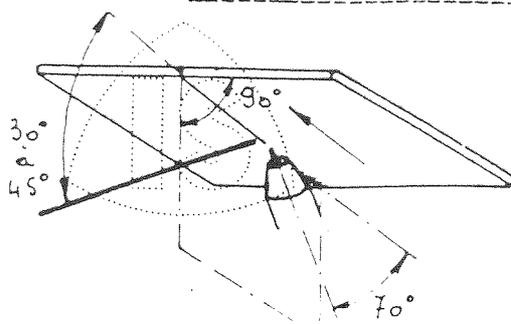


4.3.2. Sur joint bout à bout



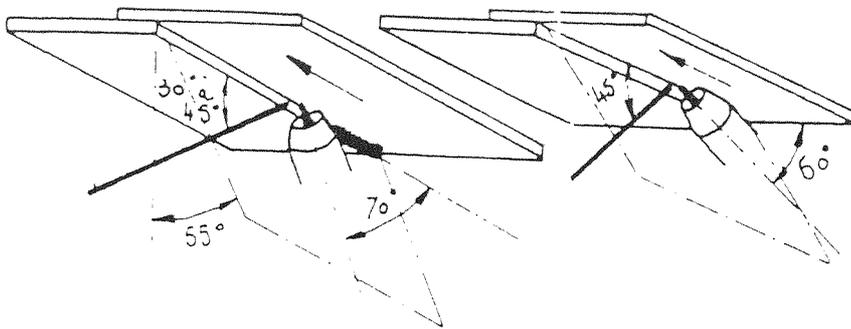
4.4. SOUDAGE AU PLAFOND

4.4.1. Sur joint bout à bout

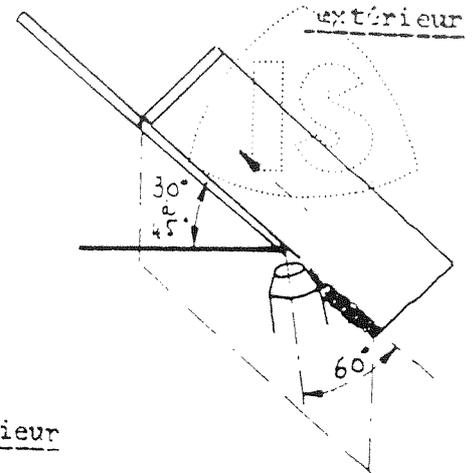


Exécution des passes suivantes.

