

S4.1

**SOUDAGE – PREPARATION
– CONTRÔLE – DMOS**

Nom: _____

Date: _____

PROCEDES DE SOUDAGE

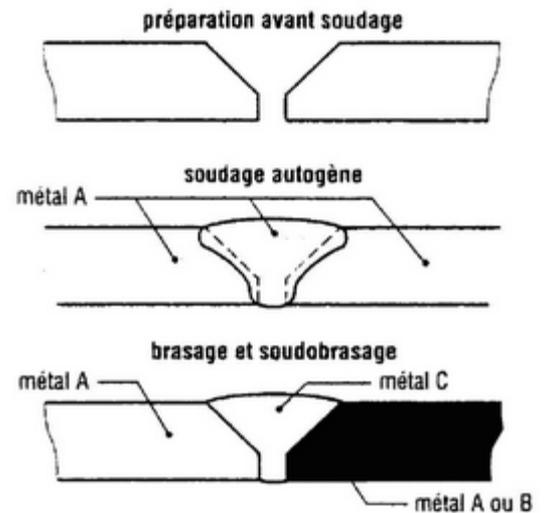
1) Définition:

Le soudage consiste à assembler deux pièces de métal (A) en provoquant simultanément une fusion de leurs bords et en ajoutant d'un métal d'apport (il est dit hétérogène).

Autogène : fusion du métal de base et du métal d'apport

hétérogène : le métal de base n'est pas fondu, il n'y a que le métal d'apport qui est fondu (soudobrasage, brasage)

Procédés de soudage (norme NFE 04 021)



2) Historique:

Soudage arc électrique avec électrode enrobée:

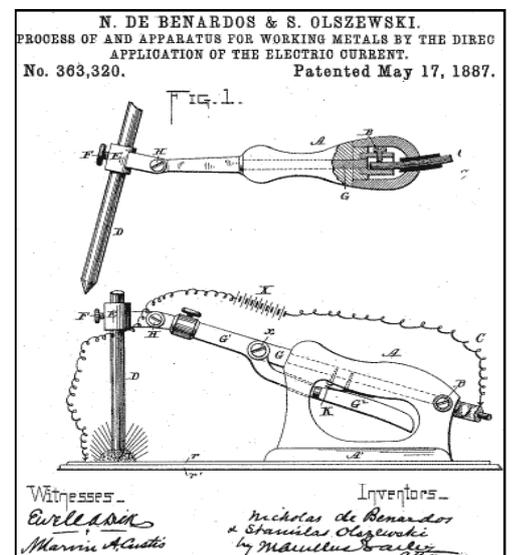
1811 : l'arc électrique fut mis en évidence par SIR Humphry Davy (UK) chimiste anglais qui découvrit la lampe de sureté pour mineur.

1855 : Nicolas de Bernados et Olzerski (RU) mirent au point un procédé dans lequel l'arc électrique éclate entre une électrode de charbon et la pièce à souder. La qualité de soudure était médiocre.

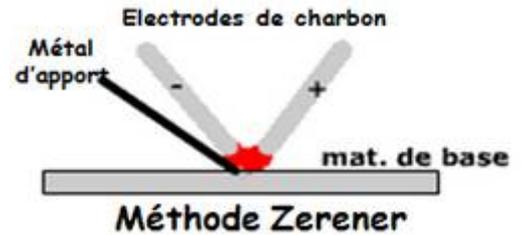
1889 : Zerener (US) fit éclater un arc électrique entre deux électrodes de charbon et en apportant du métal d'apport. Ce procédé fut amélioré plus tard par WEIBEL.

1904, Oscar Kjellberg (SU), qui a créé ESAB, invente et brevète l'électrode enrobée.

1924 : Bernohod (FR) présente le procédé qui permet de faire fondre une électrode fusible par un porte électrode.



Le soudage à l'électrode enrobée est actuellement le plus répandu car ils existe une multitude d'électrodes (enrobage) qui permettent tous types d'assemblages dans différentes positions.



Soudage chalumeau OA

1901 : Picard et Foucher (FR) inventent le chalumeau oxyacétylénique (mélange de gaz oxygène et acétylène), qui permet de souder, braser.



De nos jours le soudage oxyacétylénique n'est employé que par les chauffagistes ou dans des cas spéciaux de fabrications

Il est remplacé par le soudage MIG MAG qui permet de souder rapidement .

Soudage par points

1877 ELIHU TOMSON (US) invente le procédé de soudage par résistance

1919 David SCIAKY (US) met un brevet de mise au point du soudage par résistance

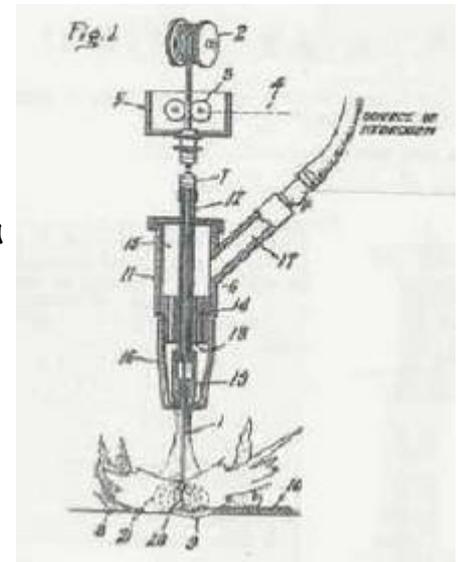
Procédé beaucoup utilisé dans l'industrie automobile pour le soudage des tôles fines.



Procédé MIG MAG

1924 : Alexandre (US) met au point un procédé dans lequel un arc électrique éclate dans une atmosphère protectrice entre un fil et la pièce a souder. Cette invention établit les règles du procédé MIG qui développera après la guerre de 1940.

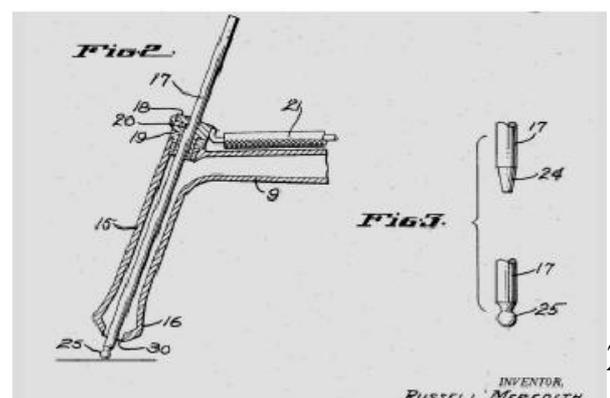
1949 : Al Muller, Glen Gibson et Nelson Anderson (US) mettent un brevet nommé Airco.



Procédé TIG

1924 LANGMUR (US) obtient un brevet dans lequel un arc électrique éclate entre deux électrodes de tungstène sous une atmosphère d'hydrogène. Ce procédé fut appelé hydrogène atomique puis dérivera en TIG.

1941 Russell Meredith (US) invente le procédé TIG.



3) Codification des soudures:

Afin de reconnaître le type de soudage, une codification normalisée à été réalisée :

Soudage à l'arc électrique	11	Soudage à l'arc avec électrode fusible sans protection gazeuse
	111	Soudage à l'arc avec électrode enrobée
	112	Soudage à l'arc par gravité avec électrode enrobée
	113	Soudage à l'arc au fil nu
	114	Soudage à l'arc au fil fourré
	115	Soudage à l'arc au fil enrobé
	118	Soudage à l'arc avec électrode couchée
	12	Soudage à l'arc sous flux en poudre soudage a l'arc sous flux
	121	Soudage à l'arc sous flux en poudre avec fil électrode
	122	Soudage à l'arc sous flux en poudre avec électrode en bande
	13	Soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil électrode fusible
	131	Soudage MIG soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil électrode fusible
	135	Soudage MAG soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil électrode fusible
	136	Soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil électrode fourré
	14	Soudage sous protection gazeuse avec électrode réfractaire
	141	Soudage TIG soudage sous atmosphère inerte avec électrode de tungstène
	149	Soudage à l'hydrogène atomique
	15	Soudage au plasma
	18	Autre procédé de soudage à l'arc
	181	Soudage à l'arc avec électrode au carbone
185	Soudage à l'arc tournant	

Soudage par résistance	21	Soudage par point (par résistance)
	22	Soudage à la molette
	221	Soudage à la molette par recouvrement
	225	Soudage à la molette avec feuillard
	23	Soudage par bossage
	24	Soudage par étincelage
	25	Soudage en bout par résistance pure
	29	Autre procédé de soudage par résistance
	291	Soudage par résistance à haute fréquence

Soudage aux gaz	31	Soudage oxygaz
	311	Soudage oxyacétylénique
	312	Soudage oxypropane
	313	Soudage oxydrique
	32	Soudage aérogaz
	321	Soudage aeroacétylénique
	322	Soudage aéropropane

Soudage par pression	41	Soudage par ultrason
	42	Soudage par friction
	43	Soudage à la forge
	44	Soudage par haut énergie mécanique
	441	Soudage par explosion
	46	Soudage par diffusion
	47	Soudage aux gaz par pression
	48	Soudage à froid

Brasage	91	Brasage fort
	911	Brasage fort par infrarouge
	912	Brasage fort au gaz
	913	Brasage fort au four
	914	Brasage fort au trempé
	915	Brasage fort au bain de sel
	916	Brasage fort par induction
	917	Brasage fort par ultrason
	918	Brasage fort par résistance
	919	Brasage fort par diffusion
	923	Brasage fort par friction
	924	Brasage fort sous vide
	93	Autres procédés de brasage fort
	94	Brasage tendre
	941	Brasage tendre par infrarouge
	942	Brasage tendre aux gaz
	943	Brasage tendre au four
	944	Brasage tendre au trempé
	945	Brasage tendre au bain de sel
	946	Brasage tendre par induction
	947	Brasage tendre par ultrasons
	948	Brasage tendre par résistance
	949	Brasage tendre par diffusion
	951	Brasage tendre à la vague
	952	Brasage tendre au fer
	953	Brasage tendre par friction
	954	Brasage tendre sous vide
	96	Autres procédés de brasage tendre
	97	Soudobrasage
	971	Soudobrasage au gaz
972	Soudobrasage à l'arc	

Autres procédés de soudage	71	Soudage aluminothermique
	72	Soudage sous laitier
	73	Soudage électrode
	74	Soudage par induction
	75	Soudage par radiation lumineuse
	751	Soudage au laser
	752	Soudage par image d'arc
	753	Soudage par infrarouge
	76	Soudage par faisceau d'électrons
	77	Soudage électrique par percussion
	78	Soudage des goujons
	781	Soudage à l'arc des goujons
	782	Soudage des goujons par résistance

DESIGNATION DES SOUDURES

1) Généralités :

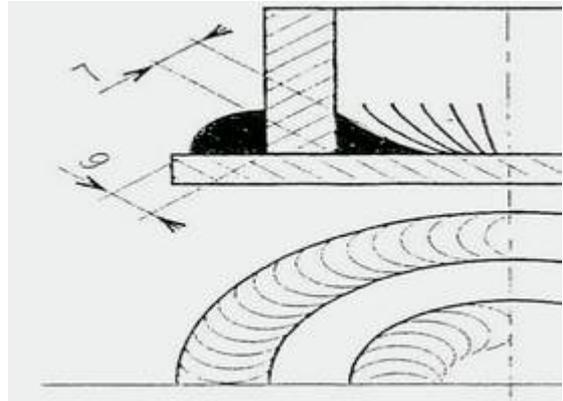
Les plans de fabrication d'un ensemble soudé comporte souvent des indications graphiques particulières relatives à l'exécution des soudures. Cette symbolisation graphique est normalisée suivant la norme NF EN 22553 de Août 1994 et comporte plusieurs éléments symboliques.

2) Représentation normalisée des soudures :

Sur les dessins deux types de représentations sont utilisées :

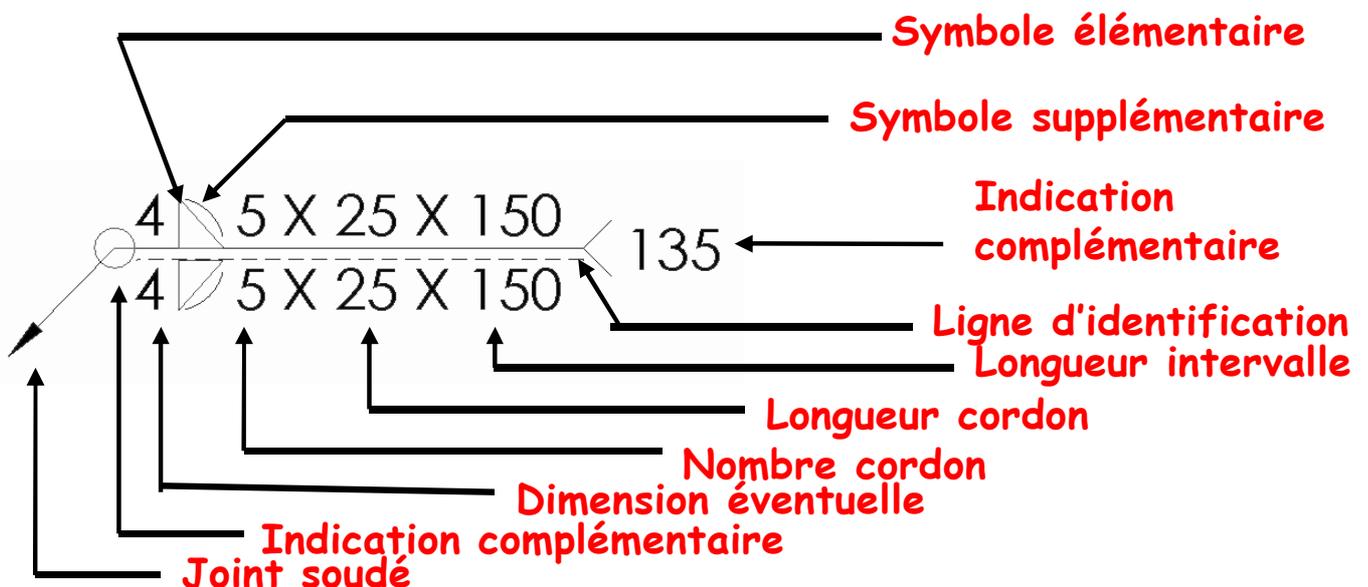
A) Représentation simplifiée :

Elle utilise peu de symboles, elle est réalisée à partir de triangle ou de vé noircis chaque fois que la vue correspond à une section droite du cordon (vue de face ou coupe) et par succession de petit trait curviligne dans les autre cas (vue de dessus).



B) Représentation symbolique normes internationale :

Les cordons ne sont pas dessinés, seule la ligne du joint est représentée. La forme et les dimensions de la soudure sont indiquées sous forme d'une cotation composée d'une ligne repère, ou flèche, et d'une ligne de référence portant une série de symboles et indication normalisées. Vous pouvez trouver sur le plan de fabrication des combinaisons de symboles élémentaires pour une même soudure.



a) soudure du côté de la ligne de repère



b) soudure du côté opposé à la ligne de repère



Symbolisation complémentaire :

Combinaison de symboles élémentaire :

	Soudure périphérique		Référence à une information
	Soudure chantier		
	Procédé de soudage 141		

	Soudure en double V ou X		Soudure en K avec méplat
	Soudure en K		Soudure en double U
	Soudure en X avec méplat		

Symboles élémentaires :

sur bords relevés complètement fondus		JL	Reprise à l'envers		
sur bords droits		II			
en V		V	D'angle		
en demi V		V			
en Y		Y	Bouchon ou entaille		
en demi Y		Y	Par points		
en U (ou en tulipe)		U	En ligne continue avec recouvrement		
en demi U (ou en J)		U			

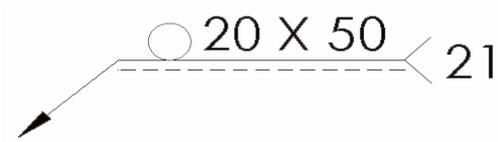
Symbolisation supplémentaire :

Peut être complétée par un symbole supplémentaire de forme de la surface extérieur de la soudure en précisant son aspect. L'absence de symbole indique que l'aspect n'est pas précisé

	Les bords doivent être convenablement mouillés		Soudure convexe		Soudure en V avec support envers provisoire
	Support à l'envers subsistant		Soudure concave		Soudure en V avec méplat convexe et reprise envers
	Support à l'envers enlevable		Soudure plate		Soudure en V endroit et U envers plate

Précise certaines conditions d'exécution de la réalisation de la soudure

3) Exercices :



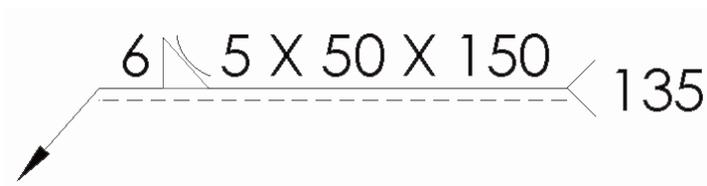
 :

..... :

 :

20 :

21 :



6 :

 :

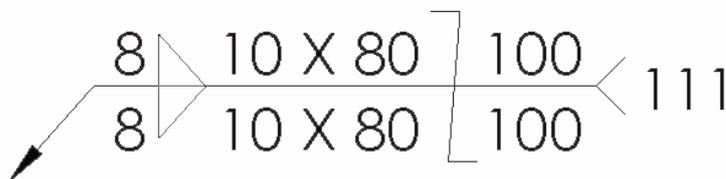
5 :

150 :

50 :

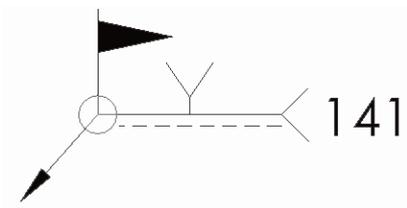
135 :

 :



Z :

111 :



 :

 :

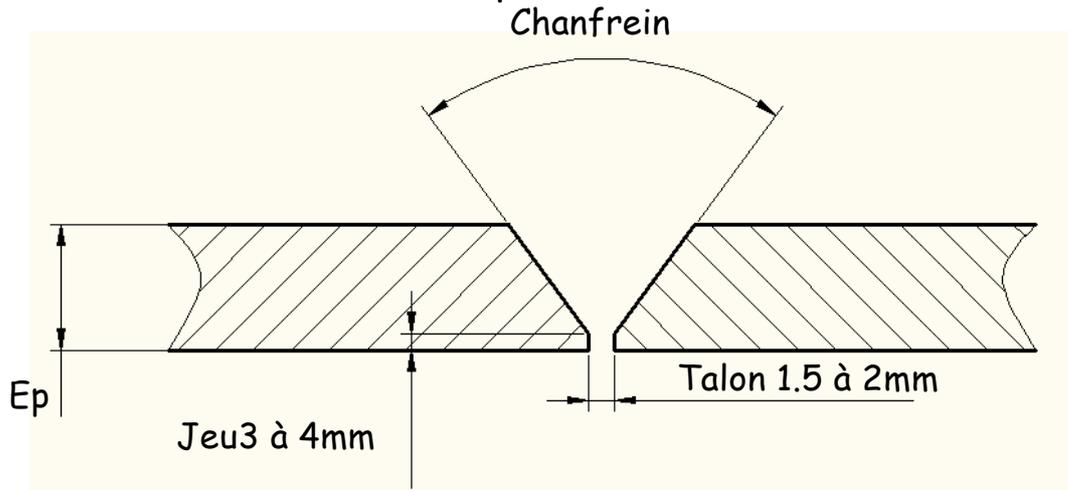
y :

141 :

PREPARATION DES JOINTS A SOUDER

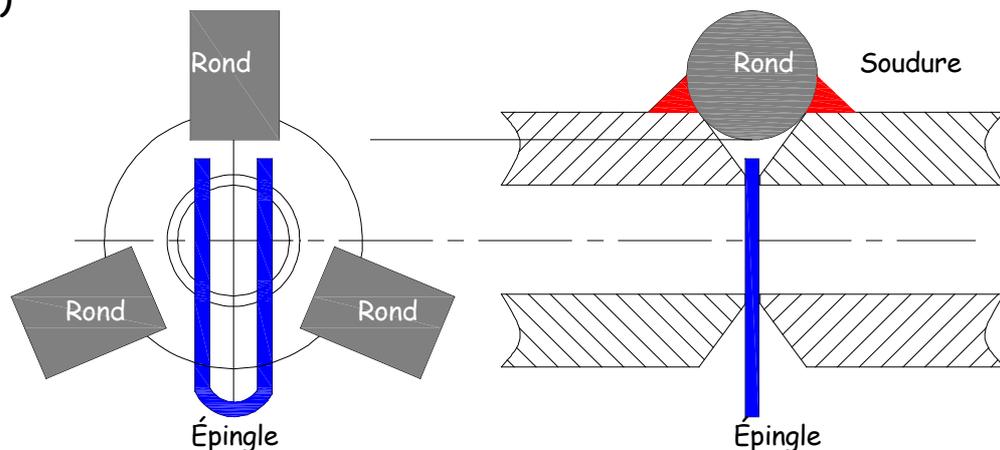
La pièce doit être préparée avant le soudage avec certaines règles, qui peuvent être établies dans le DMOS. Les joints à souder doivent être :

- Sans peinture, ni graisse, oxydation...
- Blanchis (meule) évite les impuretés dans la soudure



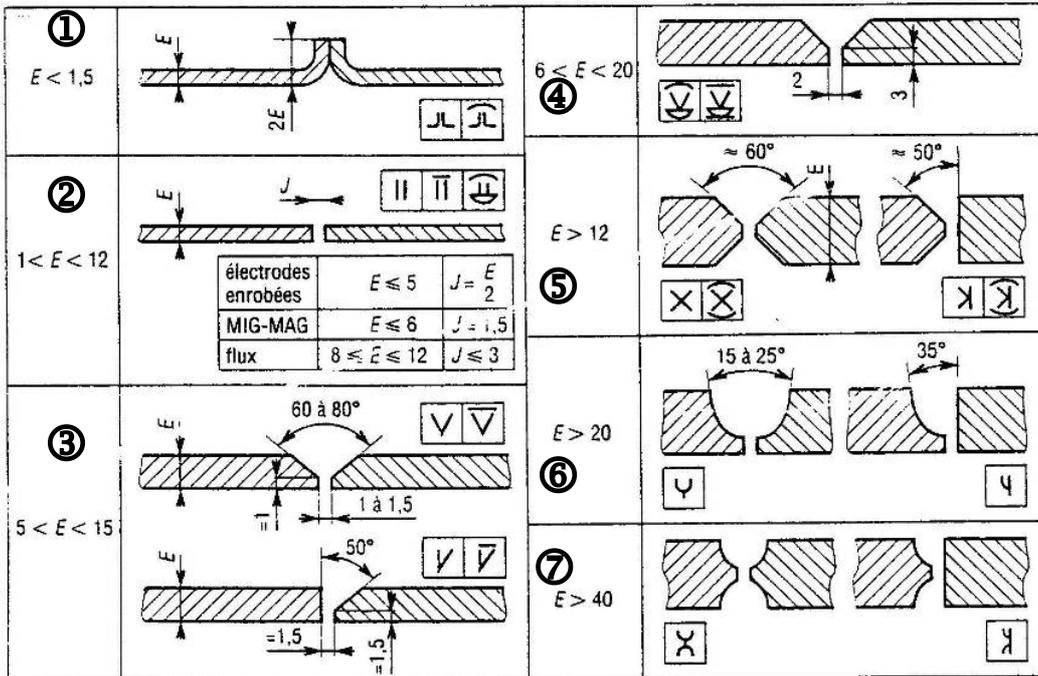
Suivant l'épaisseur de la pièce (minimum 5 mm) :

- Un type de **chanfrein** approprié (réaliser par : oxycoupage ; usinage, meulage...)
- Un **talon** (de 1.5 à 2mm)
- Un **jeu** est nécessaire pour une bonne pénétration (placer une âme d'électrode en épingle sur les surfaces pour obtenir le jeu approprié)

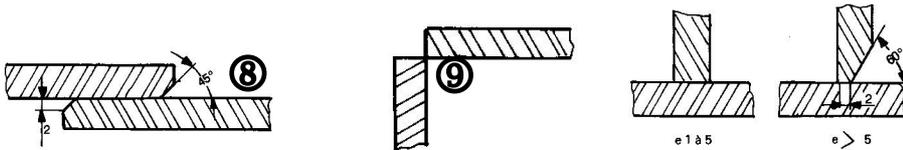


On placera des rondins (\varnothing est proportionnel au diamètre du tube ou de la masse de la pièce), ils sont répartis et soudés sur la périphérie de la préparation. Ils doivent être soudés à l'extérieur du chanfrein afin de ne pas abîmer le talon de la préparation.