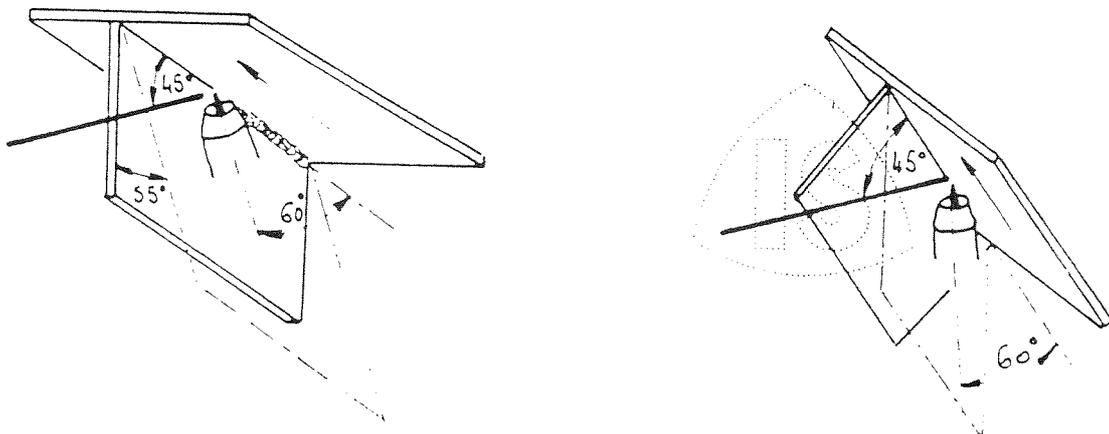
4.4.2. Sur joint à recouvrement



4.4.3. Sur joint en angle



4.4.4. Sur joint en angle intérieur



V. - CARACTERISTIQUES D'EXECUTION DES SOUDURES

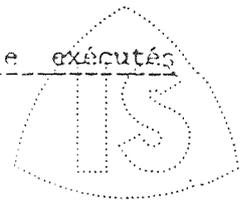
5.1. SUR ACIERS FORTEMENT ALLIES ASSEMBLAGES REALISES A PLAT

5.1.1. Assemblages bout à bout

Epaisseur (en mm)	Intensité (en ampères)	Diamètre de l'électrode (en mm)	Débit d'argon (en l/mm) Voir page 28	Diamètre de la buse (en mm)	Diamètre du métal d'apport (en mm)
0,5	10 à 20	1	4 à 5	9	sans ou 0,8
1	25 à 40	1	4 à 5	9 ou 11	1
1,5	40 à 60	1	4 à 5	11 ou 13	1 à 1,2
2	50 à 70	1 ou 1,6	4 à 6	11 ou 13	1,2 à 1,6
3	80 à 110	1,6 ou 2	5 à 6	13	2 ou 3
4	100 à 180	2 ou 3	5 à 6	13	3

5.1.2. Assemblages à recouvrement et en angle exécutés

à plat :



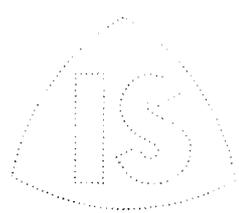
Type de joint	Epaisseur (en mm)	Intensité (en ampères)	Diamètre de l'électrode (en mm)	Débit d'argon (en l/mm) Voir page 28	diamètre de la buse (mm)	diamètre du métal d'apport (en mm)
ANGLE EXTERIEUR	1	20 à 30	1	4 à 6	13	1
	1,5	40 à 50	1	4 à 6	13	1
	2	55 à 65	1	4 à 6	13	1,2 ou 1,6
	3	70 à 90	1,6	5 à 7	13	2
	4	100 à 130	2	5 à 7	13	2 ou 3
RECouvreMENT	1	25 à 40	1	4 à 6	11	1
	1,5	50 à 60	1	4 à 6	11	1,2 ou 1,6
	2	60 à 80	1,6	4 à 6	1	1,6
	3	90 à 120	1,6 ou 2	5 à 7	13	2
	4	150 à 170	2	5 à 7	13	2
ANGLE INTERIEUR	1	25 à 40	1	4 à 6	11	1
	1,5	50 à 60	1	4 à 5	11	1
	2	60 à 80	1 ou 1,6	4 à 6	13	1,6 ou 2
	3	80 à 110	1,6	5 à 7	13	2
	4	140 à 160	2	5 à 7	13	2 ou 3

5.2. SUR METAUX LEGERES

5.2.1. Assemblages bout à bout sans chanfrein à plat



Epaisseur (en mm)	Intensité (en ampères)	Diamètre de l'électrode (en mm)	Débit d'argon (en l/mm) : Voir page 28 :	Diamètre de la buse (en mm)	Diamètre du métal d'apport (en mm)
1	40 à 50	1 ou 1,6	6 à 8	11	1,2 à 2
1,5	65 à 85	1,6 ou 2	6 à 8	13	2 ou 3
2	80 à 110	2 ou 2,5	6 à 3	13	3
3	120 à 145	3	7 à 10	13	3
4	155 à 180	3 ou 4	7 à 10	13	3 ou 4

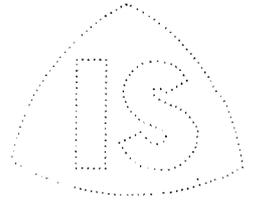


5.2.2. Assemblages à recouvrement et en angle exécutés à plat.



Type de joint	Epaisseur (en mm)	Intensité (en ampères)	Diamètre de l'électrode (en mm)	Débit d'argon (en l/mm) Voir page 28.	diamètre de la buse (mm)	diamètre du métal d'apport (en mm)
ANGLE EXTERIEUR	1	40 à 50	1 ou 1,6	6 à 8	11	1,2 à 2
	1,5	60 à 80	1,6 ou 2	6 à 8	13	2
	2	80 à 100	2	6 à 8	13	2 ou 3
	3	120 à 145	2,5 ou 3	7 à 10	13	3
	4	155 à 180	3 ou 4	7 à 10	13	3 ou 4
RECOUVREMENT	1	40 à 65	1 ou 1,6	6 à 8	11	1,2 à 2
	1,5	75 à 100	2	6 à 8	13	2
	2	80 à 120	2 ou 2,5	6 à 8	13	2 ou 3
	3	130 à 160	3	7 à 10	13	3
	4	170 à 210	3 ou 4	7 à 10	13	4
ANGLE INTERIEUR	1	50 à 70	1,6	6 à 8	11	2
	1,5	85 à 100	2	6 à 8	13	2 ou 3
	2	110 à 130	2,5	6 à 8	13	3
	3	150 à 185	3 ou 4	7 à 10	13	3
	4	200 à 240	4	7 à 10	13	4

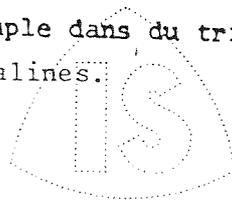
Nota : les intensités peuvent être réduites de 10 % environ et les débits d'argon augmentés de 2 à 3 l, pour le soudage en position.



## VI - PREPARATION DES SURFACES

En soudage TIG, la préparation des bords doit être particulièrement soignée. Il faut veiller à les débarrasser soigneusement, ainsi que le métal d'apport, de toute trace de corps gras et d'oxydes pelliculaires recouvrant les surfaces.

Le dégraissage s'effectuera par exemple dans du trichloréthylène en phase gazeuse, ou avec des lessives alcalines.



### 6.1. SUR ACIERS FORTEMENT ALLIES

Il est nécessaire, sur les aciers fortement alliés, d'éliminer les oxydes pelliculaires recouvrant les surfaces, ceci dans le but d'éviter les inclusions et la formation de plaques d'oxyde surnageant le bain de fusion (très gênant au point de vue opératoire, surtout aux faibles intensités). Pour ce faire, on procède à un décapage.

#### 6.1.1. Décapage mécanique

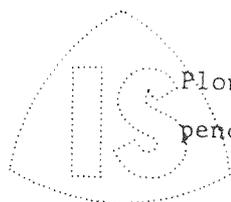
La façon la plus simple d'éliminer les oxydes superficiels est d'utiliser une brosse métallique rotative à fils d'acier inoxydable.

#### 6.1.2. Décapage chimique

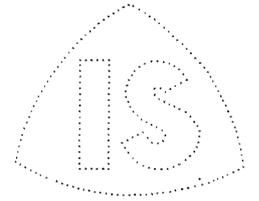
Exemples de bains de décapage pouvant être utilisés :

1er exemple :

- . Acide sulfurique ..... 10 %
- . eau ..... 90 %



Plonger la pièce dans le bain, porter à une température de 60° C pendant une demi-heure et la rincer à l'eau.



2ème exemple :

- . Acide nitrique ..... 20%
- . Acide fluorhydrique ou  
fluorure de sodium ..... 2%
- . Eau ..... 78 %

Plonger la pièce dans le bain à la température ambiante pendant une demi-heure et la rincer à l'eau.

Dans les deux cas, un traitement de passivation s'impose ensuite en plongeant la pièce dans un bain composé de :

- . Acide nitrique ..... 20 %
- . Eau ..... 80 %

à la température ambiante pendant une demi-heure.