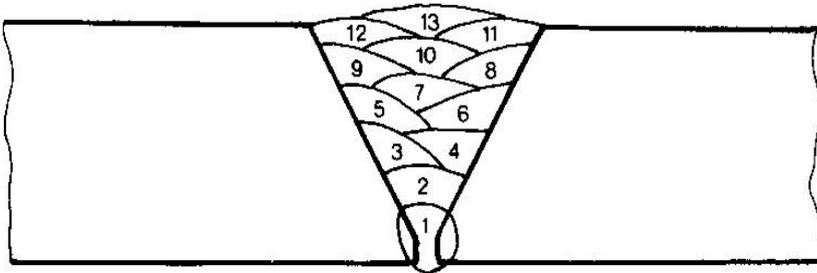
Types de préparations:



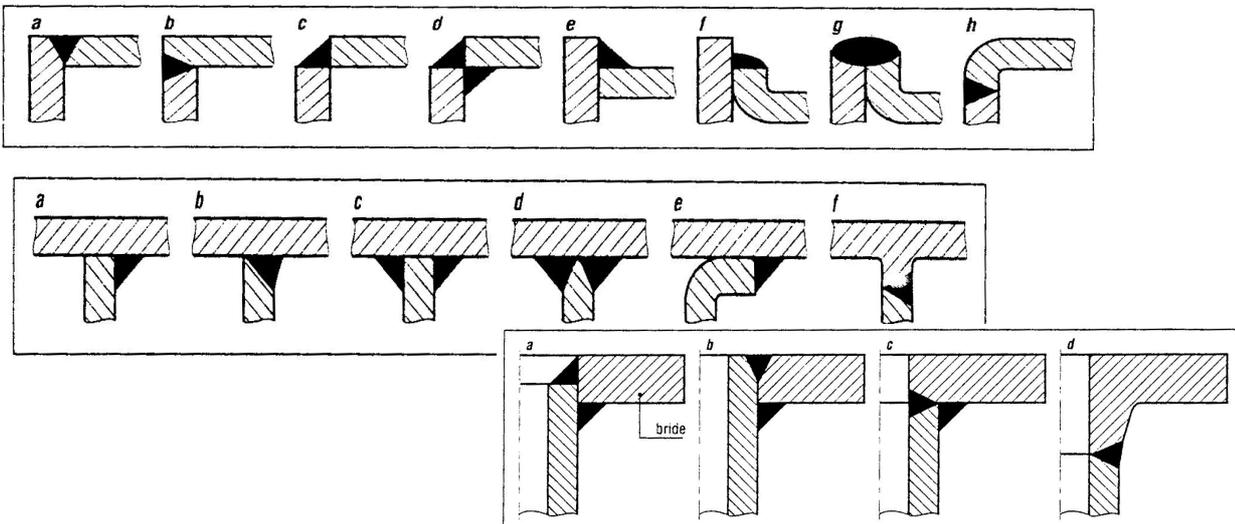
- ① Bord relevé
- ② Bord a bord avec ou sans jeu
- ③ Chanfrein Y
- ④ Chanfrein Y
- ⑤ Chanfrein X avec talon
- ⑥ Tulipe ou U
- ⑦ Double tulipe ou double U
- ⑧ A clin
- ⑧ Chanfrein naturel
- ⑨ En angle



Exemple de répartition des passes:



Exemples de types de cordons:

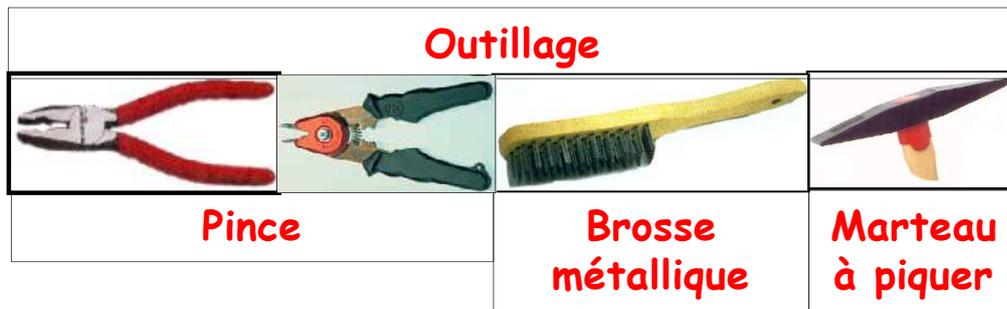


SECURITE LORS DU SOUDAGE

Lors du soudage des règles de sécurité doivent être appliquées:
 - Le poste doit avoir aucune anomalie (fil électrique, tuyau, poste,...)
 - Des rayons lumineux sont émis par l'arc de soudage et il peut aussi avoir des projections , c'est pour cela que l'on utilise des protections personnelles et collective , ainsi que de l'outillage :

EPI : équipement de protection individuelle



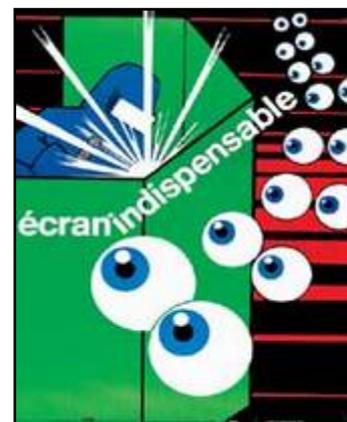


- Le verre de soudage doit être adapté a votre travail

Procédé de soudage	INTENSITÉ AFFICHÉE DU COURANT DE SOUDAGE EN AMPÈRES																
	0,5	2,5	10	20	40	80	125	175	225	275	350	450					
	1	5	15	30	60	100	150	200	250	300	400	500					
TIG / 141 / GTAW			9	10	11	12	13	14									
MMA / 111 / SMAW				9	10	11	12	13									
MAG / 135 / GMAW				10	11	12	13	14									
MAG FF / 136 / FCAW					10	11	12	13									
MIG / 131 / GMAW						10	11	12	13								

Les domaines d'utilisation des procédés de soudage et les valeurs d'intensités indiquées sont données à titre indicatif
 Le numéro de teinte du verre protane peut être immédiatement inférieur ou supérieur à la valeur indiquée selon l'acuité visuelle et l'âge du soudeur

- Un réglage approprié de l'intensité et ou du débit de gaz
- Préparer votre poste de travail pour travailler dans la meilleur position
- Installer les protections collectives :



- Ventiler votre zone de travail contre les risques d'intoxication
- Nettoyer et ranger votre poste de travail



Gaz de protection en soudage

Suivant les fabricants les mélanges gazeux portent un nom différents, mais la composition ne change pas

Ar = argon He = hélium O² = dioxygène CO² = dioxyde de carbone N²=di azote

Désignation du produit	Groupe selon norme EN 439	Composition						Applications typiques
		Ar	He	O ₂	CO ₂	H ₂	N ₂	
Argon	I1	X						TIG/MIG
Argon U	I1	X						TIG/MIG
Hélium 4.5	I2		X					TIG/MIG
Alumix He 70	I2	X	X					TIG/MIG
Alumix He 50	I3	X	X					TIG/MIG
Alumix He 30	I3	X	X					TIG/MIG
Alumix N	S I1	X					X	TIG/MIG
Alumix He 15 N	S I3	X	X				X	TIG/MIG
Alumix He 50 N	S I3	X	X				X	TIG/MIG
Inoxmix H 3	R1	X				X		TIG/Plasma
Inoxmix H 5	R1	X				X		TIG/Plasma
Inoxmix H 7	R1	X				X		TIG/Plasma
Inoxmix X 1	M13	X		X				MAG
Inoxmix C 2	M12	X			X			MAG
Inoxmix He 15 C 2	M12(1)	X	X		X			MAG
Ferromix C 8	M21	X			X			MAG
Ferromix C 18	M21	X			X			MAG
Ferromix X 4	M22	X		X				MAG
Ferromix C 5 X 5	M23	X		X	X			MAG
Ferromix C 15 X 5	M24	X		X	X			MAG
CO₂ technique	C1				X			MAG
Gaz de protection (mélanges N₂-H₂)	F2					X	X	Protection envers



1. Symbole de danger, classe et numéro UN.
2. Phrase de risque.
3. Dénomination du gaz contenu dans la bouteille.
4. Phrases de sécurité à observer.
5. Numéro de l'étiquette
6. Nom du fabricant ou responsable de la mise sur le marché.
7. Pression de la bouteille.
8. Charge.

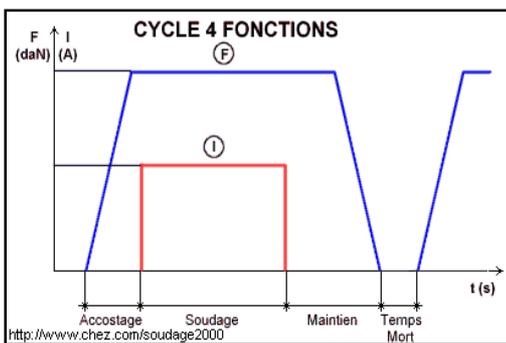
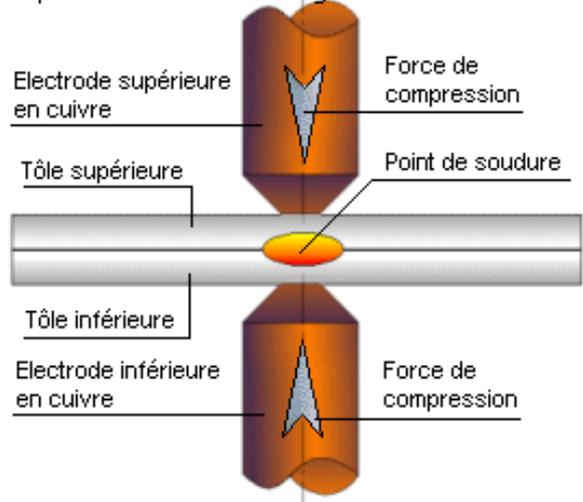
PROCÉDE 21

Soudage par point par résistance

1) Principe :

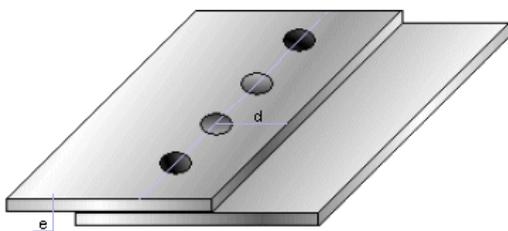
Les pièces à souder sont superposées et sont serrées localement entre deux électrodes en alliage de cuivre. L'ensemble pièces / électrodes est traversé par un courant de soudage qui provoque une élévation de température par effet Joule et la fusion localisée des deux pièces dans la zone de positionnement des deux électrodes.

<http://www.chez.com/soudage2000>



Le cycle est réalisé en 4 temps :

- Accostage de la pièce
- Soudage (intensité ampères)
- Maintien (temps en seconde)
- Temps mort entre deux points



La distance minimale entre le point de soudure et le bord de la pièce env 2 fois l'épaisseur + 4 mm

Les points doivent être séparés par 3 fois le diamètre du point de soudure



Pour un bon soudage les tôles doivent être propre sans peinture, rouille, calamine, puis décapées ou meulées.

Pour contrôler un bon soudage réaliser un **déboutonnage** de la pièce.

2) Utilisations;

- Rapidité d'exécution
- Limitation des déformations
- Absence de préparation des bords à souder
- Possibilité d'automatisation
- Assemblage uniquement par recouvrement
- Épaisseur soudée limitée à la puissance de la machine

3) Matériaux concernés;

- Permet le soudage de différents métaux comme l'acier, l'inox, l'aluminium...

4) Poste - électrode;

Toutes les machines sont faites sur le même principe, on a deux électrodes (une fixe, l'autre mobile) en alliage de cuivre, refroidies par un circuit d'eau.

Les machines peuvent être : portatives, Fixes

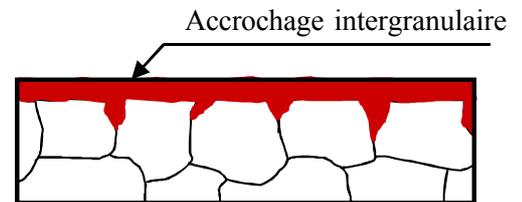


Le diamètre de contact de l'électrode doit être d'environ **2 fois l'épaisseur de la pièce à souder + 3 mm** et sont chanfreinées (angle de **120°**)

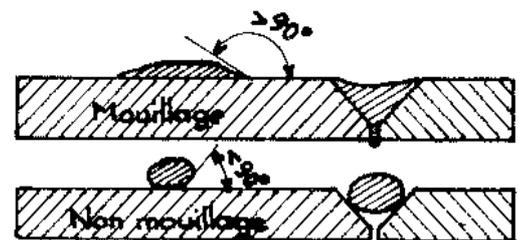
PROCÉDE 97 Soudobrasage

1) Principe :

Le soudobrasage est un procédé de soudage hétérogène c'est l'assemblage de deux métaux de nature identique ou différentes par l'utilisation d'un métal d'apport (laiton) dont le point de fusion est inférieur à celui des deux autres. On utilise un chalumeau oxyacétylénique afin d'apporter une chaleur entre 700 et 900 °C. Le métal d'apport accompagné d'un flux décapant qui sera fondu afin d'obtenir un bon mouillage. Les surfaces doivent être propre et d'une certaine rugosité afin que la soudure accroche sur les bords à souder.



LE MOUILLAGE



Réglage du débit de la buse :

- **Bord à bord** : 50 à 60 l/h par mm d'épaisseur.
- **En angle** : 75 à 80 l/h par mm d'épaisseur

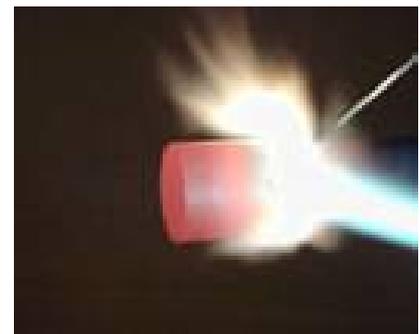
Choix du métal d'apport: Le diamètre sera de 2 mm jusqu'à des épaisseurs à souder de l'ordre de 3mm, au dessus, le diamètre sera égale au 3/4 de l'épaisseur.

Il existe aussi d'autre technique de brasage qui varient suivant la chaleur en °C et le métal d'apport:

- **Brasage fort 91** : température de fusion de 400 à 600°C, soudage cuivre, zinc, laiton, acier, inox,
- **Brasage tendre 94** : température de fusion de inférieure à 450°C, Cuivre, laiton, bronze, zinc, plomb

2) Utilisations;

- Réparations de pièces
- Assemblage de métaux différent
- Moins de déformation que le soudage OA
- température de fusion moins élevée



3) Matériaux concernés;

- Permet le soudage de différents métaux comme l'acier, l'inox,, acier galvanisés, l'aluminium, fonte, cuivre...

4) Produit d'apport - gaz - matériel;

Gaz:

L'acétylène: ogive marron, tuyau rouge, pression de la bouteille 15 bar, pression d'utilisation 0.2 à 0.8 bar.

Il est obtenu par réaction de l'eau sur du carbure de calcium.

L'oxygène: ogive blanche, tuyau bleu, pression de la bouteille 200 bar, pression d'utilisation 1 à 2.5 bar

Il est obtenu par liquéfaction de l'air.

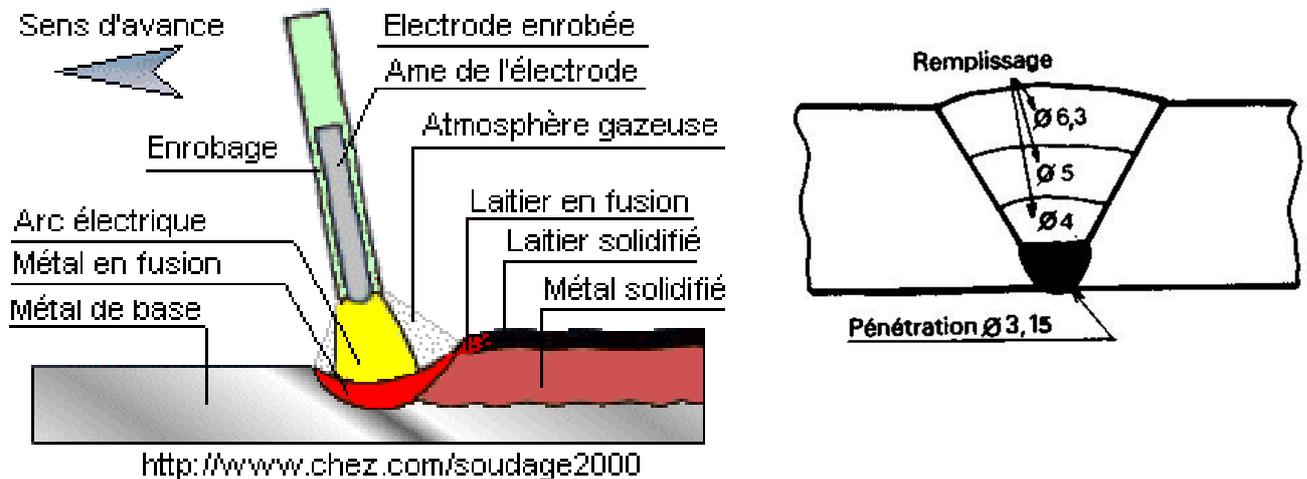
Le métal en **laiton (cuivre + zinc)** baguette de fil de \varnothing 2 mm à \varnothing 4,0 mm, qui peut être recouvert d'un flux poudre décapante ou bien le décapant est à coté et se retrouve sous différentes formes : liquide, en poudre, en gaz.



PROCEDE 111

Soudage à l'arc électrique avec électrode enrobée

1) Principe :



Le procédé de soudage à l'arc électrique avec électrodes enrobées SAE (111) est un soudage autogène qui consiste à mettre en fusion les pièces à souder par une très haute température fournie par l'arc électrique (au moins 3000 °) et d'apporter un métal d'apport de même nature que la pièce à souder (c'est le rôle de l'âme de l'électrode)

Intensité de soudage à plat:

Intensité en ampères = 50 X (Ø de l'électrode - 1)

Intensité de soudage en angle:

Intensité en ampères = 50 X (Ø de l'électrode - 1) + 20%

2) Utilisations:

- Économique (car beaucoup utiliser)
- Souder dans différents lieux (atelier ou chantier) et différentes positions
- Grande résistance des soudures



3) Matériaux concernés:

- Permet le soudage de différents métaux comme l'acier, l'inox, la fonte, l'aluminium...