6.2. SUR METAUX LEGERS

Comme pour les aciers fortement alliés, il est indispensable d'éliminer par décapage la pellicule d'alumine (oxyde d'aluminium) adhérente en surface. Il faut souligner que cet oxyde se reformant très vite, il est nécessaire d'effectuer le décapage chimique ou mécanique immédiatement avant soudage.

6.2.1. Décapage mécanique

Il peut être réalisé à l'aide d'une brosse rotative à fils d'acier inoxydable ou d'un grattoir. A noter que l'utilisation du grattoir est nettement meilleure car, en cas de décapage à la brosse, il faut prévoir un nettoyage périodique très sérieux des brosses sous peine de polluer les pièces au lieu de les nettoyer.

6.2.2. Décapage chimique

Il doit être réalisé en utilisant des procédés acides ou basiques.

Exemples de bain de décapage pouvant être utilisés :

COMPOSITION	TEMPERATURE	DUREE d'IMMERSION	NATURE DES CUVERES
1)			
- Soude caustique en paillettes (Na OH) $\frac{1}{4}$ 5 à 10 % en poids dans l'eau (1)	60 à 80° C	30 sec à 1 mn	dans une cuve en acier ordinaire.
- Rinçage à l'eau courante (2)	ambiante	quelques sec.	
- Acide nitrique industriel 10 % en poids dans l'eau	ambiante	1 à 2 mn	dans une cuve en A8 ou en acier inoxydable ou en matière plastique.
- Rinçage à l'eau courante	ambiante	quelques sec.	
2)			
- Acide nitrique industriel 10% en poids dans l'eau + Acide fluorhydrique industriel 0,25 % en poids dans l'eau	15°	5 mn	cuve en matière plastique.
- Rinçage à l'eau courante.	15°		

CONSIGNES DE SECURITE TRES IMPORTANTES - LA MANIPULATION DES ACIDES EXIGE CERTAINES PRECAUTIONS :

- toujours verser les acides dans l'eau et non l'inverse
- toutes les opérations doivent être faites très lentement
- le port de gants et lunettes de sécurité est obligatoire
- en cas de contact d'un bain avec la peau il est impératif de laver abondamment à l'eau.

#### VII TRAITEMENTS APRES SOUDAGE

Les traitements après soudage peuvent être thermiques ou chimiques. Ils ont pour but de restituer au métal certaines propriétés ou caractéristiques qui auraient pu diminuer ou disparaître pendant l'opération de soudage.

## 7.1. TRAITEMENTS DES ACIERS FORTEMENT ALLIES

### 7.1.1. Traitements thermiques

On distingue trois grandes familles d'acier inoxydable :

- a) les aciers austénitiques
- b) les aciers ferritiques
- c) les aciers martensitiques.

#### 7.1.1.1. Aciers austénitiques

Dans les constructions soudées en aciers inoxydable austénitique, si le métal est à bas carbone, ou stabilisé, on peut dans bien des cas se passer de traitements thermiques.

Cependant, il est peut-être nécessaire : de restituer au métal sa résistance maximale à la corrosion en lui faisant subir un traitement de remise en solution des carbures (1010 à 1120° C pendant 3 mn par 2,5 mm d'épaisseur), de libérer les contraintes résiduelles en effectuant un traitement de stabilisation de 2 heures à 900° C.

#### 7.1.1.2. Aciers ferritiques

La résilience des joints sur aciers ferritiques augmente après un recuit à 800° C.

#### 7.1.1.3. Aciers martensitiques

Les assemblages soudés en acier martensitique doivent être recuits ou trempés et revenus après soudage.

### 7.1.2. Traitements chimiques

La zone bleutée irisée de part et d'autre du cordon de soudure est une oxydation superficielle pouvant être sujette à corrosion ; elle doit donc être éliminée.

Pour ce faire, on peut utiliser des moyens mécaniques (brosse rotative à fils inoxydables) et des moyens chimiques tels que : pâtes spéciales appliquées à l'aide de brosses à fils nylon ou bain de décapage.

Notons que tout décapage fait avec des pâtes ou à l'aide de bains acides doit être suivi d'un abondant rinçage à l'eau, très soigné.

Il est ensuite conseillé d'effectuer un traitement de passivation à seule fin de reconstituer le film passif existant initialement sur la surface des pièces.

On peut utiliser pour cela un bain froid d'acide nitrique à 36° B dilué à 20 %.

7.2. TRAITEMENTS DES METAUX LEGERS

Le soudage de l'aluminium et de ses alliages ne pose pas de problème particulier mis à part celui de la recristallisation.

En cas de soudage sur un métal écroui, il est nécessaire d'effectuer un martelage à froid du cordon de soudure pour restituer au cordon de soudure les propriétés du métal de base.

VIII DEFANTS DES SOUDURES ET INCIDENTS DE FONCTIONNEMENT

8.1. DEFANTS DES SOUDURES - (voir annexe)

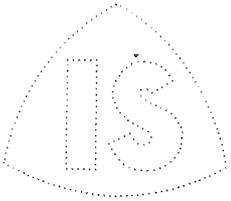
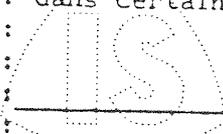
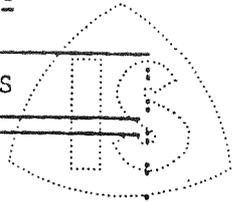
8.2. INCIDENTS DE FONCTIONNEMENT

8.2.1. Impossibilité de mise en route

INCIDENTS OU ANOMALIES :	CAUSES :	REMEDES :
Impossibilité d'amorçage	circuit d'amenée de courant défectueux	"Tester" l'ensemble de l'installation et vérifier les branchements électriques.
Malgré une mise en route correcte de l'installation le coffret de commande ne fonctionne pas.	Manque de pression d'eau.	Vérifier l'alimentation général en eau et le filtre de sécurité.
	Le fil de la gachette est coupé.	Vérifier les connexions du fil au départ du coffret de commande et à la torche.

8.2.2. Perturbations du fonctionnement de l'arc

INCIDENTS OU ANOMALIES	CAUSES	REMEDES
<p><u>Difficultés d'amorçage</u></p> <p>L'arc s'amorce et se désamorce fréquemment.</p>	<p>Tension d'amorçage insuffisante.</p>	<p>Utiliser un appareil à tension à vide plus élevée.</p>
<p>Instabilité de l'arc</p>	<p>Electrodes de l'éclateur polluées.</p>	<p>Nettoyer les électrodes et les remonter en prenant soin de respecter l'écartement prévu entre elles. Au besoin, les changer.</p>
<p>Instabilité de l'arc.</p>	<p>Diamètre de l'électrode trop fort ou intensité insuffisante.</p>	<p>Choisir un diamètre plus petit ou augmenter l'intensité de façon à obtenir une densité de courant optimale.</p>
<p>Instabilité de l'arc.</p>	<p>L'électrode est mal affûtée (insuffisamment ou trop en pointe).</p>	<p>Procéder à un réaffûtage correct de l'électrode.</p>
<p>Instabilité de l'arc.</p>	<p>Mauvaise masse ou soufflage magnétique dans certains cas.</p>	<p>Assurer un bon contact de la masse que l'on placera le plus près possible du joint.</p>
<p>Instabilité de l'arc.</p>	<p>Circuit électrique défectueux.</p>	<p>Vérifier l'ensemble de l'installation.</p>
<p>Interruption de l'arc en cours de soudage.</p>	<p>Coupure du courant d'alimentation</p>	<p>Vérifier les fusibles et tester éventuellement l'ensemble de l'installation.</p>
<p>Interruption de l'arc en cours de soudage.</p>	<p>Variation de pression d'eau.</p>	<p>Vérifier la pression d'eau de l'installation</p>
<p>Interruption de l'arc en cours de soudage.</p>	<p>Mise hors service du système de stabilisation (éclateur).</p>	<p>Régler les électrodes de l'éclateur à l'écartement voulu</p>