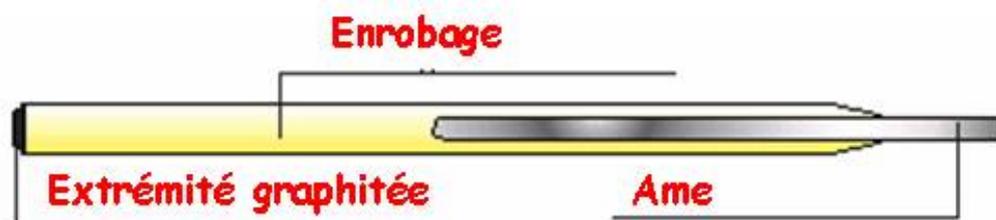
4) Produit d'apport - matériel:

Les électrodes ont différents types d'enrobages, leur utilisation et le diamètre (1.6 à 8mm) est choisis suivant le travail à réaliser, en voici quelques une:

- **Rutile (R)** ou enrobage rutile épais (RR) : pour les travaux courants.
- **Basique (B)** pour les travaux relevant des caractéristiques mécaniques (**elle sont étuvées**).
- Cellulosique (C) pour les soudures à forte pénétration en position descendante (travail pipeline).

Les plus utilisées seront l'électrode rutile et basique

	Rutile	Basique
Laitier	Se détache facilement.	Facile à enlever, peu abondant, aspect vitreux.
Qualité	Très bonne.	Excellente. Très résistant à la fissuration.
Utilisation	Tous travaux courants.	Travaux de qualité et/ou en position.
Polarité	Négative -	Positive + sauf pour la pénétration -



Etuves

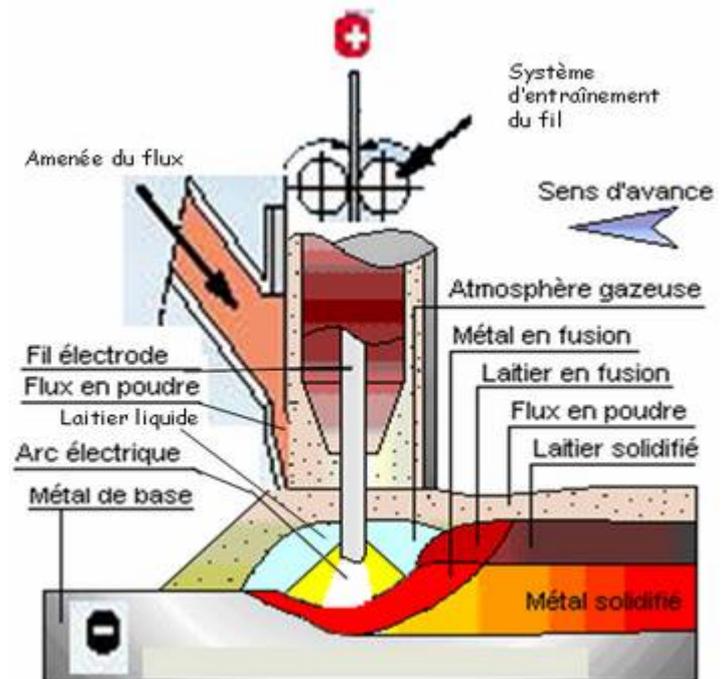


PROCÉDE 121

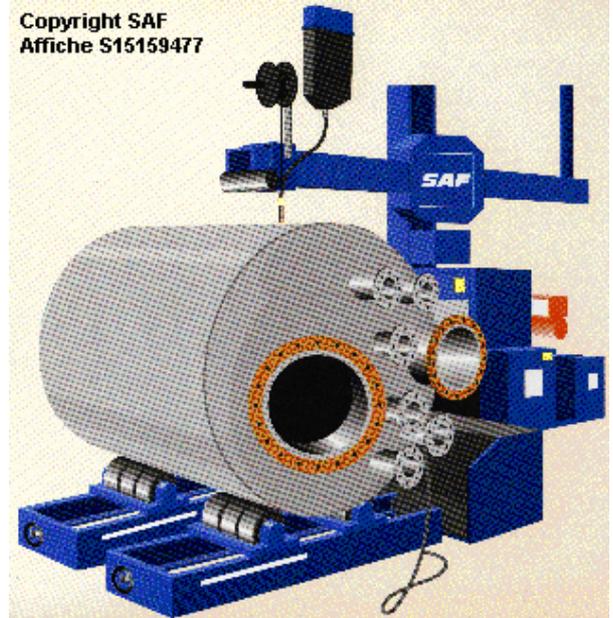
Soudage à l'arc sous flux solide avec fil électrode

1) Principe :

Le soudage à l'arc sous flux solide électro-conducteur est réalisé à partir d'un arc électrique créé et entretenu entre le fil électrode d'apport de métal dévidé à une vitesse constante et la pièce à souder. Un dépôt continu de flux en poudre (parfaitement étuvé et de granulométrie homogène) recouvre l'extrémité du fil électrode et la pièce à souder. L'arc de soudage et le bain de fusion sont **non visibles** pendant le soudage. L'énergie calorifique de l'arc fait fondre localement la pièce à assembler. Après refroidissement le flux en poudre se solidifie et recouvre le cordon de soudure se transformant en laitier solidifié protecteur. Le flux en poudre non fondu est récupéré à l'aide d'un aspirateur et recyclé après tamisage.



Copyright SAF
Affiche S15159477



Le procédé de soudage est essentiellement utilisé en **installation automatique**. La tête de soudage est reliée au générateur de soudage à sa borne positive, son courant est continu (intensités inférieures à 1000 ampères). Le courant peut être alternatif dans certains cas (intensités supérieures à 1000 ampères).

2) Utilisations;

- En chaudronnerie, charpente métallique...
- Grande vitesse de soudage (40 centimètres à 2 mètres / minute)
- Pénétration très importante, très bel aspect du cordon
- Taux de dépôt de 3 à 10 kilogrammes par heure
- Pas de préparation de chanfrein dans certains cas
- Limitation des déformations
- Arc non visible - Confort de l'opérateur (pas d'émission de rayons U.V.)
- Aucune émission de fumées
- Large gamme d'épaisseur et d'application
- Bonnes qualités de joint et bonnes caractéristiques mécaniques

3) Matériaux concernés;

- Permet le soudage de différents aciers : acier allié acier inoxydable, acier réfractaire.

4) Produit d'apport - matériel :

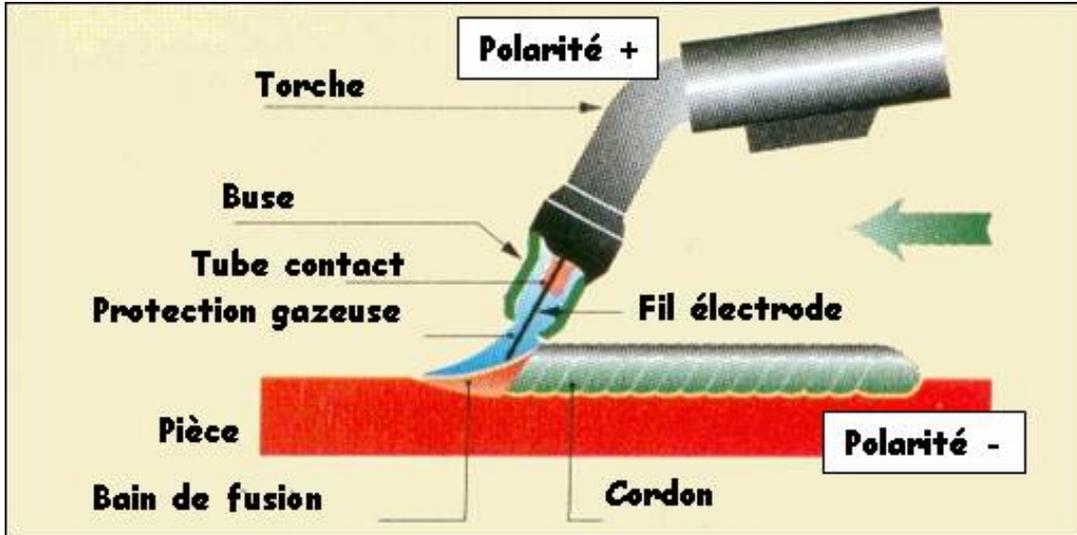
Les flux sont composés d'oxydes de manganèse, de silicates complexes de chaux, d'alumine. Ils sont utilisés sous forme de granulés calibrés obtenus par concassage ou frittage. La granulométrie est plus ou moins fine et varie en fonction de la forme du joint et de l'intensité de soudage. Le métal d'apport est en bobine, le diamètre varie suivant les utilisations (de Ø 1,2 à Ø 8 mm).



PROCÉDE 131 - 135

Métal Inert Gas – Métal Active Gas

1) Principe :



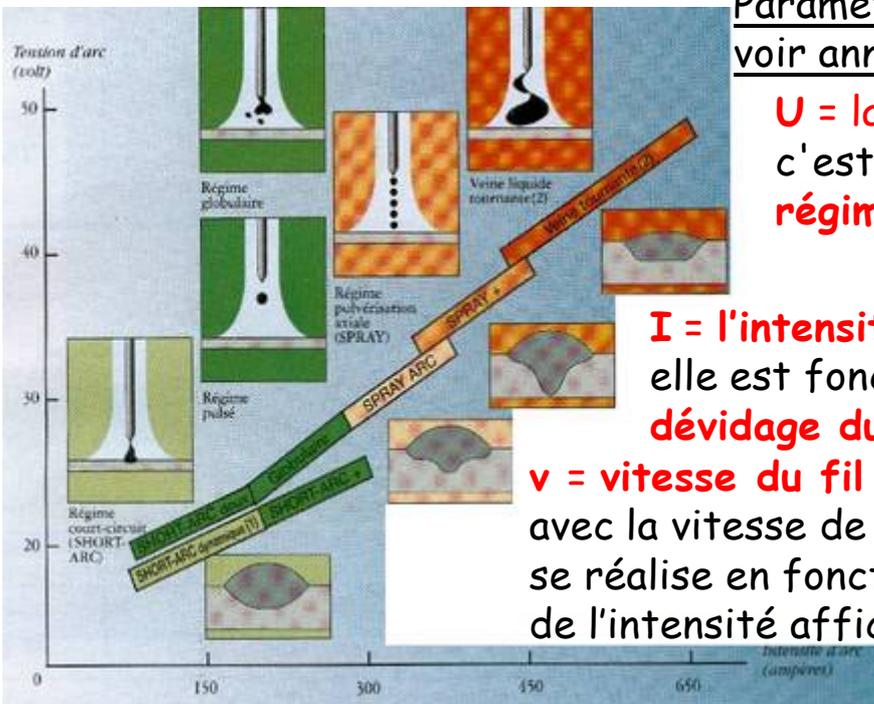
Un arc électrique jaillit entre la pièce à souder et l'électrode en fil fusible ; il provoque la fusion du métal pendant qu'un jet de gaz protège l'électrode et le bain de fusion.

Paramètres influent sur le soudage:
voir annexe

U = la tension de l'arc en volts V,
c'est elle qui conditionne le
régime de transfert

I = l'intensité de l'arc en ampères A,
elle est fonction de la **vitesse de**
dévidage du fil

v = vitesse du fil, elle doit être équilibrée
avec la vitesse de fusion du fil. Cet équilibre
se réalise en fonction du diamètre du fil et
de l'intensité affichée.



Suivant la tension et l'ampérage le transfert de métal (formation de la goutte de métal) peut varier : **Court-circuit, Globulaire, Pulvérisation axiale.**

2) Utilisations:

- Forte productivité par rapport à l'ARC E.E. et le TIG
- Grande vitesse de soudage
- Taux de dépôt de métal important
- Pas de laitier à décraquer
- Large gamme d'épaisseur
- Soudage dans toutes les positions
- Procédé automatisable et utilisable en robotique

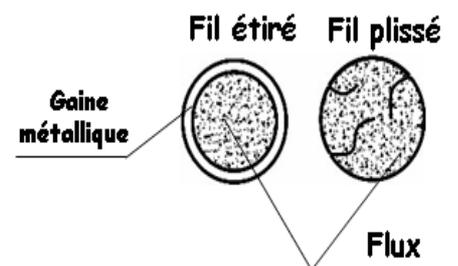


3) Matériaux concernés:

- 131: **MIG Métal Inert Gas** : les aciers inoxydable, aluminium, cuivre...
- 135: **MAG - Métal Active Gas** : aciers ordinaire.

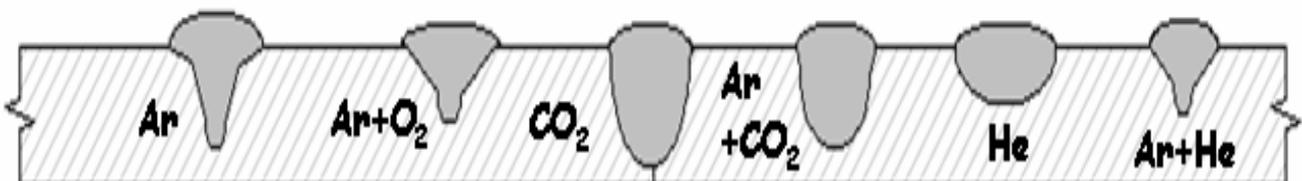
4) Produit d'apport - gaz - matériel:

Le métal d'apport est en bobine, le diamètre varie suivant les utilisations (de \varnothing 0.6 à \varnothing 2.4 mm). Il peut être fourré laissant un laitier sur la soudure (absence de gaz):

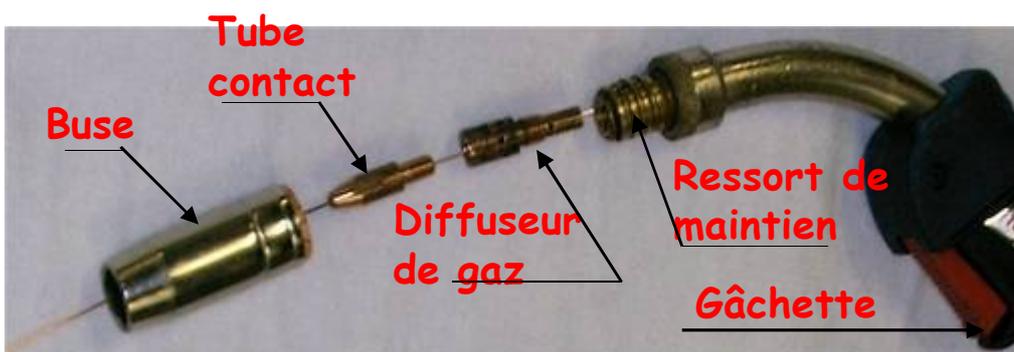


Suivant le procédé le gaz est différent, le débit varie de 10 à 30 litres/minute :

- 131 : Argon pur, Argon + Hélium, ...
- 135 : Argon + CO₂, Argon + O₂,...



Détail d'une torche :

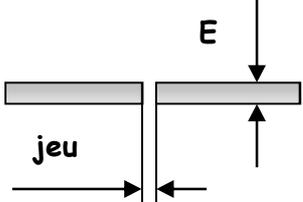
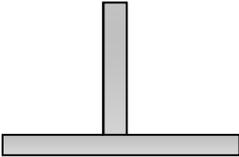
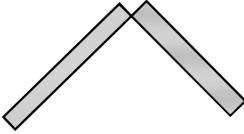


ABAQUE REGLAGE PROCEDURE 135 MAG

MATIERE : ACIER S235

ECART ENTRE LA BUSE ET LA PIECE : 7 A 15 mm

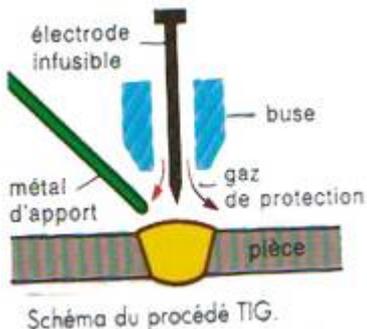
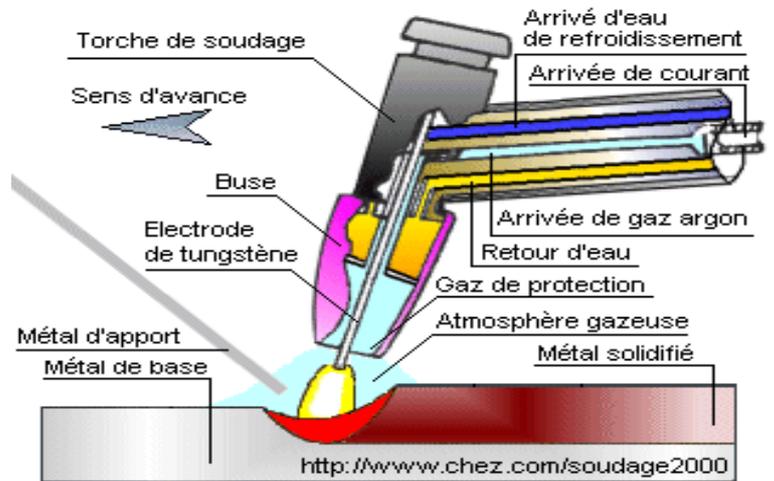
DEBIT DE GAZ : 12 A 18 l/min

TYPE DE JOINTS	EPAISSEUR DE LA TÔLE	Ø DU FIL	VITESSE DU FIL (m/min)	TENSION DE SOUDAGE (V)	INTENSITE DE SOUDAGE (A)	VITESSE DE SOUDAGE cm/min
BORD à BORD 	1	0.8	3 à 4	17.5	70	30
	1.2	0.8	4 à 4.5	17.75	75	28
	1.5	1	4 à 4.5	18	80	28
	2	1	4.5 à 5	18.25	85	28
	3 à 4	1	5.5 à 6.5	19.5	110	28
	5 à 6	1	7	23	180	28
ANGLE INTERIEUR 	1	0.8	4.5 à 5	18	80	45
	2	1	3 à 4	19	100	40
	3	1	4 à 4.5	23	180	30
	4	1	4.5 à 5.5	24	200	26
	5	1	6 à 7	26.5	250	25
	6	1	7 à 8	28	280	20
ANGLE EXTERIEUR 	1 à 1.5	0.8	2 à 3	18	80	40
	2	0.8	4 à 5	18.5	90	35
	3	1	4.5 à 5.5	20	120	30
	4 à 5	1	5 à 6	24	200	30
	6	1	6 à 7	25	220	25
	8	1	7 à 8	28	280	25

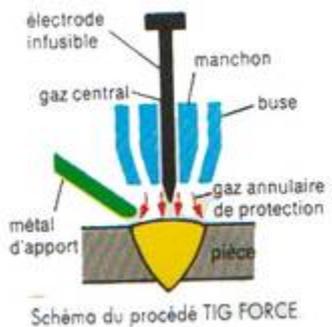
PROCÉDE 141 Tungsten Inert Gas

1) Principe :

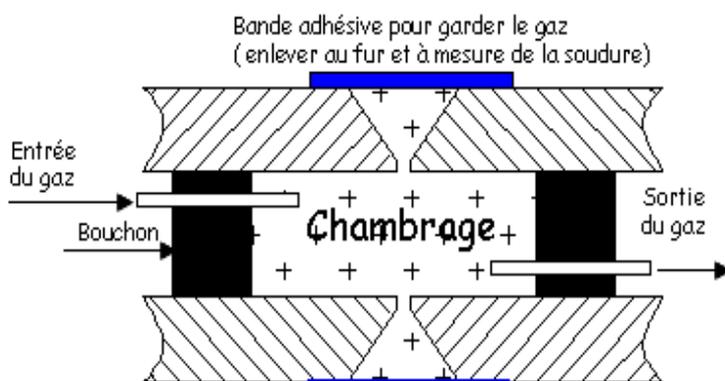
TIG (Tungsten Inert Gas) est un procédé à l'arc sous protection de gaz inerte avec une électrode infusible (tungstène). Le soudage est réalisé à partir d'un arc électrique créé et entretenu entre l'électrode infusible de tungstène et la pièce à souder. Le métal d'apport, baguette de fil est amené manuellement dans le bain de fusion, il peut être automatisé. L'énergie calorifique de l'arc fait fondre localement la pièce à assembler et le fil d'apport pour constituer le bain de fusion et après refroidissement le cordon de soudure.



Une variante existe appelée **TIG FORCE**, sa pénétration peut souder des pièces en une fois. La torche à une 2ème arrivée de gaz dans la buse.



Le bain de fusion est protégé de l'atmosphère externe par un cône invisible de gaz. Une protection supplémentaire (protection envers) est nécessaire pour les aciers inoxydables, titane, ... Elle évite le rochage, c'est un noircissement et croute de la soudure (ex traînard, chambrage,..)



2) Utilisations:

TIG:

- Simple d'emploi
- Travail fin et précis
- Large gamme d'épaisseur
- Très bonnes qualités de joint et bonnes caractéristiques mécaniques
- Soudage dans toutes les positions
- Procédé automatisable

TIG FORCE (les plus du TIG)

- Amélioration de la productivité et de la pénétration
- Soudage 1 passe bord à bord sans préparation jusqu'à 6 mm
- Diminution de la consommation de métal d'apport et déformations

3) Matériaux concernés:

Suivant le type de courants électrique :

- **Courant continu : symbole DC : Aciers ordinaire, aciers inoxydable, cuivre, titane...**
- **Courant alternatif symbole ~ AC : aluminium**



4) Produit d'apport - gaz - matériel:

- Un générateur électrique fournit le courant continu ou alternatif (intensité de 5 à 300 A) réglages suivant \varnothing du fil, la position de soudage, le type d'assemblage, matière. La polarité de l'électrode est toujours négative en courant continu (polarité directe).

- Les électrodes de tungstène sont codifiées suivant leur composition: ex Tungstène pur pour acier(extrémité verte) Tungstène thorié aluminium (extrémité rouge). Le diamètre varie de \varnothing 0,8 mm à \varnothing 4,0 mm) suivant l'intensité de travail

- Le diamètre du métal d'apport suivant la nature du métal de base varie de \varnothing 0,8 mm à \varnothing 8 mm

- Le débit du gaz de protection est de 5 à 25 litres/minute. Soit pur ou en mélange : Argon, Argon + Hélium, Argon + H₂, ... suivant le type de matériaux à souder.