8.2.3. Contacts fortuits et usure anormale de l'électrode

INCIDENTS OU ANOMALIES	CAUSES	REMEDES
<p><u>Contacts fortuits</u></p> <p>- L'électrode entre en contact avec le bain de fusion.</p>	<p>Manque d'expérience de l'opérateur. Gestes mal assurés.</p>	<p>Entrainer le soudeur. Contrôler l'acuité visuelle.</p>
<p>- Le métal d'apport touche l'électrode.</p>	<p>Manque de précision dans l'apport du métal.</p>	<p>Mêmes remarques que ci-dessus et veiller à ce que les mouvements soient précis.</p>
<p><u>Usure anormale de l'électrode</u></p> <p>- Malgré un réglage correct l'électrode se désagrège.</p>	<p>L'électrode dépasse trop de la buse.</p> <p>Polarité inversée</p>	<p>Régler le dépassement de l'électrode en fonction du type de joint, et éventuellement, de la méthode de soudage (électrode rentrée au maximum en cas de soudage en position)</p> <p>Brancher la torche au pôle négatif (-)</p>
<p>- L'électrode fond</p>	<p>Densité de courant excessive.</p> <p>Nature de l'électrode non appropriée à la nuance du matériau à souder.</p>	<p>Diminuer l'intensité ou augmenter le diamètre de l'électrode.</p> <p>Choisir l'électrode qui convient :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tungstène thorié : aciers inoxydables</li> <li>- Tungstène pur : alliages légers.</li> </ul>
<p>- Pollution de l'électrode</p>	<p>- Protection insuffisante de l'électrode par l'argon.</p> <p>- Débit d'argon trop faible</p> <p>- Mauvais réglage de la temporisation.</p>	<p>- Rechercher les fuites éventuelles</p> <p>- Augmenter le débit d'argon</p> <p>- Régler le relai chronométrique</p> <p>- Casser la pointe poluée et réaffûter.</p>

8.2.4. Altération du cordon de soudure

INCIDENTS OU ANOMALIES	CAUSES	REMEDES
	Fuite dans la canalisation d'argon (rentrée d'air)	Vérifier le circuit d'argon.
-Soudure oxydée	Courant d'air au niveau de la torche	Protéger le poste de travail à l'aide de rideaux, paravents etc...
	Interruption trop rapide de l'écoulement du gaz en fin de soudure.	Augmenter le temps d'écoulement du gaz en réglant la minuterie du coffret de commande.
-Manques de décapage (sur alliages légers)	Montage défectueux de l'installation.	Brancher une batterie de condensateur de capacité appropriée dans le circuit.
-Traces noires de chaque côté de la soudure. (sur alliages légers).	Pièces ou métal d'apport mal décapés.	Décaper efficacement les bords à souder ainsi que le métal d'apport. Ne pas mettre les doigts sur les parties apprêtées.
	Electrode oxydée	Eliminer la partie intéressée.

IX - HYGIENE ET SECURITE

9.1. PROTECTION CONTRE LES DANGERS DU COURANT ELECTRIQUE

Les consignes de sécurité relatives aux générateurs de courant utilisés en soudage TIG sont identiques à celles concernant les appareils de soudage à l'arc avec électrodes enrobées, à savoir :

- utilisation de conducteurs isolés
- mise à la terre des appareils
- installation de dispositifs de coupure automatique du courant en cas de défaillance de la mise à la terre.

La protection contre les dangers du courant électrique est complète par :

- le port de gants isolants au cours du soudage.
- l'utilisation de boîtes isolées ou de supports pour déposer la torche entre les opérations de soudage.

## 9.2. PROTECTION CONTRE LES RAYONNEMENTS EMIS PAR L'ARC

Les rayonnements émis par l'arc en soudage TIG sont beaucoup plus importants que ceux émis par l'arc avec électrodes enrobées.

Ultra violet : 3 à 4 fois plus important  
Infra rouge : 1,5 fois plus intense.

Il est donc nécessaire de protéger la vue contre ces rayonnements à l'aide de filtres de protection oculaire dont le choix sera effectué en fonction de la nature des matériaux et des intensités de soudage. (voir tableau page 27 bis)

La protection de la tête se fera au moyen d'un casque préférentiellement au masque à cause de la nécessité d'avoir les 2 mains libres.

Le corps sera protégé à l'aide d'un tablier de cuir et l'entourage au moyen de paravents ou rideaux réalisés en matériaux incombustibles.

Des peintures anti-réfléchissantes devront être utilisées en tant que de besoin.

## 9.3. PROTECTION CONTRE LES FUMÉES ET LES GAZ

Signalons que l'argon est un gaz non toxique, mais que, inhalé en grande quantité, il peut provoquer l'asphyxie par manque d'oxygène. Celui-ci étant plus lourd que l'air une surveillance toute particulière sera effectuée pendant les opérations de soudage au fond de cuves par exemple, pour éviter la formation d'une nappe d'argon stagnante dans les parties basses.

Les dispositions concernant la ventilation des locaux sont identiques à celles préconisées du soudage électrique à l'arc avec électrodes enrobées.

Signalons toutefois que les aspirations mobiles ne devront pas se situer trop près de la torche, pour ne pas perturber l'écoulement de la veine d'argon protectrice.

Notons enfin que le trichloréthylène utilisé pour le dégraissage des pièces à souder, est transformé en phosgène (gaz très toxique) par le rayonnement ultra violet de l'arc électrique. Le nettoyage des pièces s'effectuera donc avec le produit en phase gazeuse, dans un local séparé et parfaitement isolé des aires de soudage.

GUIDE POUR LE CHOIX DES FILTRES DE PROTECTION OCULAIRE  
EN FONCTION DU PROCÉDÉ DE SOUDAGE A L'ARC ÉLECTRIQUE ET DE L'INTENSITÉ DU COURANT

D'après le projet de norme ISO/DIS 4850 du 5 mai 1977

PROCEDES	INTENSITE DU COURANT EN AMPERES (efficaces)																			
	10	15	20	30	40	60	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500
Electrodes enrobées				9	10			11						12				13		14
MIG sur métaux lourds								10		11				12				13		14
MIG sur alliages légers								10		11			12		13				14	15
TIG sur tous métaux et alliages		9	10	11					12			13						14		
MAG				10				11		12				13				14		15

Ce tableau permet à l'opérateur de lire à l'intersection de la colonne correspondant à l'intensité du courant et de la ligne mentionnant le procédé de soudage, le numéro du filtre qui doit guider son choix. L'opérateur devra, à partir de cette indication, procéder à un essai direct et, le cas échéant, accroître ou diminuer l'opacité d'un échelon pour obtenir les conditions de vision qui lui conviennent pour l'exécution de la tâche qu'il a à accomplir.