ABAQUE REGLAGE PROCEDURE 141 TIG

Paramètres de soudage TIG

Soudage TIG des aciers non ou faiblement alliés et des aciers inoxydables

ELECTRODE : Tungstène thorié à 2 %, Cérium à 2% ou Multistrike
 GAZ DE PROTECTION : Argon pur
 NATURE DU COURANT : Courant continu (pôle négatif à l'électrode)
 POSITION DE SOUDAGE : A plat (en position, réduire l'intensité de 10 à 20 %)

Épaisseur à souder (mm)	Ø électrode (mm)	Ø métal apport (mm)	Intensité soudage (1) (Ampère)	Dia buse céramique (mm)	Débit gaz (l/min)	Vitesse soudage (2) (cm/min)	Nombre passes	Joint conseillé à plat (3)
0,6	1	- / 1	10 - 25	6	4	20 - 40	1	A
0,8	1	- / 1	15 - 35	6	4	30 - 40	1	A
1,0	1,6	1,2	25 - 65	9	4	25 - 40	1	A
1,5	1,6	1,2 / 1,6	45 - 95	9	5	20 - 45	1	A
2,0	2	1,6 / 2	60 - 110	11	5	15 - 30	1	A ou B
2,5	2	2 / 2,5	90 - 130	11	5	15 - 30	1	B
3,0	2,4	2 / 2,5	100 - 150	13	6	15 - 30	1	B
4,0	2,4	3	120 - 200	13	6	10 - 25	1	B
5,0	3	3 / 4	150 - 250	13	6	10 - 25	1	C
6,0	4	4	200 - 300	15	8	10 - 20	1	C

Supérieur à 6 mm : Passe pénétration en TIG / remplissage électrode ou multi-passes en TIG

Soudage TIG de l'aluminium et de ses alliages (5)

ELECTRODE : Tungstène pur
 GAZ DE PROTECTION : Argon pur ou mélange Argon/Hélium
 NATURE DU COURANT : Courant alternatif stabilisé par haute fréquence
 POSITION DE SOUDAGE : A plat (en position, réduire l'intensité de 10 à 15 %)

Épaisseur (mm)	Ø électrode (mm)	Ø métal ap. (mm)	Intensité (Ampère)	Dia buse (mm)	Débit gaz (l/min)	Vit. soud (2) (cm/min)	Nombre passes	Joint conseillé (3) (4)
1	1 / 1,6	1,6	30 - 55	9	7	20 - 25	1	B
1,5	1,6	1,6 / 2	60 - 80	9	7	20	1	B
2	2 / 2,4	2 / 2,5	70 - 120	11	7	15 - 20	1	B
2,5 *	2,4	2,5 / 3	110 - 140	13	8	10 - 20	1	B
3 *	2,4	3	140 - 160	13	8	10 - 15	1	B
4 *	2,4 / 3	3 / 4	140 - 160	13	8	10 - 15	1	B
5 *	3 / 4	4	150 - 190	15 **	9	5 - 15	1	B ou C
6 *	4	4 / 5	180 - 240	19 **	9	5 - 15	1	C
8 *	5	5	200 - 300	19 **	10	5	1 ou 2	C

* Soudable en MIG si la qualité du MIG est acceptable ** L'emploi d'une buse diffuseur est conseillé pour limiter l'échauffement de la torche

Soudage TIG du cuivre désoxydulé (soudable) (5)

ELECTRODE : Tungstène thorié à 2 %, Cérium à 2% ou Multistrike
 GAZ DE PROTECTION : Argon pur
 NATURE DU COURANT : Courant continu (pôle négatif à l'électrode)
 POSITION DE SOUDAGE : A plat (en position, réduire l'intensité de 10 à 15 %)

Épaisseur (mm)	Ø électrode (mm)	Ø métal ap. (mm)	Intensité (Ampère)	Dia buse (mm)	Débit gaz (l/min)	Vit. soud (2) (cm/min)	Nombre passes	Joint conseillé (3)
1	1,6	1,6	60 - 110	11	5	35	1	B
1,5	2	1,6 / 2	120 - 130	13	5	35	1	B
2	2	2	120 - 170	13	5	30	1	B
2,5 *	2,4	2	170 - 200	15	5	30	1	B
3 *	3	3	170 - 230	19	6	30	1	B
4 *	3	3	200 - 270	19 **	7	25	1	B
5 *	3	3	220 - 300	19 **	7	25	1	C
6 *	4	3	280 - 350	19 **	8	20	2	C
8 *	4	3 / 4	280 - 350	19 **	10	15	2 / 3	C
12 *	5	4 / 5	400 - 500	19 **	12	10	3	C

* Soudable en MIG si la qualité du MIG est acceptable ** L'emploi d'une buse diffuseur est conseillé pour limiter l'échauffement de la torche

- (1) Pour les aciers non alliés, utiliser les valeurs élevées de la gamme. A l'inverse, adopter les valeurs les plus faibles pour les aciers inoxydables
 (2) Valeur approximative - Dépend des conditions de travail et de l'habileté de l'opérateur
 (3)



A : Bord à bord jointif



B : Bord à bord avec écartement



C : Chanfrein en V avec talon de 2 mm

- (4) Pour l'aluminium, il est très important de faire tomber les arêtes tranchantes à l'envers du joint pour obtenir une pénétration entièrement fondue (risque d'effet de "fesses")
 (5) Préchauffage de l'aluminium et du cuivre nécessaire selon l'épaisseur

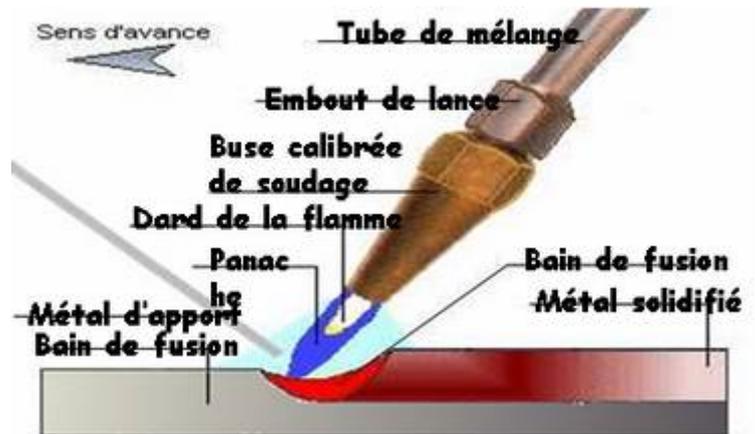
Épaisseur	1 - 2,5 mm	3 - 5 mm	6 mm et +
Aluminium	-	200 - 300 °C	350 °C
Cuivre	-	250 - 350 °C	350 - 500 °C

PROCÉDE 311

Oxyacétylénique

1) Principe :

Le procédé de soudage oxyacétylénique OA (311) est un soudage à la flamme autogène. Il est réalisé à partir de la chaleur d'une flamme née de la combustion d'un gaz combustible



(acétylène) et d'un gaz comburant (l'oxygène). La température de la flamme peut atteindre les 3200° Celsius.

Le métal d'apport est amené manuellement dans le bain de fusion. Le débit d'un chalumeau soudeur s'exprime en litres d'acétylène par heure

Réglage du débit de la buse :

- 100l/h par millimètre d'épaisseur (à plat)
- 125l/h par millimètre d'épaisseur (angle intérieur)
- 75l/h par millimètre d'épaisseur (angle extérieur)

Choix du métal d'apport: épaisseur de la tôle $e + 1$ mm

2) Utilisations;

- Tôle fine
- Tube de petit diamètre (chauffagiste)
- Facile de déplacer le poste sur un chantier
- Déformation importante
- Très onéreux et lent
- Il est maintenant remplacé par les procédés de soudage à l'arc électrique

3) Matériaux concernés;

- Permet le soudage de différents métaux comme l'acier, la fonte, l'aluminium, le cuivre...

4) Produit d'apport - gaz - matériel:

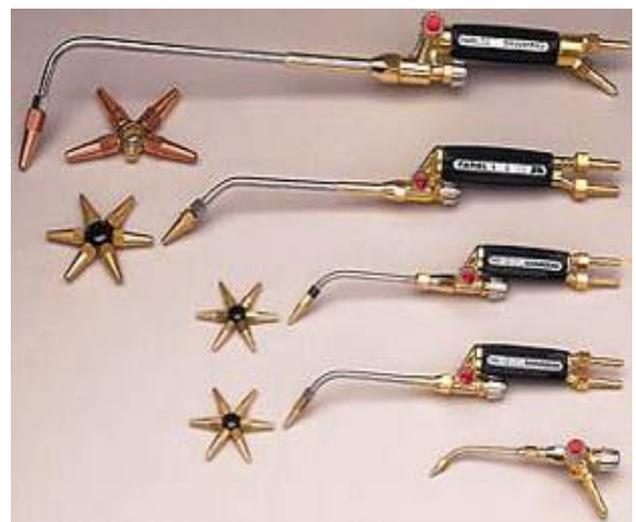
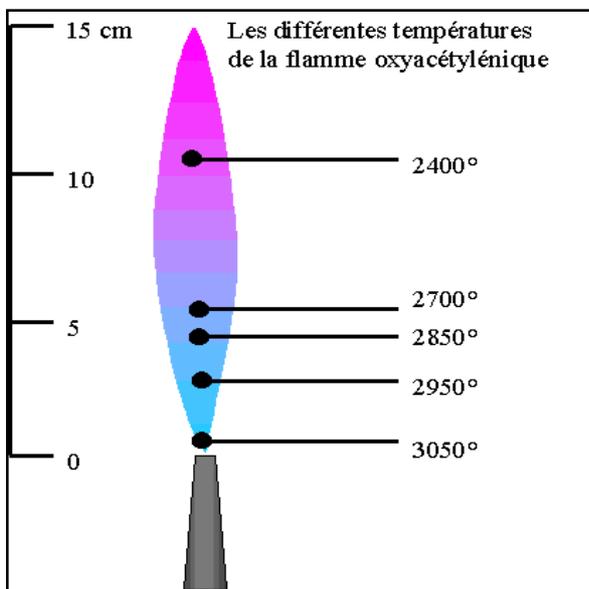
Gaz:

L'acétylène: ogive marron, tuyau rouge, pression de la bouteille 15 bar, pression d'utilisation 0.2 à 0.8 bar.

Il est obtenu par réaction de l'eau sur du carbure de calcium.

L'oxygène: ogive blanche, tuyau bleu, pression de la bouteille 200 bar, pression d'utilisation 1 à 2.5 bar

Il est obtenu par liquéfaction de l'air.



Les buses sont composées d'un orifice calibré de sortie du mélange gazeux. Ce débit peut varier de 5 à 5000 litres par heure.

Le métal d'apport suivant la nature du métal de base (baguette de fil de \varnothing 0,8 mm à \varnothing 4,0 mm)

Comparatif des procédés

Procédé	Gaz		Arc électrique		
	OA	Soudobrasage	Electrode enrobée	MIG MAG	TIG
Fusion du métal	La flamme crée un bain de métal en fusion	La flamme chauffe le métal de base et fond le métal d'apport	Sous l'effet de l'arc électrique, le métal de base est fondu, il y a formation d'un bain de fusion		
N° procédé	311	97	111	MIG 131 MAG 135	141
Protection du métal fondu	Le réglage de la flamme neutre isole, protège le métal et le métal d'apport fondu		L'enrobage fondu crée une protection gazeuse du métal en fusion	Le gaz de protection actif MAG (argon+Co ²) ou inerte 131 (argon pur) protège le bain de fusion et la zone de métal fondu	Le gaz inerte (argon) protège le bain de fusion et la zone de métal fondu
Apport de métal	Baguette de métal d'apport	Baguette de métal d'apport en laiton	Une électrode	Une électrode fusible (fil)	Baguette de métal d'apport
Sens de soudage à plat	De droite à gauche	De droite à gauche	De gauche à droite	De droite à gauche en poussant	De droite à gauche
Métal à souder	Acier, fonte, aluminium, cuivre	Acier, acier galvanisé, aluminium, cuivre, fonte	Acier, inox, fonte, aluminium	Acier, inox, fonte, aluminium, cuivre	Acier, inox, fonte, aluminium, cuivre, titane
Rentabilité du procédé	Lent et très couteux	Lent, moins de déformation que le procédé OA	Soudure de très bonne qualité	Procédé rapide	Très haute qualité

Traitements thermiques TTH et métallurgie

On appelle traitements thermiques les opérations de chauffage et refroidissement des aciers à des températures bien définies dans des temps déterminés.

La trempe consiste à d'augmenter la dureté d'un métal, en le chauffant à une température et en le refroidissant plus ou moins rapidement.

Le revenu est effectuer obligatoirement après une trempe, il a pour but de diminuer la fragilité du métal trempé en lui rendant une certaine élasticité tout en lui conservant sa dureté.

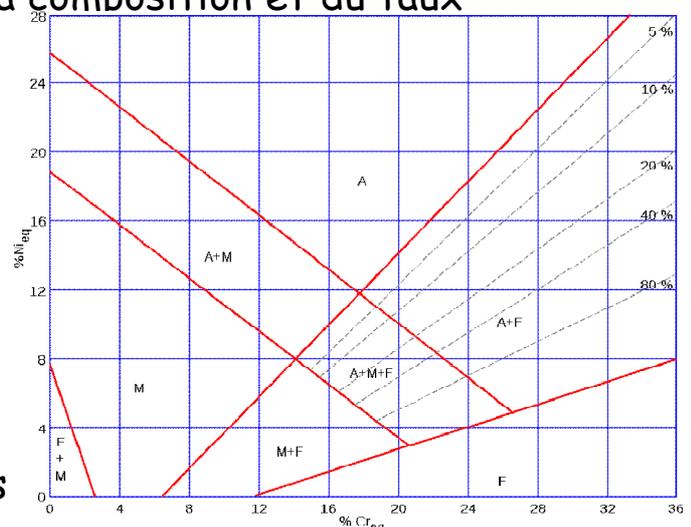
Le recuit consiste à chauffer un métal pour lui rendre les propriétés qu'il avait perdu lors de traitements antérieurs (trempe, recuit, soudure, etc...).

Il y a différent type de recuit:

- **Recuit d'homogénéisation** : il se pratique sur les aciers brute de coulée
- **Recuit de régénération** : il a pour but d'affiner le grain de l'acier.
- **Recuit d'adoucissement** : il a pour but de supprimer les effets de la trempe d'un acier et d'en faciliter l'usinage
- **Recuit de recristallisation** : il a pour but de supprimer l'écroissage de l'acier, qui commence a disparaître vers 200°C. La température de chauffe dépend de la composition et du taux d'écroissage de l'acier.

Le diagramme de Shaeffler : est utilisé pour :

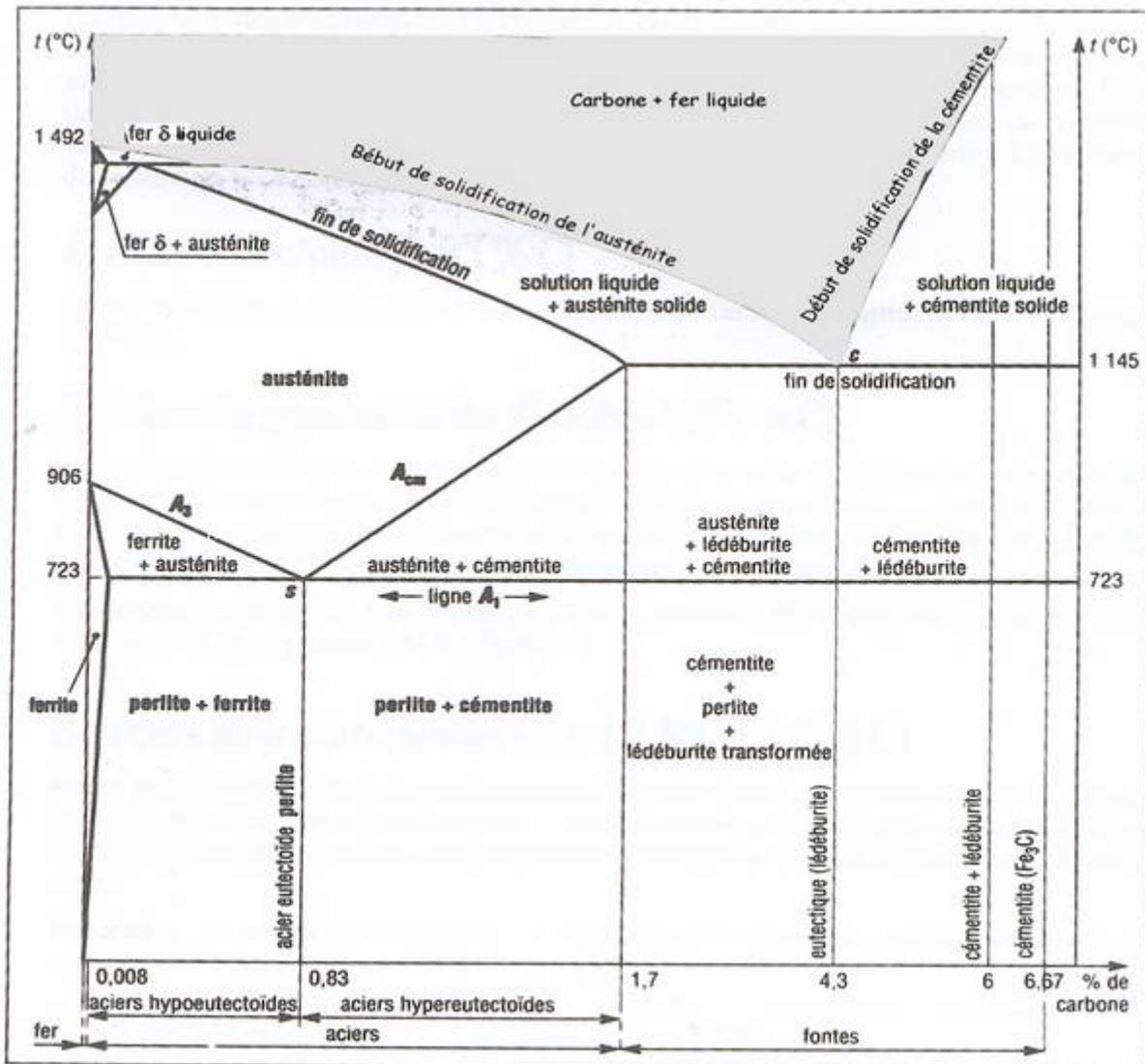
- choisir un métal d'apport adapté, garant de bonnes qualités
- d'apprécier la structure de la zone fondue
- d'appréhender les différents risques métallurgiques lors d'un assemblage soudé.



Le diagramme fer carbone est utilisé pour comprendre la transformation moléculaire des aciers et fontes lors des traitements thermiques.

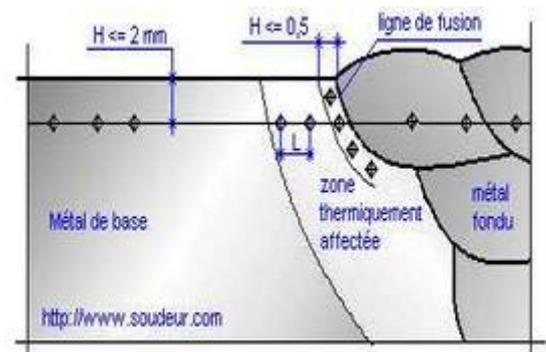
Il fait apparaître les deux grandes familles de métaux ferreux :

- les aciers (entre 0,008 % et 1,7 % C)
- les fontes (de 1,7 % à 6,67 % C).



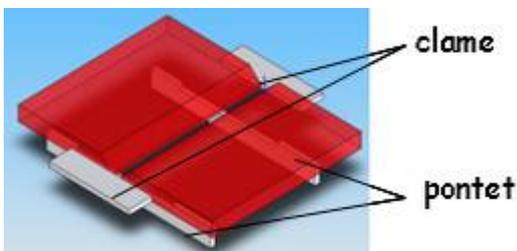
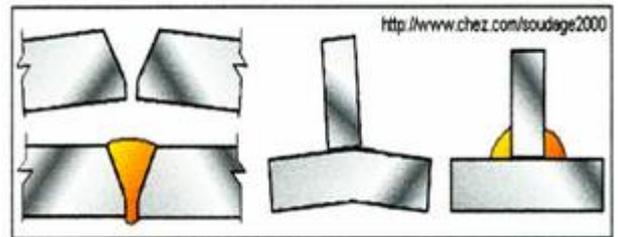
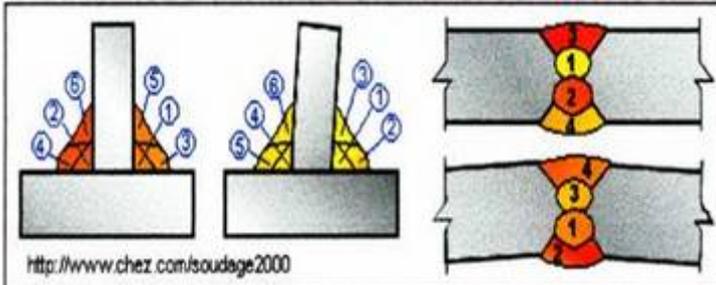
1. Diagramme fer-carbone (Fe-Fe₃C).

ZAT : Lors du soudage un traitement thermique s'effectue autour de la soudure, cette zone s'appelle la **ZAT (zone affectée thermiquement)**. Les fissures ou cassures se retrouvent soit dans la soudure ou à côté de la ZAT.



DEFORMATIONS ET DEFAUTS DES SOUDURES

1) Déformations des soudures:



Lors du soudage des déformations peuvent apparaître, donc il faut alterner les soudures pour éviter à la pièce de travailler, mais on peut aussi brider la pièce ou la pré déformer. Il faut aussi tenir compte du retrait de soudage lorsqu'il y a un jeu, il est de $\frac{1}{2}$ du jeu de soudage. On peut aussi brider la pièce (clame, pontet, boulonnage, ...)

Si une déformation se produit on utilisera différentes méthodes de redressage:

- Marteler la soudure
- Redresser la pièce à la presse
- Chaude de retrait (chauffer au chalumeau la zone et refroidir brusquement (eau, air) attention au type de matériaux (cause de trempe, fissuration...))