Débit des gaz (coefficient de correction) :

Lorsqu'on utilise un débitmètre Argon pour faire un renvoi à l'envers d'une soudure, avec un autre gaz, il faut appliquer un coefficient de correction qui se calcule de la façon suivante :

Extrait de la norme NFA 84.432 ci-dessous, § 8.1.3 "Formule de correction"

$Q_1$  étant le débit mesuré avec un gaz de masse volumique  $\rho_1$ , le débit  $Q$  correspondant au gaz ou au mélange de gaz de masse volumique  $\rho$  pour lequel le débitmètre est gradué, est donné par :

$$Q = Q_1 \sqrt{\frac{\rho}{\rho_1}}$$

NOTA : Dans les conditions normales de température et de pression (23°C, 1,013 bar), les masses volumiques des gaz pris en considération sont :

Anhydrique carbonique	: 1,87 g/l
Argon	: 1,65 g/l
Air	: 1,21 g/l
Azote	: 1,16 g/l
Hélium	: 0,17 g/l
Hydrogène	: 0,083 g/l

Exemple d'application : Je désire pour un revoi envers, un débit d'azote de 8 litres/minute. Dans ce cas, je devrais afficher sur le cadran de mon débitmètre Argon :

$$Q = 8 \sqrt{\frac{1,65}{1,16}}$$

$$Q = 8 \times 1,19 = \underline{9,52 \text{ litres}}$$

Remarque : Nous reproduisons ci-dessous un tableau sur lequel figurent les coefficients correcteurs tout calculés. On y retrouve à la croisée de lignes Argon / Azote, le coefficient 1,19.

Gaz pour lequel est étalonné le débitmètre	Acétylène	Anhydride Carbonique	Argon	Azote	Butane	Ethane	Ethylène	Hélium	Hydrogène	Krypton	Méthane	Oxyde de Carbone	Oxygène	Propane	Propylène	Protoxyde
Air	1,05	0,81	0,85	1,01	0,70	0,98	1,01	2,69	3,81	0,58	1,34	1,01	0,95	0,80	0,82	0,8
Oxygène	1,10	0,85	0,90	1,97	0,73	1,02	1,06	2,83	3,99	0,62	1,41	1,07	1	0,84	0,86	0,8
Azote	1,03	0,79	0,84	1	0,68	0,96	0,99	2,64	3,74	0,58	1,32	1	0,93	0,79	0,80	0,7
Argon	1,23	0,95	1	1,19	0,82	1,14	1,19	3,16	4,46	0,69	1,58	1,19	1,12	0,74	0,97	0,9
Hydrogène	0,28	0,21	0,22	0,27	0,18	0,26	0,26	0,71	1	0,15	0,35	0,27	0,25	0,21	0,21	0,2

## IMPORTANT

Sous oxygénation et sur oxygénation dans les opérations de soudage et de coupage.

Risques qui en découlent.

Il arrive que le soudeur se trouve à son insu dans une situation critique au cours de son travail, du fait d'une modification de l'atmosphère qui l'entoure.

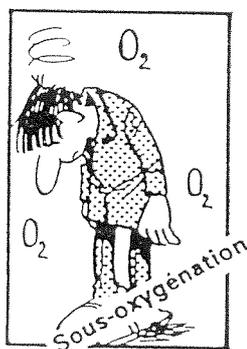
En particulier l'air s'appauvrit en oxygène, ce qui crée le risque d'un malaise, voire d'asphyxie. Ce phénomène est plus sensible avec les procédés TIG et MIG utilisant de l'argon qui, comme nous le savons, est plus lourd que l'air.

A l'inverse, l'air s'enrichit en oxygène, ce qui crée un risque d'inflammation ou de combustion accélérée. Phénomène rencontré en particulier en soudage oxyacétylénique.

### QUEL QUE SOIT LE PROCÉDE DE SOUDAGE UTILISÉ, LE SOUDEUR DOIT ÊTRE VIGILANT.:

- ne travaillez pas seul en atmosphère confinée
- attention à l'accumulation d'argon dans les parties basses
- vérifiez et entretenez le matériel
- ne confiez pas votre matériel de soudage sans vous être assuré de la compétence de la personne qui devra l'utiliser
- n'utilisez pas l'oxygène pour remplacer l'air comprimé, etc.....

• En dessous :



ASPHYXIE

• Au-dessus :



INFLAMMATION

- Il y a normalement 21 % d'oxygène dans l'air.