On peut aussi associer les méthodes (ex: chauffe et martelage)

2) Défauts des soudures:

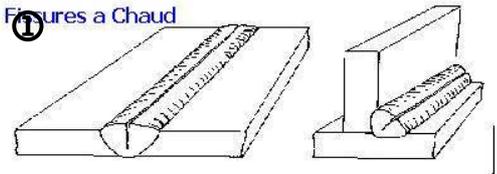
Ils sont dus à : à la matière à souder, aux mauvais paramètres lors du soudage (réglage, avance, protection gazeuse, ...) et aux techniques de soudage non maîtrisées (position, avance irrégulière trop rapide ou trop lente).

Ils se présentent en six groupes:

Groupe 1 : Fissures

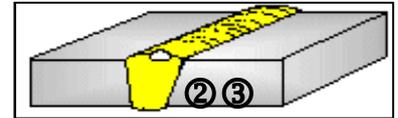
- *A chaud* ① : refroidissement trop brusque
- *A froid* : contraintes, hydrogène

Figures a Chaud



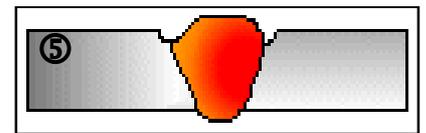
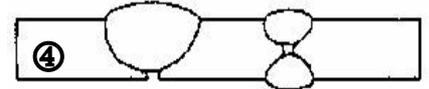
Groupe 2 : cavités

- *Retassure* : défauts sont fréquents en fin de passe, et doivent être éliminés avant reprise
- *Soufflure* : poches de gaz qui n'ont pu se dégazer lorsque le bain de fusion était liquide



Groupe 3 : inclusion solide

- *Inclusion de laitier*: mauvais meulage entre les passes, mauvaise intensité
- *Inclusion métallique* : contact accidentel de l'électrode TIG

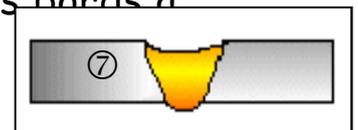
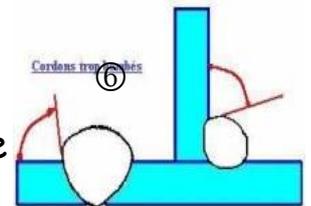


Groupe 4 : manque de fusion et de pénétration,

- *Manque de fusion*: intensité trop faible, avance trop rapide
- *Manque de pénétration* ④ : intensité trop faible

Groupe 5 : défaut de forme

- *Caniveau* ⑤ : courant de soudage trop intense et à une technique opératoire déficiente
- *Surépaisseur* ⑥ : vitesse de soudage trop lente ou intensité trop faible
- *Manque d'épaisseur*: remplissage incomplet entre les bords à souder (forme de gouttière)
- *Effondrement* ⑦: fusion excessive
- *Excès de pénétration*: préparation incorrecte, une intensité trop forte
- *Défaut d'alignement*: montage incorrect des éléments à assembler ou rupture du pointage avant soudage.
- *Déformation angulaire*: pièce non contrainte, cordons mal repartit
- *Trou*: Bain de fusion trop important
- *Rochage*: sur acier inox (mauvaise protection gazeuse envers)
- *Mauvaise reprise*: cordon non nettoyé



Groupe 6 : défauts divers:

- *Coup d'arc*: amorçage accidentel de l'arc
- *Projection ou perle*: éclaboussures de métal en fusion, intensité trop élevée, soufflage magnétique,...

CONTRÔLES DES SOUDURES

Les contrôles sont réalisés sur des échantillons ou des fabrications en série. Ils permettent de contrôler la nature du métal et de contrôler la soudure. Ils sont classés en deux catégories:

- **Non destructifs:** contrôle visuel et dimensionnement, ressuage, radiographie, magnétoscopie, ultrason, mise sous pression...

- Ils sont effectués suivant des normes par des personnes certifiées COFREND (**C**ONfédération **F**RANÇAISE pour les **E**SSAIS **N**ON **D**ESTRUCTIFS)

- **Destructifs:** macrographie, essais de pliage, traction, dureté, résilience, ...

Pour ces essais des éprouvettes sont prélevées (métal de base ou de la soudure).

APPLICATION DES CONTROLES

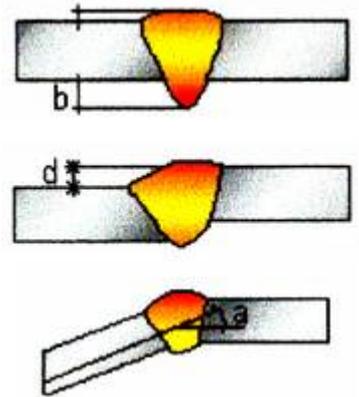
CLASSIFICATION DES SOUDURES					OPERATIONS DE CONTROLE ATTACHEES AUX CATEGORIES			
Trois classes permettent de couvrir l'ensemble des soudures entrant dans tous les cas de fabrication.								
Classe	I	II	III		Contrôle	I	II	III
Définition	Classe exceptionnelle	Soudures principales d'appareil	Soudures d'éléments d'appareil	Soudures faiblement sollicitées	Qualification du soudeur	Obligatoire	Obligatoire	Néant
Sollicitations	Très élevée	Elevées	Moyennes	Faibles	Homologation du procédé	Obligatoire	Obligatoire	Néant
Exp.	Ind. nucléaire, chimique, pétrolière spéciale sous-marine	Appareil sous pression, turbines, bâches	Réservoirs socles, Châssis levage	Petits socles charpentes, gaines	Aspect visuel	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire
Conditions d'exploitation	Très sévères	Sévères	Courantes	Négligeables	Côtes des soudures	Obligatoire	Obligatoire	Par sondage
Notion de sécurité	Très importante	Importante	Secondaire	Négligeables	Radiographie X ou γ	100 %	100 % sur soudures principales	Néant
Il est utile de savoir que l'exécution et le contrôle coûtent : - en classe II : 25 à 30 % de plus qu'en classe III - en classe I : 30 à 50 % de plus qu'en classe III Un ensemble soudé est susceptible d'avoir des soudures entrant dans plusieurs classes. L'ensemble appartient à la classe qui présente le plus de soudures. Le contrôle des soudures doit être fait : avant soudage : (choix du métal, du procédé, étude de l'exécution) pendant le soudage : (ordre d'exécution, intensités recommandées) après le soudage : (vérification des résultats).					Ultra-sons	- En remplacement ou en complément		Néant
					Magnétoscopie	-	-	-
					Ressuage	-	-	-
					Propriétés mécaniques	Suivant cahier des charges		
					Examen visuel : l'aspect doit être régulier sans discontinuité ou surépaisseur. Radio ou gammagraphie : est inacceptable tout défaut dont les dimensions dépendent d'un tableau bien précis. Ultra-sons : les critères d'acceptation sont définis par un tableau.			

1) Contrôle non destructif:

a) Contrôle visuel et dimensionnel:

Le contrôle visuel consiste à vérifier différents critères:

- Une surface (nettoyage des bords à souder)
 - Préparation de chanfrein (angle et bords)
 - Soudure (pénétration, épaisseur du cordon)
- à une vérification visuelle de son état et dimension. Il est réalisé dans à l'aide d'une loupe, de cales, calibre de soudage ou jauge, miroir.



b) Ressuage

Le contrôle par ressuage permet de détecter des défauts de compacité, parfois très fins, **débouchant en surface** et non obstrués (fissures, porosités, tapures, replis, manque de liaison) sur des matériaux métalliques non poreux et non absorbants. Après un nettoyage soigné de la surface à contrôler, le contrôle est réalisé à l'aide de produits (les pénétrants) à très faible tension superficielle qui pénètrent par capillarité dans les défauts débouchant en surface.



1) Nettoyage de la surface à ressuier et application du pénétrant, laisser pénétré 10 à 40min.



2) Nettoyage à l'eau du pénétrant à l'aide d'une éponge



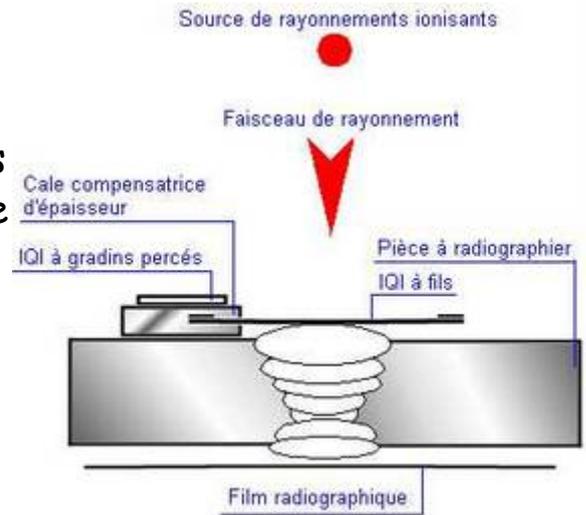
3) Appliquer le révélateur afin de voir apparaître les défauts. Et nettoyer à grande eau pour retrouver la surface d'origine.

Il se réalise facilement:

- Avant soudage : préparation des chanfreins
- Pendant le soudage : contrôle entre passes, gougeage d'une reprise envers
- Après soudage : défauts débouchant superficiels, étanchéité

c) Contrôle radiographique ou gamma graphique

Le contrôle radiographique par rayonnements ionisants (X ou gamma) permet de détecter des défauts internes de compacité souvent très fins (fissures, soufflures, inclusions, manque de liaison, manque de fusion) dans les parois des matériaux métalliques. Ce contrôle est réalisé à l'aide d'un tube générateur à rayons X ou d'une source radioactive gamma qui émettent des rayonnements ionisants.



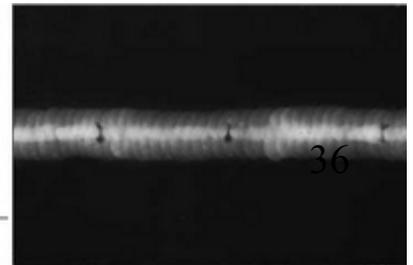
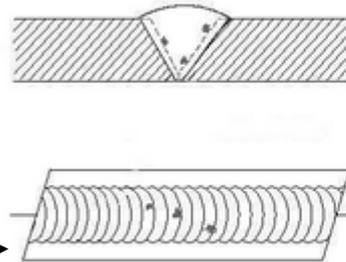
<http://www.soudeur.com>

Les rayons de faible longueur d'onde traversant la paroi du matériau irradié. Le faisceau impressionne le film radiosensible en fonction des rayonnements transmis à travers la pièce contrôlée pour donner naissance à l'image radiographique. La présence d'un défaut se traduit par une variation de l'absorption du rayonnement ce qui produit des taches blanches sur le film



Mégascopie

Défaut d'une radio



36

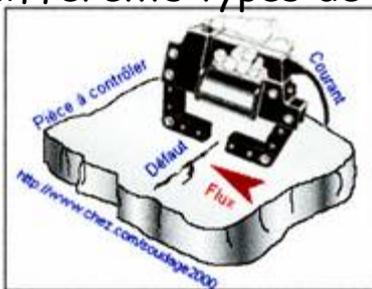
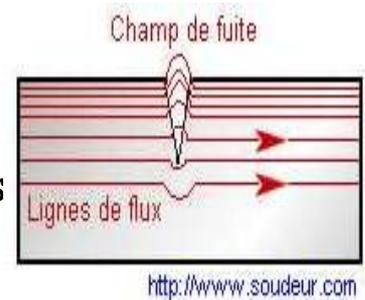
Essais sous pression

Les essais sous pression sont réalisés en présence d'un ingénieur du services des Mines .Ces essais sont effectués à l'eau, l'air, l'huile... mis sous pression par une pompe. La pression d'essais est appliqué a un coefficient généralement de 1.5 fois. L'appareil essayé sous pression porte une plaque où sont inscrit les pressions d'utilisation et d'épreuve, la date de fabrication, la date d'épreuve, le nom du fabricant. Il reçoit après validation le poinçon de l'ingénieur des Mines.

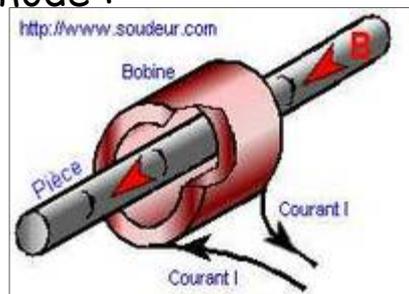
-Magnétoscopie (méthode du courant de Foucault)

Le contrôle magnétoscopique permet de détecter des défauts débouchant (obstrués ou non) et sous-jacents (de 1 à 2 mm environ) sous la surface des matériaux métalliques ferromagnétiques (les aciers inoxydables, les alliages de cuivre et les alliages d'aluminium sont exclus de cette application).

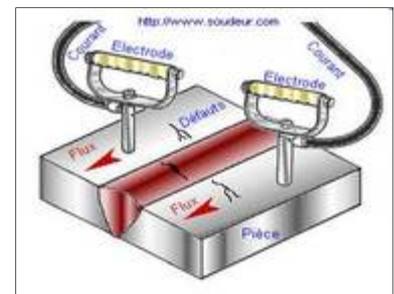
Un magnétique avec l'application simultanée en surface d'une liqueur magnétique colorée ou fluorescente champ magnétique important ($> 2400 \text{ A / m}$ traverse la pièce à contrôler jusqu'à saturation constituée de traceurs comme produit indicateur. Il existe différents types de méthode :



Par circuit magnétique fermé



Par circuit magnétique ouvert

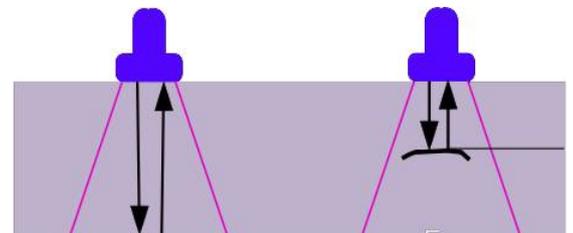


Aimantation transversale par passage de courant électrique

-Ultrason

Le contrôle par ultrasons est basé sur la transmission, la réflexion et l'absorption d'une onde ultrasonore se propageant dans la pièce à contrôler. Le train d'onde émis se réfléchit dans le fond de la pièce

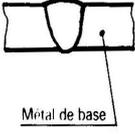
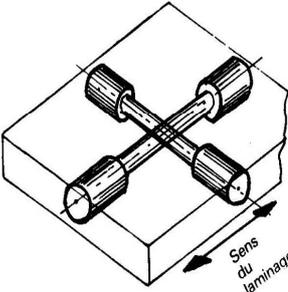
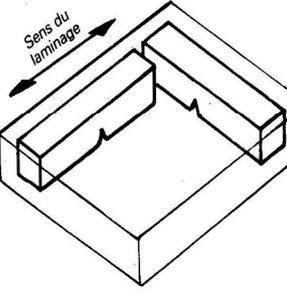
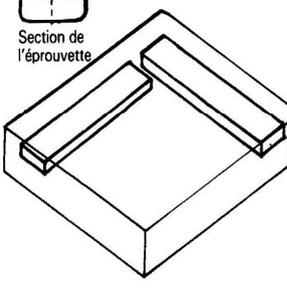
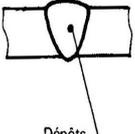
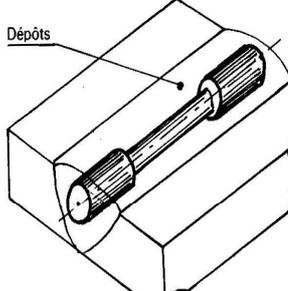
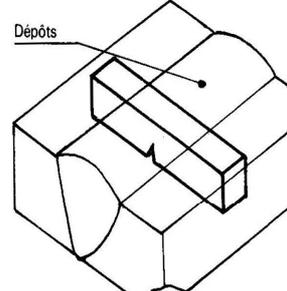
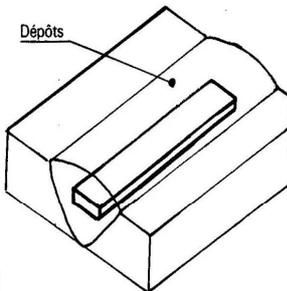
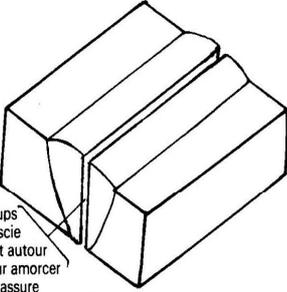
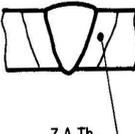
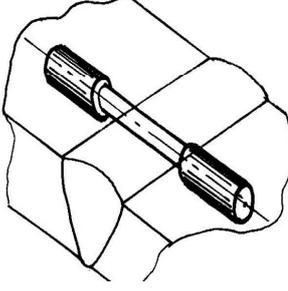
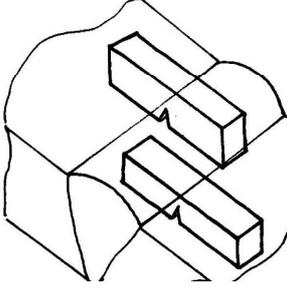
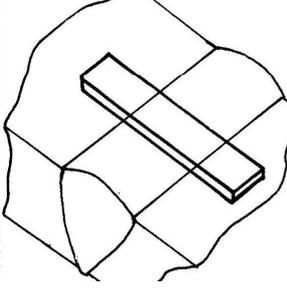
et sur les défauts puis revient vers le transducteur (qui joue souvent le rôle d'émetteur et de récepteur). L'interprétation des signaux permet de positionner le défaut. Cette méthode permet la possibilité de trouver des défauts en profondeur. Par contre, c'est une méthode lente car il faut faire un balayage mécanique exhaustif de la pièce. Il est d'ailleurs souvent nécessaire de contrôler plusieurs surfaces de la pièce pour pouvoir faire une représentation tridimensionnelle des défauts. Une onde ultrasons est émise par un palpeur placé sur la surface du matériau à contrôler et se propage dans le matériau. Il existe des méthodes par contact (le palpeur est en contact avec la pièce) ou par immersion (la pièce et le palpeur sont immergés dans de l'eau). Dans le cas de la méthode par contact, il est nécessaire d'ajouter un couplant (eau ou gel) entre le palpeur et la pièce pour assurer la transmission des ondes. Les échos sont représentés par des pics sur l'écran.



2) Contrôles destructifs

Éprouvettes pour essais

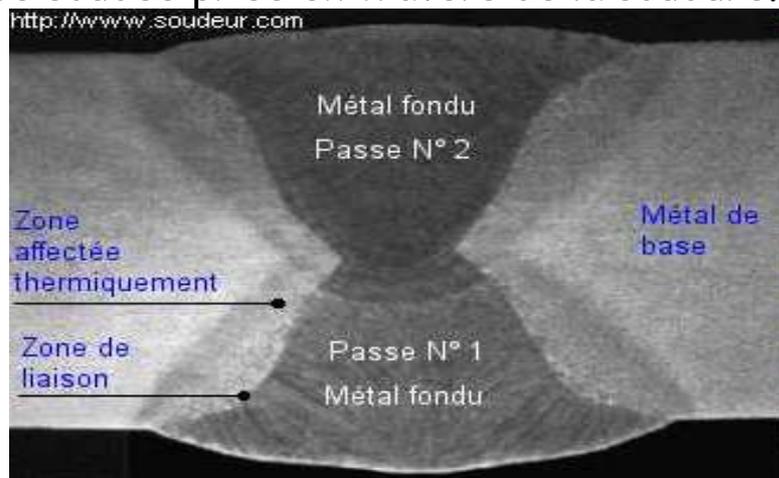
Elles sont prélevées, et usinées suivant des normes: dans le métal de base, le métal déposé ou la ZAT.

Position	Essai de traction	Essai de résilience KCV	Essai de pliage	Essai de compacité
MÉTAL DE BASE 				<p>L'essai de compacité se pratique le plus souvent dans l'axe du cordon. Il consiste à casser l'éprouvette et à regarder sa texture</p>
MÉTAL DEPOSE 				
ZONE AFFECTÉE THERMIQUEMENT 				<p>Essai de dureté</p> <p>L'essai de dureté est pratiqué localement à l'emplacement à contrôler.</p>

Macrographie

Définition:

L'examen macroscopique (examen à l'œil nu) ou macrographique permet de révéler la structure métallographique d'une éprouvette soudée prise en travers de la soudure.



Méthode:

- Elle est coupée avec une meule à eau pour éviter les échauffements ou si elle est coupée à la meule, il faudra usiner les faces.
- Puis polis graduellement avec un touret sous eau et des disques abrasifs de granulométrie P120 à P1220, puis de feutre avec un ajout de des pâtes diamantées.
- Un réactif chimique (acide concentré) est appliqué sur la surface polie et révèle, par dissolution.



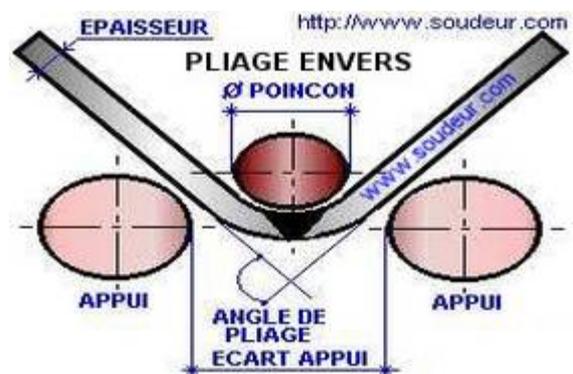
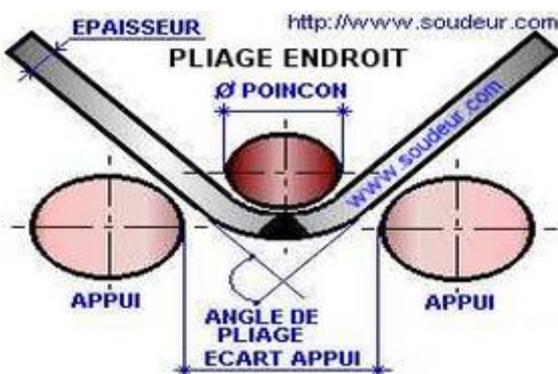
Résultat:

Cet examen permet de mettre en évidence :

- Le métal fondu (MF) ou zone fondue (ZF), la zone de liaison (ZL), la zone affectée thermiquement (ZAT), le métal de base (MB), la répartition des passes de soudure, la grosseur et la forme des grains, la structure dendritique des passes, la répartition d'inclusions de soufflures et de fissures, le fibrage et la déformation des grains.

Essais de pliage

L'essai consiste à exercer sur une éprouvette, à température ambiante, une déformation plastique par pliage. Une seule face de l'éprouvette est mise en extension (**endroit, envers ou côté**). Le pliage est réalisé jusqu'à ce que l'une des branches de l'éprouvette fasse un angle alpha déterminé avec le prolongement de l'autre branche. La norme européenne de référence est la NF EN 910 Mai 1996.



Essais de traction

L'essai de traction consiste à soumettre une éprouvette de section cylindrique ou prismatique à un effort progressif et croissant jusqu'à la rupture de la pièce d'essai. Cet essai est réalisé sur une machine spéciale qui enregistre les efforts et les allongements grâce à des capteurs d'extensiométrie. L'essai permet de caractériser les propriétés mécaniques d'un matériau ductile. Cet essai est l'un des principaux critères de classement des matériaux. La norme européenne de référence est la NF EN 10002-1 Octobre 1990.

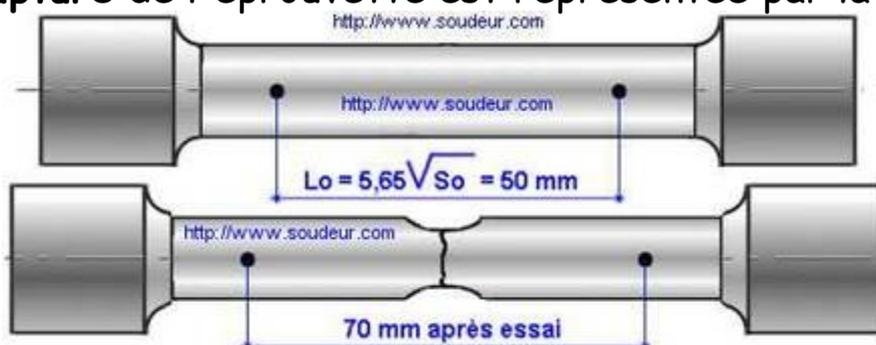
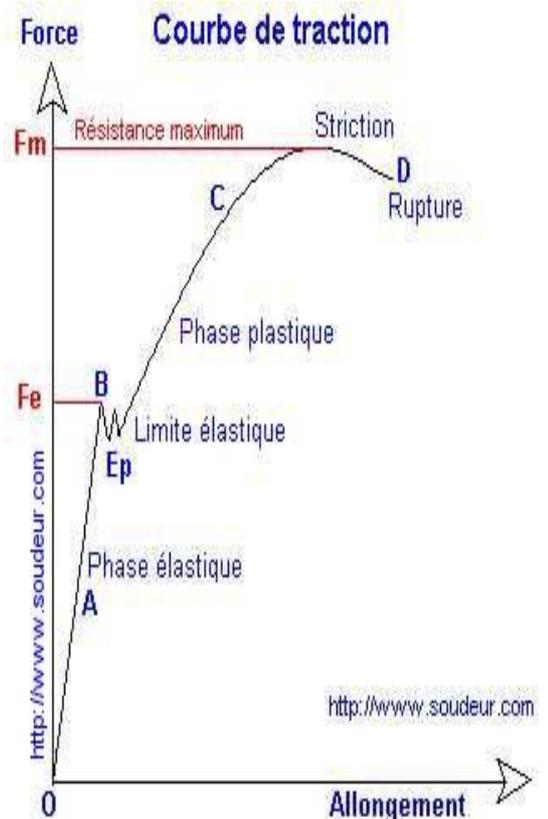


Le diagramme conventionnel de traction

- La **phase élastique** est représentée par la ligne **OB**. L'éprouvette se déforme (Toute la partie uniforme s'allonge - loi de Hook) sous l'action de la charge et revient approximativement à sa longueur initiale si la charge est supprimée.

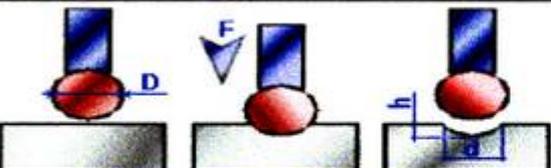
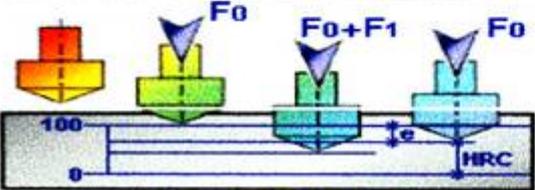
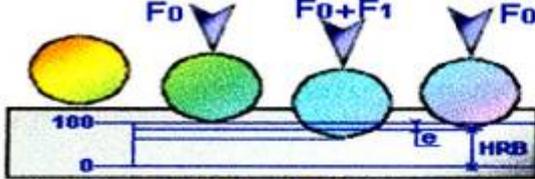
- La **phase plastique** est représentée par la ligne **BC**. Les déformations de l'éprouvette sont permanentes et irréversibles. Le point **B** est la limite de l'élasticité.

- La **phase de striction** est représentée par la courbe entre **F_m** et **D**. La **rupture** de l'éprouvette est représentée par la lettre **D**.



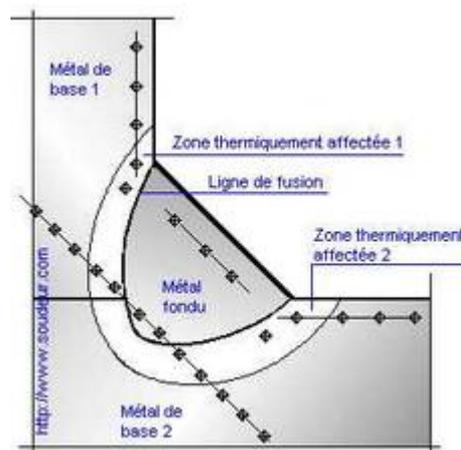
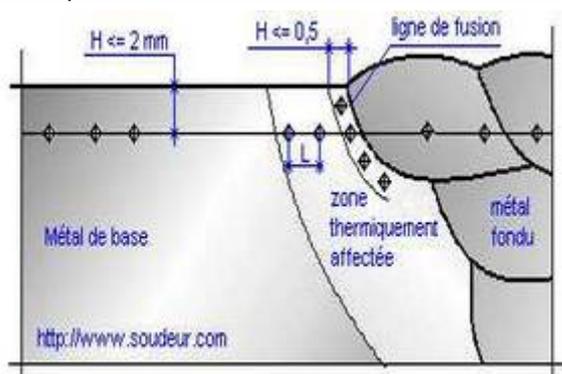
On mesure la distance entre les deux points de départ puis après rupture. Le résultat une fois calculé définit le % d'allongement.

Essais de dureté (H)

Différents types d'essais de dureté	
Type d'essai	Observations
 $HB = \frac{0,102 \times 2(K \times 9,81 \times D \times D)}{3,14 \times D(D - \sqrt{(D \times D) - (d \times d)})}$	<p style="color: red;">Essai Brinell - HB</p> <p>Le pénétrateur est une bille en acier trempé ou carbure de tungstène de $\varnothing D$ sous une charge F en Newtons maintenue 15 secondes. On mesure le "d" de l'empreinte (d doit être compris entre 0,2 à 0,5 x D). $K = 30$ pour les aciers</p>
 $HRC = 100 - e$	<p style="color: red;">Essai Rockwell C - HRC</p> <p>Le pénétrateur est un cône de diamant de 120° d'angle et de charge égale à 1373 N. On mesure l'accroissement "e" en profondeur ou enfoncement rémanent.</p>
 $HRB = 100 - e$	<p style="color: red;">Essai Rockwell B - HRB</p> <p>Le pénétrateur est une bille en acier trempé de 1,6 mm de diamètre et de charge égale à 883 N. On mesure l'accroissement "e" en profondeur ou enfoncement rémanent.</p>
 $HV = 0,189 \times \frac{F}{d \times d}$ $d = \frac{d1 + d2}{2}$	<p style="color: red;">Essai Vickers - HV</p> <p>Le pénétrateur est une pyramide droite à base carrée et d'angle au sommet de 136° sous une charge F. On mesure les diagonales "d" de l'empreinte.</p>

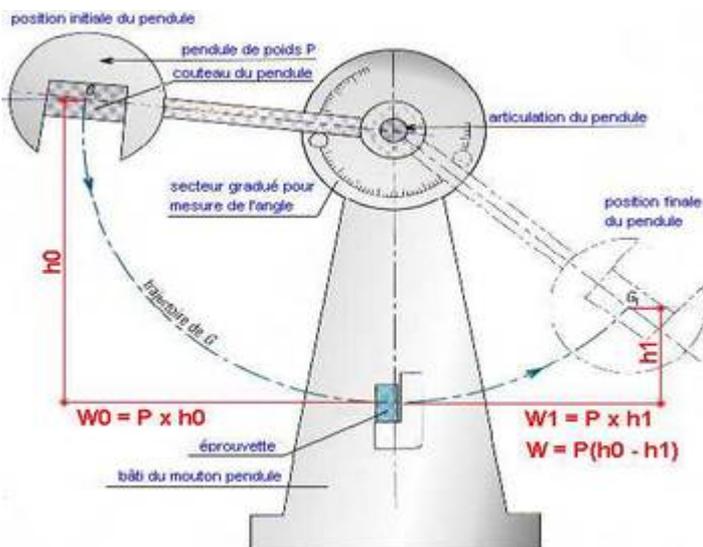
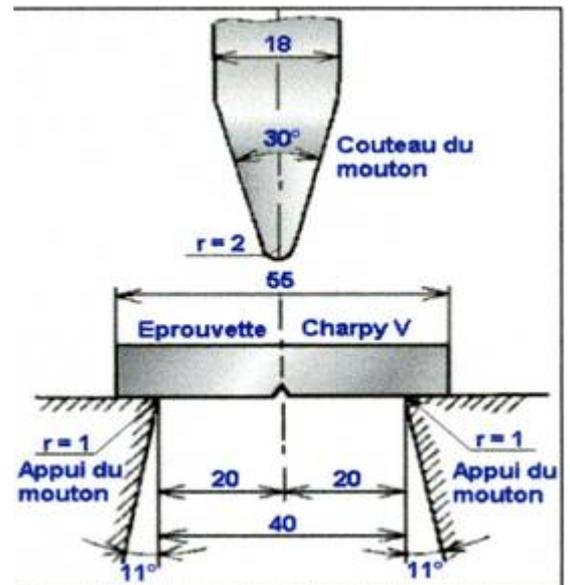
L'essai consiste à appliquer sur une pièce à mesurer, un pénétrateur sous une charge d'appui F donnée. La dureté est mesurée par rapport aux dimensions de l'empreinte du pénétrateur laissée sur la surface du matériau contrôlé. L'empreinte est d'autant plus importante que le matériau est mou. Les essais de dureté caractérisent la résistance qu'offre un matériau à la pénétration

Exemple d'essais dans une soudure:



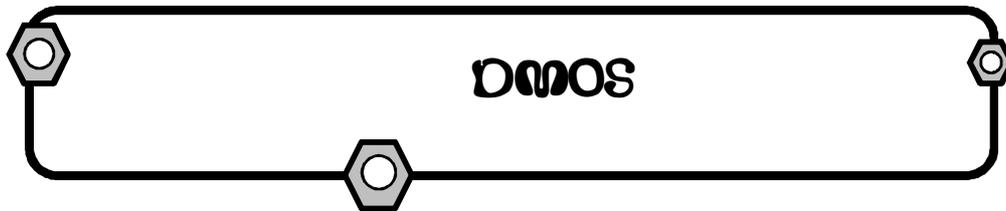
Essais de résilience (K)

L'essai de flexion par choc (essai de résilience ou essai de rupture fragile) consiste à mesurer le travail nécessaire pour rompre, à l'aide d'une masse pendulaire, un barreau usiné de forme carré de 1 cm² de section, entaillé en son milieu par une encoche (U ou V) et reposant sur deux appuis. Cet essai est réalisé sur une machine spéciale appelé **mouton pendule rotatif de Charpy** qui enregistre l'énergie absorbée par la rupture. L'essai permet de caractériser les propriétés de résistance d'un matériau aux chocs. La norme de référence est la NF EN 10045-1 Octobre 1990 et la NF EN 875 Novembre 1995



Méthode:

- Le couteau est écarté de la verticale à une hauteur correspondante à une énergie de départ de $W_0 = 300$ joules.
- Le couteau est libéré et vient frapper l'éprouvette.
- La hauteur de remontée du pendule est mesurée afin de calculer l'énergie non absorbée W_1 .
- Le calcul de l'énergie absorbée est la différence $W_0 - W_1$



1) Définition d'un descriptif de mode opératoire de soudage (D.M.O.S.)

Le Descriptif de Mode Opérateur de Soudage est un formulaire sur lequel sont consignés toutes les opérations, les instructions et les informations techniques nécessaires pour assurer la répétitivité des paramètres, obtenir un assemblage soudé de qualité et réussir dans les meilleures conditions l'exécution d'un travail précis de soudage.

Le D.M.O.S. est le document de référence du coordonnateur en soudage, du soudeur, de l'inspecteur et du contrôleur lors de l'exécution, du suivi et du contrôle d'un joint soudé.

Le D.M.O.S. est obligatoire et doit être présenté lors d'une qualification de mode opératoire de soudage et d'une qualification de personnel soudeur.

TABLEAU RÉCAPITULATIF DES PARAMÈTRES À VÉRIFIER SUR LE DMOSP

	Intensité Ampères	Tension Volts	Avance cm/min	Produit d'apport nuance et Ø	Nature courant et polarité	Vitesse dévidage fil cm/min	Nature et débit gaz	Électrode tungstène	Flux solide en poudre
111	X	X	X	X	X	NON	NON	NON	NON
114	X	X	X	X	X	X	NON	NON	NON
141 M	X	X	X	X	X	NON	X	X	NON
141 A	X	X	X	X	X	X	X	X	NON
15	X	X	X	X	X	X	X	X	NON
131	X	X	X	X	X	X	X	NON	NON
135	X	X	X	X	X	X	X	NON	NON
136	X	X	X	X	X	X	X	NON	NON
137	X	X	X	X	X	X	X	NON	NON
121	X	X	X	X	X	X	NON	NON	X

2) Comment rédiger un descriptif de mode opératoire de soudage ?

La norme européenne **NF EN 288-2 de 1992** et l'**amendement A1 de 1997** précisent les modalités de rédaction du descriptif de mode opératoire de soudage. La rédaction du D.M.O.S. est réalisée, soit après exécution d'un essai préliminaire représentatif dans les conditions de la fabrication, soit à partir d'une qualification de mode opératoire de soudage déjà obtenue.

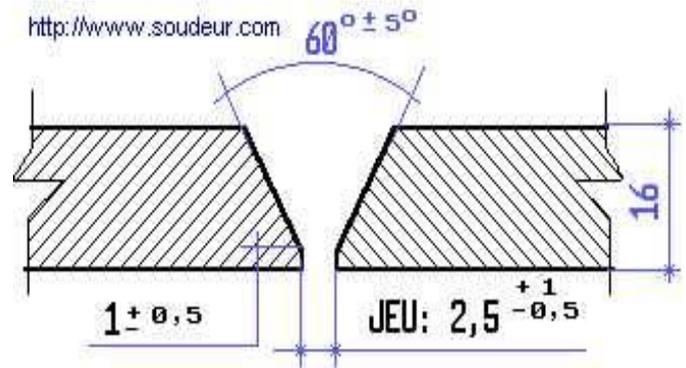
Vous trouverez ci-dessous chaque élément à préciser sur le formulaire.

Cette page d'informations ne peut se substituer à la norme ou les normes en vigueur. Elle n'est réalisée qu'à titre d'exemple .

3) Préparation géométrique du joint à soude

Un croquis de la préparation du joint soudé doit être réalisé sur le formulaire de D.M.O.S.

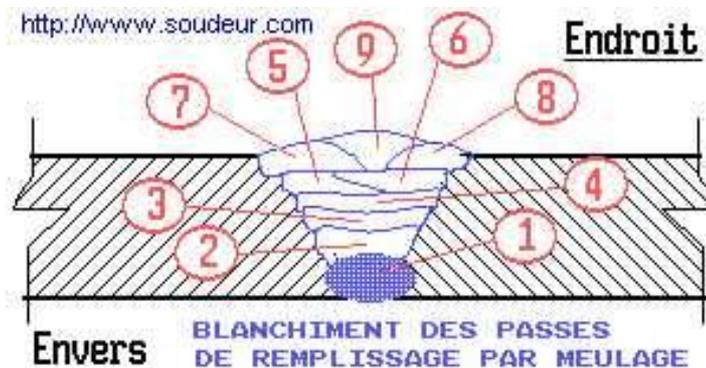
Des tolérances doivent être précisées pour les dimensions des différents éléments ayant une importance opératoire notable (jeu, ouverture d'angle de chanfrein, talon, etc...)



Ce dessin doit indiquer les éléments suivants:

- Épaisseur de la pièce 1 et de la pièce 2 (si nécessaire)
- Diamètre de la pièce 1 et de la pièce 2 (si nécessaire)
- Angle d'ouverture du chanfrein en degrés (si nécessaire)
- Rayon en fond de chanfrein type tulipe ou U en millimètre (si nécessaire)
- Jeu de soudage entre les deux pièces (si nécessaire)
- Talon ou méplat en millimètre (si nécessaire)
- Angle d'inclinaison des pièces (si nécessaire)

4) Répartition des passes de soudage



Un second croquis de répartition des passes de soudure doit être réalisé sur le formulaire de D.M.O.S.

Ce dessin doit représenter le plus fidèlement possible les éléments suivants :

Le nombre total de passes ou de série de passes

Le numéro de chaque passe ou série de passes

La répartition de chaque passe de soudure pour chaque procédé de soudage

L'orientation de chaque passe de soudure pour chaque procédé

La séquence de soudage

La dimension de la section soudée (si nécessaire)

La gorge de soudure ou apothème (si nécessaire)

5) Méthode de préparation de l'assemblage:

La méthode utilisée de préparation des chanfreins doit être indiquée par:

- Découpage sous eau avec abrasif
- Découpage laser
- Oxycoupage
- Cisailage
- Meulage
- Usinage
- Fraisage
- Grignotage

6) Méthode de nettoyage préalable de l'assemblage

La méthode utilisée de nettoyage préalable des chanfreins doit être indiquée par:

- Meulage
- Brossage
- Sablage
- Dégraissage
- Décapage chimique (inox, aluminium)

7) Nuance et norme d'approvisionnement des métaux de base

La nuance normalisée et/ou commerciale, la norme de référence et le groupe codifié de matériaux de chaque métal de base utilisé doivent être indiqués sur le D.M.O.S. par exemple :

S 355 K2 G3 suivant NF EN 10025 12/1993 - Groupe 1 suivant NF EN 288-3

S 690 QL suivant NF EN 10137-1 06/1992 - Groupe 3 suivant NF EN 288-3

25 Cr Mo 4 suivant NF EN 10083 07/1991 - Groupe 5 suivant NF EN 288-3

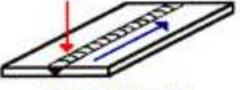
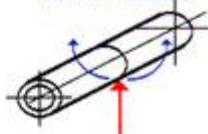
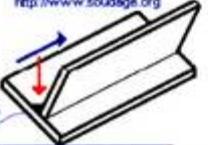
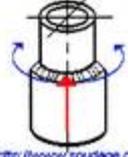
X5CrNiCuNb16-4 suivant NF EN 10088-3 1995 - Groupe 8 suivant NF EN 288-3

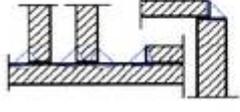
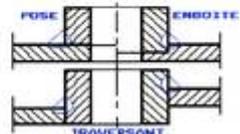
X2CrNi18-9 suivant NF EN 10088-2 1995 - Groupe 9 suivant NF EN 288-3

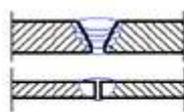
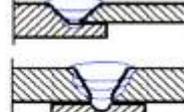
8) Symbolisation des types d'assemblage de qualification

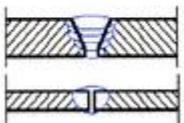
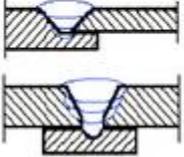
Le type d'assemblage du joint soudé est indiqué suivant la codification du cahier des charges applicable. Vous trouverez ci-dessous la codification des types d'assemblage suivant la NF EN 288-3.

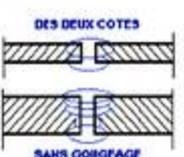
Symbolisation des types d'assemblage	
Variable / Lien	Définition du type d'assemblage de soudage
P	Essai sur une tôle / Plate
T	Essai sur un tube / Pipe
BW	Essai sur un assemblage bout à bout / Butt Weld
FW	Essai sur un assemblage en angle / Fillet Weld
P-BW	Essai sur une tôle / Plate sur un assemblage bout à bout / Butt Weld
T-BW	Essai sur un tube / Pipe sur un assemblage bout à bout / Butt Weld
P-FW	Essai sur une tôle / Plate sur un assemblage en angle / Fillet Weld
T-FW	Essai sur un tube / Pipe sur un assemblage en angle / Fillet Weld

Codification : P - BW		Codification : T - BW	
Soudage bout à bout - BW			
Sur tôle : P		Sur tube : T	
			
Codification : P - FW		Codification : T - FW	
Soudage d'angle - FW			
Sur tôle : P		Sur tube : T	
			

Codification : P - FW		Codification : T - FW	
Soudage d'angle			
Tôles		Tubes	
			

Codification : T - BW - ss,nb		Codification : T - BW - ss,mb	
Soudage bout à bout de tubes d'un seul côté : ss			
Sans support envers : nb		Avec support envers : mb	
			

Codification : P - BW - ss,nb		Codification : P - BW - ss,mb	
Soudage bout à bout de tôles d'un seul côté : ss			
Sans support envers : nb		Avec support envers : mb	
			

Codification : P - BW - bs,gg		Codification : P - BW - bs,ng	
Soudage bout à bout de tôles des deux côtés : bs			
Avec gougeage : gg		Sans gougeage : ng	
			

9 - Symbolisation des modes d'assemblage de qualification

Le mode d'assemblage du joint soudé est indiqué suivant la codification du cahier des charges applicable. Vous trouverez ci-dessous la codification des modes d'assemblage suivant la NF EN 288-3.

Symbolisation des modes d'assemblage	
Variable / Lien	Définition du mode d'assemblage de soudage
ss	Essai de soudage d'un seul côté ou single-side welding
bs	Essai de soudage des deux côtés ou welding for both sides
ng	Sans gougeage par meulage ou no back gouging or no back grinding
gg	Avec gougeage par meulage ou back gouging or back grinding
nb	Soudage sans support envers ou welding without backing
mb	Soudage avec un support ou welding with backing material
ss, nb	Soudage d'un seul côté sans support envers avec pénétration
ss, mb	Soudage d'un seul côté avec support envers
bs, ng	Soudage des deux côtés sans gougeage par meulage
bs, gg	Soudage des deux côtés avec gougeage par meulage de la racine

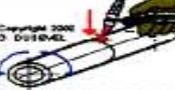
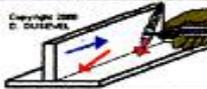
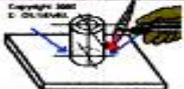
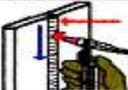
10 - Symbolisation des procédés de soudage de qualification

Le procédé ou les procédés de soudage sont indiqués pour chaque passe ou série de passes. La codification du procédé est réalisée suivant le cahier des charges applicable. Vous trouverez ci-dessous la codification des procédés suivant la **NF EN 24063 (ISO 4063)**.

Symbolisation des procédés de soudage de qualification	
Variable / Lien	Définition du procédé de soudage
111	Soudage à l'arc électrique avec électrodes enrobées
114	Soudage à l'arc électrique avec fil électrode fourré sans gaz
121	Soudage à l'arc électrique sous flux solide en poudre avec fil électrode
131	Soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil électrode fusible
135	Soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil électrode fusible
136	Soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil fourré électrode
137	Soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil fourré électrode
141	Soudage à l'arc en atmosphère inerte avec électrode de tungstène
15	Soudage à l'arc plasma
311	Soudage oxyacétylénique

11 - Symbolisation des positions de soudage

La ou les positions de soudage sont indiquées pour chaque passe ou série de passes. La codification de la position de soudage est réalisée suivant le cahier des charges applicable. Vous trouverez ci-dessous la codification des positions fondamentales de soudage suivant la **EN ISO 6947**.

Symbolisation des positions de soudage				
Variable / Lien	Bout Tôle	Bout tube	Angle tôles	Angle tube
Position JL045	Néant		Néant	Néant
Position HL045	Néant		Néant	Néant
Position PA				
Position PB	Néant	Néant		
Position PC			Néant	Néant
Position PD	Néant	Néant		Néant
Position PE		Néant	Néant	Néant
Position PF				
Position PG				

12 - Métal d'apport - Produit consommable

Le ou les métaux d'apport utilisés ainsi que les produits consommables sont précisés pour chaque passe ou série de passes. La désignation normalisée de réception du métal d'apport est indiquée suivant le cahier des charges applicable. La marque et la désignation commerciale permet de guider le soudeur lors de l'approvisionnement.

13 - Dimensions des métaux d'apport

La ou les dimensions des métaux d'apport utilisés sont précisées pour chaque passe ou série de passes. Le diamètre du fil ou de l'électrode est précisé. Lors de l'utilisation d'un anneau fusible, l'épaisseur et la hauteur de l'insert est précisé.

14 - Gaz industriel de soudage(si nécessaire)

La désignation commerciale et les pourcentages de la composition du gaz sont précisés pour chaque passe ou série de passes avec procédé de soudage avec gaz de protection (141, 131, 135, 136, 137, 15, 311).

- gaz de protection endroit, annulaire ou à la torche (si nécessaire)
- gaz de protection envers (si nécessaire)
- gaz plasmagène (si nécessaire)
- gaz traînard (si nécessaire)

15 - Flux de protection en poudre(si nécessaire)

La désignation commerciale et la désignation normalisée sont précisées pour chaque passe ou série de passes avec procédé de soudage avec flux en poudre (12).

16 - Diamètre et nature de l'électrode réfractaire

Le type normalisée selon NF EN 26848 de l'électrode de tungstène (électrode réfractaire ou infusible) et le diamètre sont précisés pour chaque passe ou série de passes avec les procédés de soudage 141 et 15.

Tungstène pur (couleur d'extrémité verte)

Tungstène thorié (0,5 à 4 % thorium - couleur d'extrémité rouge)

Tungstène cérié (0,5 à 4% cérium)

Tungstène zirconié (0,5 à 4% zirconium)

CODIFICATION ET COMPOSITION D'UNE ÉLECTRODE					
codification	% oxyde	Nature oxyde	Impuretés %	Tungstène %	Couleur repère
WP	/	/	< 0,20%	99,8%	vert
WT 4	0,35 à 0,55%	ThO ₂	< 0,20%	solde	bleu
WT 10	0,80 à 1,20%	ThO ₂	<0,20%	solde	jaune
WT 20	1,70 à 2,20%	ThO ₂	<0,20%	solde	rouge
WT 30	2,80 à 3,20%	ThO ₂	<0,20%	solde	violet
WT 40	3,80 à 4,20%	ThO ₂	< 0,20%	solde	orange
WZ 3	0,15 à 0,50%	ZrO ₂	< 0,20%	solde	brun
WZ 8	0,70 à 0,90%	ZrO ₂	<0,20%	solde	blanc
WL10	0,90 à 1,20%	LaO ₂	<0,20%	solde	noir
WC 20	1,80 à 2,20%	CeO ₂	<0,20%	solde	gris

17 - Nature du courant de soudage

La nature du courant de soudage est indiqué dans le descriptif :

- Courant continu (CC ou DC)
- Courant lisse ou courant pulsé
- Courant alternatif (CA ou AC)

18 - Polarité de l'électrode ou du fil

La polarité de l'électrode ou du fil à utiliser est indiquée dans le descriptif pour le courant continu :

- Polarité positive (+)
- Polarité négative (-)

19 - Paramètres de soudage

Les valeurs de l'intensité en Ampères, de la tension en Volts, de la vitesse de soudage en centimètres / minute, du dévidage du fil en centimètres ou mètres / minute, l'énergie de soudage en Joules / centimètre sont indiquées pour chaque passe ou série de passes dans le formulaire.

Intensité en Ampères - exemple : 180 A

Tension en Volts - exemple : 24 V

Vitesse de soudage - exemple : 26 cm / mn

Vitesse dévidage fil - exemple : 600 cm / mn

Énergie de soudage - exemple : 9970 J / cm

Mode de transfert - exemple : Pulvérisation

Sens de soudage - exemple : Torche tirée

Type de passe - exemple : passe large balayée

20 - Température de préchauffage (si nécessaire)

La température de préchauffage avant soudage doit être indiquée en degrés Celsius dans le formulaire principalement pour les aciers faiblement alliés et les aciers sensibles à la trempe.

21 - Température maximale entre passes (si nécessaire)

La température maximale entre passes à ne pas dépasser (vérifiée avant chaque nouvelle passe de soudure) doit être indiquée en degrés Celsius dans le formulaire.

22 - Nettoyage à réaliser entre passes (si nécessaire)

La méthode utilisée de nettoyage entre passes doit être indiquée :

- Meulage
- Brossage
- Dégraissage
- Burinage

23 - Support envers et gougeage (si nécessaire)

La présence d'un support envers (latte céramique ou latte cuivre) et la méthode utilisée pour assurer un gougeage envers éventuel doit être indiquée.

24 - Température de pré- chauffage et post-chauffage (si nécessaire)

Un Préchauffage est nécessaire pour les aciers ayant une teneur forte en carbone ou certain acier. Elle évite la fissuration et facilite la fusion du métal.

Un post-chauffage est nécessaire pour éviter un choc thermique, il faut redescendre la température progressivement. La température doit être indiquée en degrés Celsius avec le temps de maintien (voir abaque de l'acier à souder).

25 - Traitements thermiques après soudage (si nécessaire)

Un traitement thermique peut être réaliser après soudage pour enlever les tensions faite par la soudure. Les conditions de réalisation des traitements thermiques après soudage sont indiquée dans le formulaire.

- Vitesse de montée en °C / heure ou minutes
- Température maximale atteinte
- Durée de maintien en minutes ou heure
- Vitesse de refroidissement en °C / heure ou minutes

26 - Informations complémentaires (si nécessaire)

Toute information complémentaire nécessaire à la réalisation du soudage doit être consignée dans le formulaire :

- Inclinaison de la torche de soudage en automatique
- Distance tube de contact / pièce
- Largeur de balayage en automatique, temps d'arrêt
- Temps de pulsation, fréquence de pulsation, rapport cyclique
- Étuvage des produits d'apport
- Bridage de la pièce
- Redressage de la pièce
- Martelage de la soudure

27 - Contrôle de la soudure :

Un contrôle de la soudure peut être effectuer suivant le niveau exigé:

-Visuel

- Dimensionnel, Ressuage, Radiographique, Ultrason, Magnétoscopie

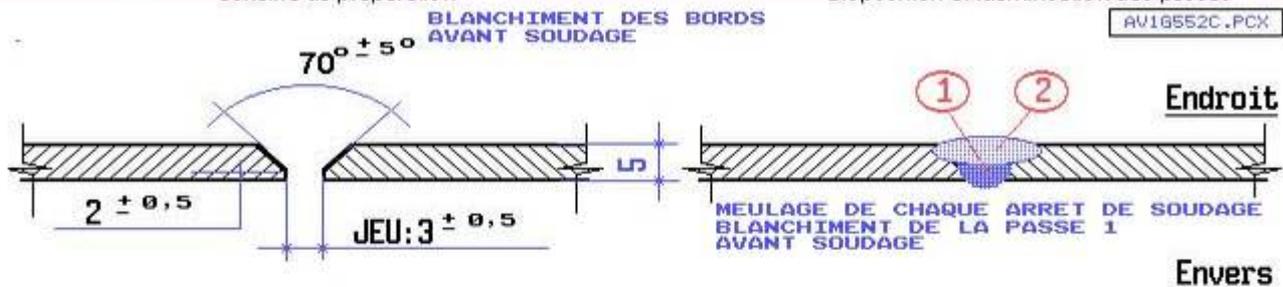
DMOS PROCEDE 111

Objet :
 N° Cahier : **Service DMOSP**
 N° Fiche : **111-P-BW-ss,nb-5-PA-W01**
 Chrono : **32** Révision : **A -18/05/2001** Page numéro : **32**

FICHE DE PROCEDURE TECHNIQUE D'UN CAHIER DE SOUDAGE

Schéma de préparation

Disposition et identification des passes



Procédé de soudage : **ARC MANUEL AVEC ELECTRODES ENROBEES BASIQUES**

Règle/Code : NF EN 238-3	Niveau : Classe 2	Epaisseur pièce 1 : De 5,00 à 5,00 mm
Numéro plan		Epaisseur pièce 2 : De / à / mm
Nuance 1 : S235JRG2	Groupe 1 : 1-W01	Diamètre pièce 1 : De / à / mm
Nuance 2 : /	Groupe 2 : /	Diamètre pièce 2 : De / à / mm

Soudure : Préparation des bords : **MEULAGE DU CHANFREIN** Type d'assemblage : **P-BW-ss,nb**

N° des passes	1	2		
Procédé de soudage	111	111		
Méthode d'exécution (Manuel/Auto)	MANUEL	MANUEL		
Position de soudage	PA	PA		
Produit d'apport : fil ou électrode	ELECTRODE	ELECTRODE		
Designation normalisée (codification)	E 70.18	E 70.18		
Type d'enrobage	B	B		
Diamètre en mm	Ø 2,50	Ø 3,15		
Flux de protection endroit - type	/	/		
Designation normalisée	/	/		
Designation commerciale	/	/		
Débit en l/mn (+ ou - 20%)	/	/		
Flux de protection envers - type	/	/		
Designation commerciale	/	/		
Débit en l/mn	/	/		
Gaz plasma - Désignation + Débit l/mn	/	/		
Gaz traînard - Désignation + Débit l/mn	/	/		
Electrode réfractaire - type et Ø	/	/		
Type de courant - Polarité électrode ou fil	CC (=) NEGATIVE	CC (=) POSITIVE		
Intensité I en Amp - Pulsé Min/Max- 20 %	75,0 A	115,0 A		
Tension U en Volts +/- 20 %	24,0 V	23,0 V		
Soudage pulsé (O/N) - Durée pulsation	NON	NON		
Fréquence (Hz) - Rapport cyclique (%)	/	/		
Vitesse d'exécution V en cm/mn	10,0 cm/mn	13,5 cm/mn		
Vitesse de dévidage du fil en cm/mn	/	/		
Energie de soudage J/cm (U x I x Ø)/V	10800,0 J/cm	11755,6 J/cm		
Nettoyage des passes - Nature	MEULAGE	MEULAGE		
Reprise envers - Gougeage - Nature	/	/		
Amorçage Haute fréquence (O/N)	NON	NON		
Régulation de tension d'arc (O/N)	NON	NON		

Ecroûissage de la soudure : NON Bridage de l'assemblage : NON Martelage de la soudure : NON Redressage de la pièce : NON
 Température mini de préchauffage (°C) : NEANT Température de postchauffage °C : NEANT
 Température maxi. entre passes en °C : 200,0° C Durée de maintien postchauffage : NEANT minutes

Traitement thermique après soudage : NON	vit. montée °C/h	/	Temp. maxi. en °C :	/	Durée maintien en mn :	/
CONTROLES REALISES	3 3	3 4	3 5	3 6 / 3 7	3 8	3 9
	Visual soudure	Dimensionnel	Reassuage	Radiographie	Ultrasons	Magnétoscopie
% du contrôle	100%	100%	100%	100%		
1 ou 2 faces	2 FACES	2 FACES	2 FACES	Rayons X		

Copyright © Mai 2001 - Soudage 2000 - Service gratuit en ligne DMOSP - <http://www.soudage.org> - <http://www.chez.com/soudage2000>

F O U R N I S S E U R

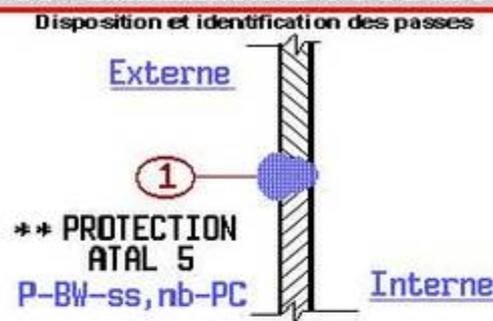
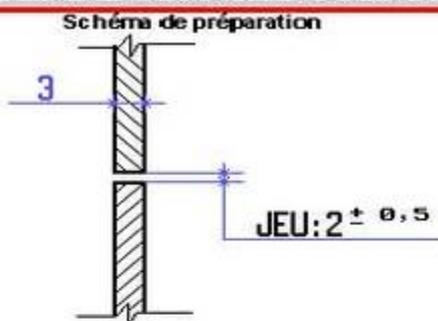
I N G E N I E R I E

serv_dmosp.fr.x

A	18/05/2001					
Rév.	DATE	NOM	VISA	DATE	NOM	VISA

DMOS PROCÉDE 135

FICHE DE PROCEDURE TECHNIQUE D'UN CAHIER DE SOUDAGE



Procédé de soudage : **MAG COURANT LISSE FIL NU PLEIN AVE C GAZ ACTIF**

Règle/Code : NF EN 288-3	Niveau : NIVEAU B	Epaisseur pièce 1 : De 3,00 à 3,00 mm
Numéro plan :		Epaisseur pièce 2 : De / à / mm
Nuance 1 : S235 JRG 2	Groupe 1 : 1-W01	Diamètre pièce 1 : De / à / mm
Nuance 2 : /	Groupe 2 : /	Diamètre pièce 2 : De / à / mm

Soudure : Préparation des bords : **CISAILLAGE/MEULAGE** Type d'assemblage : **P-BW-ss,nb**

N° des passes	1			
Procédé de soudage	135			
Méthode d'exécution (Manuel/Auto)	SEMI-AUTO			
Position de soudage	PC			
Produit d'apport : fil ou électrode	FIL NU PLEIN			
. Désignation normalisée (codification)	ER 70 S 6			
. Type d'enrobage	S			
. Diamètre en mm	Ø 1,00			
Flux de protection endroit - type	GAZ			
. Désignation normalisée	Ar+ 18% CO2			
. Désignation commerciale	ATAL 5			
. Débit en l/mn (+ ou - 20%)	16,0 l/mn			
Flux de protection envers - type	/			
. Désignation commerciale	/			
. Débit en l/mn	/			
Gaz plasma - Désignation + Débit l/mn	/			
Gaz trainard - Désignation + Débit l/mn	/			
Electrode rétractaire - type et Ø	/			
Type de courant - Polarité électrode ou fil	CC(-) POSITIVE			
Intensité I en Amp - Pulsé Min/Max	85,0 A / 105,0 A			
Tension U en Volts	15,0 / 17,0 V			
Soudage pulsé (O/N) - Durée pulsation	NON			
Fréquence (Hz) - Rapport cyclique (%)	/			
Vitesse d'exécution V en cm/mn +/- 20 %	15,0 cm/mn			
Vitesse de dévidage du fil en cm/mh 20 %	380,0			
Energie de soudage J/cm (U x I x 60)/V	6080,0 J/cm			
Nettoyage des passes - Nature	BROSSAGE			
Reprise envers - Gougeage - Nature	/			
Amorçage Haute fréquence (O/N)	NON			
Régulation de tension d'arc (O/N)	NON			

Ecroissance de la soudure : **NON** Bridage de l'assemblage : **NON** Martelage de la soudure : **NON** Redressage de la pièce : **NON**
 Température mini de préchauffage (C°) : **NEANT** Température de postchauffage °C : **NEANT**
 Température maxi. entre passes en °C : **NEANT** Durée de maintien postchauffage : **NEANT** minutes

Traitement thermique après soudage : **NON** Vit. montée °C/h : / Temp. maxi. en °C : / Durée maintien en mn : /

CONTROLES REALISES	33	34	35	36 / 37	38	39
	Visuel soudure	Dimensionnel	Ressuage	Radiographie	Ultrasons	Magnétoscopie
% du contrôle	100%	100%		100%		
1 ou 2 faces	1/2 faces	1/2 faces		Rayons X		

Copyright © 2003 - Soudeur.com - Le portail du soudeur et des métiers du soudage - Service en ligne DMO SP - <http://www.soudeur.com>

F O U R N I S S E U R

I N G E N I E R I E

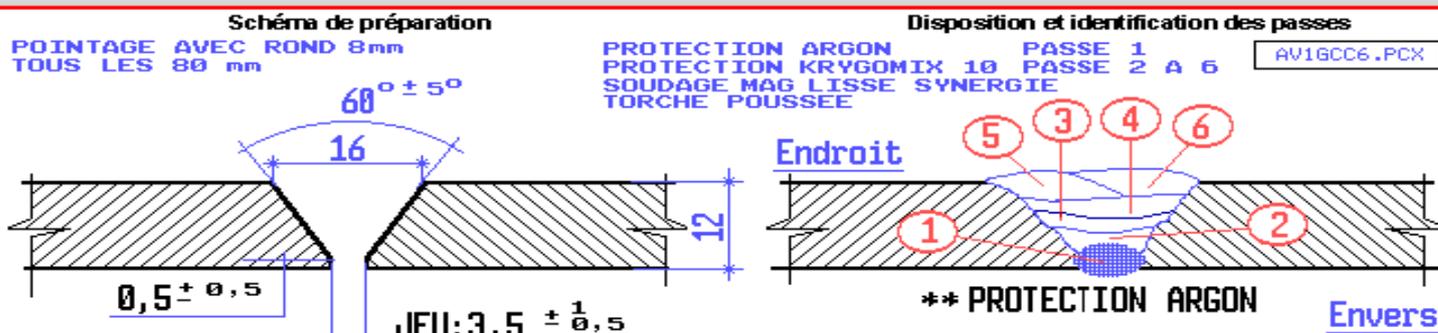
A	07/04/2003					
Rév.	DATE	NOM	VISA	DATE	NOM	VISA

DMOS PROCEDE 141 - 135

Type doc. DPQ	Radical commande	N° d'ordre	Révision Rév.
-------------------------	------------------	------------	-------------------------

Objet :
 N° Q.M.O.S. :
 N° D.M.O.S.P. :
 Page numéro : 1

DESCRIPTIF DE MODE OPERATOIRE DE SOUDAGE PREPARATOIRE



Procédé de soudage : **TIG MANUEL + MAG FIL NU COURANT LISSE AVEC GAZ ACTIF**

Règle/Code :	Norme de référence nuance 1	Epaisseur pièce 1 :	12,00	mm
Niveau :	NF A 35-501 04/1987	Epaisseur pièce 2 :	/	mm
Nuance 1 : E 24.2	Norme de référence nuance 2	Diamètre pièce 1 :	/	mm
Nuance 2 : S235JO	/	Diamètre pièce 2 :	/	mm

Préparation des bords : **MEULAGE DU CHANFREIN** Type d'assemblage codifié : **P-BW-ss,nb**

N° des passes	1	2	3	4	5-6
Procédé de soudage	141	141	135	135	135
Méthode d'exécution (Manuel/Auto)	MANUEL	SEMI-AUT O	SEMI-AUT O	SEMI-AUT O	SEMI-AUT O
Position de soudage	PA	PA	PA	PA	PA
Produit d'apport : fil ou électrode	FIL NU PLEIN				
. Désignation normalisée (codification)	ER 70 S4	ER 70 S4	ER 70 S6	ER 70 S6	ER 70 S6
. Type d'enrobage	SANS	SANS	.	.	.
. Diamètre en mm	Ø 2,00	Ø 2,00	Ø 0,80	Ø 0,80	Ø 0,80
Flux de protection endroit - type	GAZ	GAZ	GAZ	GAZ	GAZ
. Désignation normalisée	Ar	Ar	Ar+5% CO2+5% O2	Ar+5% CO2+5% O2	Ar+5% CO2+5% O2
. Désignation commerciale	ARGON	ARGON	KRYGOMIX 10	KRYGOMIX 10	KRYGOMIX 10
. Débit en l/mn (+ ou - 20%)	10,0	10,0	18,0	18,0	18,0
Flux de protection envers - type	GAZ	GAZ	/	/	/
. Désignation commerciale	ARGON	ARGON	/	/	/
. Débit en l/mn	8,0	6,0	/	/	/
Gaz plasma - Désignation + Débit l/mn	/	/	/	/	/
Gaz trainard - Désignation + Débit l/mn	/	/	/	/	/
Electrode réfractaire - type et Ø	W+ 2% Th Ø 2,00	W+ 2% Th Ø 2,00	/	/	/
Type de courant - Polarité électrode ou fil	CC(=) NE GATIVE	CC(=) NE GATIVE	CC(=) POSITIVE	CC(=) POSITIVE	CC(=) POSITIVE
Intensité I en Ampères - Pulsé Mini/Maxi	85,0 A	120,0 A	150,0 A	160,0 A	155,0 A
Tension U en Volts	13,5 V	12,5 V	28,0 V	28,4 V	28,4 V
Soudage pulsé (O/N) - Durée pulsation (s)	NON	NON	NON	NON	NON
Fréquence (Hz) - Rapport cyclique (%)	/	/	/	/	/
Vitesse d'exécution V en cm/mn	3,7 cm/mn	6,0 cm/mn	28,0 cm/mn	15,0 cm/mn	16,0 cm/mn
Vitesse de dévidage du fil en cm/mn	/	/	920,0 cm/mn	920,0 cm/mn	920,0 cm/mn
Energie de soudage J/cm (U x I x 60)/V	18608,1 J/cm	15000,0 J/cm	9000,0 J/cm	18176,0 J/cm	16507,5 J/cm
Nettoyage des passes - Nature	BROSSAGE	BROSSAGE	BROSSAGE	BROSSAGE	BROSSAGE
Reprise envers - Gougeage - Nature	/	/	/	/	/
Amorçage Haute fréquence (O/N)	OUI	NON	NON	NON	NON
Régulation de tension d'arc (O/N)	NON	NON	NON	NON	NON

Ecrouissage de la soudure : **NON** Bridage de l'assemblage : **NON** Martelage de la soudure : **NON** Redressement de la pièce : **NON**
 Température mini de préchauffage (C°) : **NEANT** Température de postchauffage C° : **NEANT** Durée de maintien : /
 Température maxi. entre passes en C° : **250,0**

Traitement thermique après soudage : **NON** Vit. montée °C/h : / Temp. maxi. en C° : / Durée maintien en mn : /

CONTROLES REALISES	33	34	35	36 / 37	38	39
Visuel soudure		Dimensionnel	Ressuage	Radiographie	Ultrasons	Magnétoscopie
% du contrôle	100%	100%	100%	100%	NEANT	NEANT
1 ou 2 faces	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1 / 2	/	/

F O U R N I S S E U R

I N G E N I E R I E

dmos_html.fx

A	04/08/2000				
Rév.	DATE	NOM	VISA	DATE	NOM
					VISA

QUALIFICATION DE SOUDAGE

1) La qualification du personnel soudeur

Elle sanctionne la dextérité et l'habileté d'une personne dans l'exécution d'un travail précis de soudage. Cette vérification a aussi pour but de reconnaître l'aptitude du soudeur à mettre en œuvre des consignes précises, rédigées sur un DMOS, comme la préparation des bords à souder, le choix des métaux d'apport et des gaz industriels de soudage, les techniques de soudage à mettre en œuvre, les précautions à respecter. La qualification de soudeur est réalisée d'après les directives d'une norme européenne suivant le matériaux à souder:

NF EN 287-1 : 2004 pour le soudage par fusion des aciers

NF EN ISO 9606-2 pour l'aluminium et ses alliages

NF EN ISO 9606-3 pour les cuivres et ses alliages

NF EN ISO 9606-4 pour les nickels et ses alliages

NF EN ISO 9606-5 pour le titane et ses alliages , le zirconium et ses alliages

2) Les informations disponibles sur le certificat de qualification

C'est un organisme de contrôle qui délivre ce certificat il est inscrit :

- la partie administrative du soudeur
- de l'entreprise
- du contrôleur...
- la partie technique du DMOS (position, procédé, matière, type de contrôles...)

Il définit les domaines d'équivalences de qualification.

3) Détails d'un certificat de qualification de soudeur

NUMERO CERTIFICAT : 1111
ESSAI NUMERO : 1111

CERTIFICAT DE QUALIFICATION DE SOUDEUR

SYMBOLISATION : A EN 287-1,141,T,BW,W11,wm,103,D168,H,1045,sa,rb
 B EN 287-1,111,T,BW,W11,RB,104,D168,H,1045,sa,rb

Code/Norme de qualification : NF EN 287-1/A1:1997
 N° de référence du D.M.O.S. : 141-B-6GT-100,2x7,11
 Noms et prénoms du soudeur : NOMSOUDEUR PrénomSOUDEUR
 AA22315
 Repos de l'assemblage : 120
 7.50.279.291.00
 Date et lieu de naissance : 12 juillet 1968 ILE PELEE
 Employeur : SOCIETE FACTICE
 ESSAI CERTIFICAT
 Compétence technologique : Non vérifiée
 Code usure : 3578

Procédure de soudage : J 141 MANUEL 141 - Soudage TIG en atmosphère inerte.
 T 111 MANUEL 111 - Soudage ARC avec électrode enrobée.
 T - P - Plaquages

Titre (P ou T) ou T (T) : T
 Type d'assemblage : BW - FW
 Mode d'assemblage : J sa,rb sa,mb - ba,gb - ba,ng
 sa,mb - ba,gb

Groupes autorisés de base : W11 W01-W02-W03-W04-W11 (*)
 W11(W01-W02-W03-W04) (*)

Normes autorisées de base : Z 2 CN 10.10 A-RA-N-1-RB-RB - groupes W11

Types de métaux (d'appui) : J wm AWS ER 308 L wm - groupes W11
 A RB SA/FINOX R CN 10.8.8 A-RA-N-1-RB-RB - groupes W11

Epaisseur de base : J 7,11 De : 3,00 mm mini à 14,22 mm maxi
 Métal de pose : J 3,00 De : 3,00 mm mini à 8,00 mm maxi
 Métal de pose : J 4,11 De : 3,00 mm mini à 8,22 mm maxi

Quantité continue de base : J 168,30 De diam. ext. : 84,2 mm à tout diam. sup.

Position de soudage : H-1045 [P,BW] : PA - PC - PF - PE
 [P,BW] : PA - PB - PF - PD
 [T,BW] : PA - PF - PC - H-1045
 [T,FW] : PA - PB - PF - PD

Gaz de protection et flux : J ARGON GAZ INERTES
 A I

Les renseignements complémentaires sont indiqués dans le D.M.O.S. référencé ci-dessus.

ORGANISME D'INSPECTION : BUREAU VERITAS
 Inspecteur habilité : DUBIVEL Dominique
 Numéro de permis : BV 325
 Signature :
 Date d'habilitation : 10 mai 2003
 Lieu d'établissement : BEAUMONT HAGUE
 Date de départ de validité : 15 mai 2005
 Certificat valide jusqu'à : 12 mai 2005

4) Durée de validité d'un certificat de qualification

La durée de validité est de 2 ans dès sont d'obtention.

Tous les 6 mois elle doit être revalider par l'employeur, le soudeur doit avoir réalisé 2 soudures minimum avec contrôle non destructif de compacité pour les bout à bout et contrôle destructif pour les soudures d'angle. Il ne doit pas avoir d'interruption d'activité dans les travaux de soudage de plus de six mois. Tous les deux ans, le certificat de qualification doit être reconduit par un organisme officiel de certification.

- Notion de prix :
- Ø 13,5 x 2,3 - 140 Euros
 - Ø 80,0 x 12,5 - 270 Euros
 - Ø 168,3 x 15 - 310 Euros
 - Ø 340 x 12 mm - 760 Euros

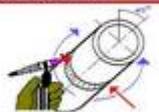
5) Exemple de qualification de soudage

01	CERTIFICAT NUMERO	PAGE
	NUMERO CERTIFICAT	1 / 2
02	IDENTIFICATION PARTICULIERE	
	ESSAI NUMERO	

CERTIFICAT DE QUALIFICATION DE SOUDEUR

04	SYMBOLISATION :	A	EN 287-1,141,T,BW,W11,wm,t03,D168,H-L045,ss,nb
		B	EN 287-1,111,T,BW,W11,RB,t04,D168,H-L045,ss,mb
05	Code/Norme de qualification :	NF EN 287-1/A1:1997	
06	N° de référence du D.M.O.S. :	141-IB-6GT-168,3x7,11	
07	Nom et prénom du soudeur :	NOMSOUDEUR Prénomsoudeur	
08	Repère du soudeur :	AA22315	
09	Numéro de Sécurité Sociale :	1.58.07.50.279.235.89	
10	Date et lieu de naissance :	12 juillet 1958 ILE PELEE	
11	Employeur :	SOCIETE FACTICE	
12	Repère de l'assemblage :	ESSAI CERTIFICAT	
13	Compétence technologique :	Non vérifiée	
		Code interne :	3378

Photographie
d'identité
(si exigée)

VARIABLES DE QUALIFICATION		DETAILS DE L'EPREUVE PRATIQUE		DOMAINE DE VALIDITE DE LA QUALIFICATION
15	Procédé(s) de soudage	A	141 MANUEL	141 - Soudage TIG en atmosphère inerte.
		B	111 MANUEL	111 - Soudage ARC avec électrode enrobée.
16	Tôle (P) ou Tube (T)	T		T - P - Piquages
17	Type d'assemblage	BW		BW - FW
18	Mode d'assemblage	A	ss,nb	ss,mb - ss,nb - bs,gg - bs,ng
		B	ss,mb	ss,mb - bs,gg
19	Groupe(s) matériau(x) de base	W11		W01-W02-W03-W04-W11 (*) W11/(W01-W02-W03-W04) (*)
20	Nuance(s) matériau(x) de base	Z 2 CN 18.10		
21	Type(s) des métaux d'apport	A	wm AWS ER 308 L	wm - groupe W11
		B	RB SAFINOX R CN 18.8 S	A-RA-R-RC-RR-RB - groupe W11
22	Epaisseur en mm	Assemblage (t)	7,11	De 3,00 mm mini à 14,22 mm maxi
23	(Passe de pénétration)	Métal déposé A	3,00	De 3,00 mm mini à 6,00 mm maxi
	(Passe de remplissage)	Métal déposé B	4,11	De 3,00 mm mini à 8,22 mm maxi
24	Diamètre extérieur tube en mm	168,30		De diam. ext. 84,2 mm à tous diam. sup.
25	Position de soudage			[P.BW] : PA - PC - PF - PE
				[P.FW] : PA - PB - PF - PD
				[T.BW] : PA - PF - PC - H-L045
				[T.FW] : PA - PB - PF - PD
26	Gaz de protection ou Flux	A	ARGON	GAZ INERTES
		B	/	/
Les renseignements complémentaires sont indiqués dans le D.M.O.S. référencé ci-dessus.				

28 Nota (*) : Le domaine de validité ne reste valable que si le soudage de l'assemblage est réalisé avec un matériau d'apport du groupe W11.

29 Nota (2) : Sous réserve que le certificat soit signé tous les 6 mois par l'employeur ou le superviseur sur la page 2/2

CONTROLES, EXAMENS, ESSAIS		ACCEPTES	NON REQUIS	ORGANISME D'INSPECTION : NOM DE L'ORGANISME	
31	Visuel	OUI -	/	Inspecteur habilité : INSPECTEUR Jacques	
32	Radiographie	OUI -	/	Numéro du poinçon : CODE 123	
33	Ultra-sons	/	N.R.	Signature :	
34	Magnétoscopie	/	N.R.	Date d'établissement : 13 mai 2001	
35	Ressuage	OUI -	/	Lieu d'établissement : BEAUMONT HAGUE	
36	Macrographies	OUI -	/	Date de départ de validité : 13 mai 2001	
37	Textures	/	N.R.	Certificat valable jusqu'au : 12 mai 2003	
38	Pliages	/	N.R.	(2)	
39	(3)		(4)	IND SD 012 .T.	
40	(3) Contrôles, examens ou essais complémentaires	(4) Annexer les fiches de résultats, si exigées			

ORGANISME OFFICIEL - Adresse postale - Boite postale - Code postal et Localité - Tél. - Fax

RESUME

Autogène : fusion du métal de base et d'apport

hétérogène : le métal de base n'est pas fondu, (soudobrasage, brasage)

21 soudage par point par résistance

-Les pièces à souder sont superposées et sont serrées localement entre deux électrodes en alliage de cuivre

Rapidité d'exécution, limitation des déformations

Soudage de différents métaux comme l'acier, l'inox,, l'aluminium...

97 soudobrasage

-C'est l'assemblage de deux métaux de nature identique ou différentes par l'utilisation d'un métal d'apport (laiton) dont le point de fusion est inférieur à celui des deux autres en utilisant un métal d'apport en laiton (cuivre + zinc) et accompagné d'un decapant (poudre, liquide, gazeux)

Permet le soudage de différents métaux comme l'acier, l'inox,, acier galvanisés, l'aluminium, fonte, cuivre...

111 soudage à l'arc électrique avec électrode enrobée

- Fusion du métal produit par le contact de l'électrode générée par un arc électrique (âme + enrobage)

-Économique, soudage toutes positions et de différents métaux (acier, inox, fonte,alu..)

-Calcul intensité à plat $50 \times (\varnothing \text{ de l'électrode} - 1)$

- Calcul intensité en angle $50 \times (\varnothing \text{ de l'électrode} - 1) + 20\%$

- Électrode rutile travaux courant (polarité -)

- Électrode basique travaux relevant des caractéristiques mécaniques (polarité +)

131: MIG Métal Inert Gas : les aciers inoxydable, aluminium, cuivre...

135: MAG - Métal Active Gas : aciers ordinaire.

Fusion du métal généré par le fil l'électrode en fil fusible au contact de la pièce et protégé par un jet de gaz

U = la tension de l'arc en volts V

I = l'intensité de l'arc en ampères A

v = vitesse du fil ,

Forte productivité, automatisable et utilisable en robotique

121 Arc automatique sous flux solide

- Fusion du métal produit par le contact du métal d'apport générant un arc électrique (non visible) et protéger par un flux en poudre.

-Grande vitesse d'exécution, forte pénétration, soudage sur installation automatique, et de différents métaux (acier allié, inox)

141 Tungstène inert gaz TIG

procédé à l'arc sous protection de gaz inerte (Argon) avec une électrode infusible (tungstène) doù jaillit l'arc ou l'on peut ajouter un métal d'apport Travail fin et précis, bonnes caractéristiques mécaniques

Suivant le type de courants électrique :

Continu symbole = DC: Aciers ordinaire, aciers inoxydable, cuivre, titane...

Alternatif symbole ~ AC : aluminium

Débit du gaz de protection est de 5 à 25 litres/minute,

Sécurité: Lors du soudage des règles de sécurité doivent être appliquées:

Le poste doit avoir aucune anomalie (fil électrique, tuyau, poste,...)

Utilisation des protections personnelles et d'outillage :bleu, chaussure de sécurité, gant, bouchons d'oreilles, lunette, cagoule, tablier, guêtre, pince, brosse...

Un réglage approprié de l'intensité et ou du débit de gaz

- Préparer votre poste de travail pour travailler dans la meilleur position
- Installer les protections collectives : aspiration, écran protecteur
- Ventiler votre zone de travail contre les risques d'intoxication
- Nettoyer et ranger votre poste de travail

311 oxyacétylénique OA

Soudage à la flamme autogène. d'une flamme née de la combustion d'un gaz combustible (acétylène) et d'un gaz comburant (l'oxygène), température de la flamme 3200° Celsius. ou l'on peut ajouter un métal d'apport

Le débit s'exprime en litres d'acétylène par heure

On l'utilise pour les tôle fine, tube de petit diamètre (chauffagiste), déformation importante, onéreux et lent
- Permet le soudage de différents métaux comme l'acier, la fonte, l'aluminium, le cuivre...

L'acétylène: ogive marron, tuyau rouge, pression de la bouteille 15 bar, pression d'utilisation 0.2 à 0.8 bar. (carbure de calcium)

L'oxygène: ogive blanche, tuyau bleu, pression de la bouteille 200 bar, pression d'utilisation 1 à 2.5 bar

Il est obtenu par liquéfaction de l'air.

Préparation des joints à souder

Pour certaine préparation il faut , un chanfrein, talon de 1.5mm et un jeu 3 à 4 mm.

Types de préparation: Bord relevé, Bord a bord avec ou sans jeu, Chanfrein Y, Chanfrein X avec talon; Tulipe ou U, à clin, chanfrein naturel, en angle

Traitements thermiques TTH

La trempe augmente la dureté d'un métal, en le chauffant à une température et en le refroidissant plus ou moins rapidement.

Le revenu est effectué obligatoirement après une trempe, il a pour but de diminuer la fragilité du métal trempé

Le recuit consiste à chauffer un métal pour lui rendre les propriétés qu'il avait perdu lors de traitements antérieurs (trempe, recuit, soudure, etc...).

ZAT : zone affectée thermiquement, c'est une trempe qui se situe autour de la soudure

Déformation des soudures:

Brider la pièce par (clame, pontet, boulonnage,..) ou la pré déformer et alterner les soudures

Retrait de soudage lorsqu'il y a un jeu, il est de $\frac{1}{2}$ du jeu de

Méthodes de redressement: marteler la soudure, redresser la pièce à la presse, chauffe de retrait (chauffer au chalumeau et et refroidir brusquement

Défauts des soudures:

Du à la matière à souder, au mauvais paramètres lors du soudage

Fissures, soufflure, inclusion de laitier, caniveau, surépaisseur, déformation angulaire, trou, rochage, projection de métal en fusion, ...

Contrôles des soudures:

Non destructifs: contrôle visuel et dimensionnement, ressuage, radiographie, magnétoscopie, ultrason, mise sous pression...

Destructifs: macrographie, essais de pliage, traction, dureté, résilience, ...

Pour ces essais des éprouvettes sont prélevées (métal de base ou de la soudure).

Définition d'un descriptif de mode opératoire de soudage (D.M.O.S.)

un formulaire sur lequel sont consignés toutes les opérations, instructions, informations nécessaires pour obtenir un assemblage soudé de qualité

La qualification du personnel soudeur

Elle sanctionne la dextérité, l'habileté dans l'exécution d'un travail précis de soudage. validité est de 2 ans tous les 6 mois revalidée par l'employeur, le soudeur doit avoir réalisé 2 soudures minimum

NOM ET ADRESSE DU FOURNISSEUR	N° DMOS	
LPR JEAN PROUVE 63 rue de Bonsecours 54000 NANCY	Page	
	N° commande	

DESCRIPTIF DE MODE OPERATOIRE DE SOUDAGE - DMOS

Schéma de préparation

Schéma d'identification des passes

Nuance 1 :	Groupe 1 :	Norme référence nuance 1 :	Ep pièce 1 :	Ø pièce 1 :
Nuance 2 :	Groupe 2 :	Norme référence nuance 2 :	Ep pièce 2 :	Ø pièce 1 :
Préparation des bords :			Type d'assemblage :	

N° des passes					
Procédé de soudage					
Méthode d'exécution (manuel /auto)					
Position de soudage					
Produit d'apport : fil ou électrode					
Désignation normalisée (codification)					
Type d'enrobage					
Diamètre en mm					
Flux de protection endroit – type					
Désignation normalisée					
Désignation commerciale					
Débit en L/min (+ ou - 20%)					
Flux de protection envers – type					
Désignation commerciale					
Débit en L/min (+ ou - 20%)					
Gaz plasma – désignation – débit l/min					
Gaz trainard - désignation – débit l/min					
Electrode réfractaire – type et Ø					
Type de courant – Polarité électrode du fil					
Intensité I en Ampères – Pulsé mini et maxi					
Tension U en Volts					
Soudage pulsé(O/N) durée de pulsation					
Vitesse d'exécution V en cm/min					
Vitesse de dévidage du fil en cm/min					
Energie de soudage J/cm (U x I x 60) : v					
Nettoyage des passes					
Reprise envers Gougeage – nature					
Amorçage haute fréquence (O/N)					
Régulation de l'arc (O/N)					

Ecrouissage de la soudure	Bridage de l'assemblage	Martelage de la soudure	Redressage de la pièce
Température mini préchauffage en °C	Température mini Post chauffage en °C	Durée de maintien	
Température maxi entre passes en °C			

Contrôle réalisé	Visuel soudure	Dimensionnel	Ressuage	Radiographie	Ultrason	Magnétoscopie	
% du contrôle							
1 ou 2 face							

FOURNISSEUR				INGENIERIE			
A					GUSTIN		
Rev	DATE	NOM	VISA	DATE	NOM	VISA	