LYCEE HENRI DARRAS	***LE SOUDAGE T I G***	***Nom:***
Date:	*Tungstène inerte gaz* ***N° 141***	***Section:***

1) Principe : - *l'arc est crée entre la pièce et une électrode de tungstène non fusible*
- *métal d'apport le est introduit comme en soudage oxyacétylénique par une baguette séparée.*
- *un gaz neutre protège le bain de fusion contre l'air ambiant*

a) le métal d'apport :
- *il est de même nature que le métal à assembler*

b) le gaz :
- *protège le bain de fusion contre l'oxydation de l'air*

Les atmosphères inertes sont constituées par de l'argon ou des mélanges à base d'argon .

Le procédé permet l'assemblage :
- *les aciers au carbone*
- *les aciers inoxydables*
- *les alliages légers ou cuivreux*

Selon la nature du métal à souder 2 types de courants seront employés

2) Nature du courant de soudage :

a) le courant continu : - ***à*** *l'électrode*
+ ***à*** *à la masse*

pour l'assemblage : *des aciers au carbone des alliages cuivreux et inoxydables*

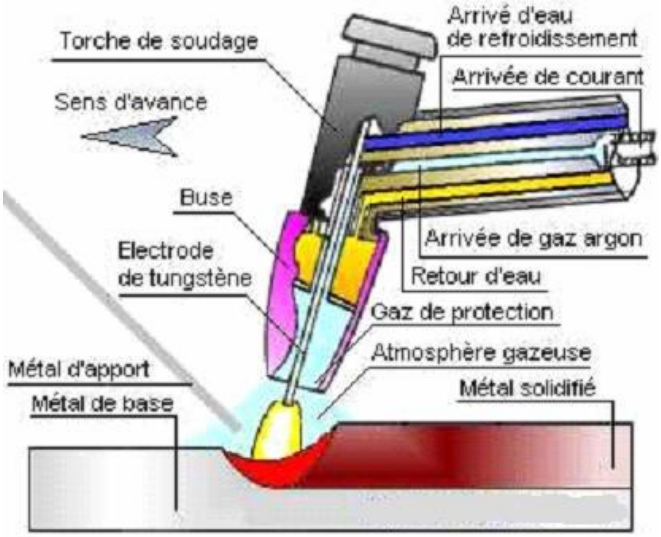
b) le courant alternatif : *obligatoire pour souder l'aluminium et les alliages légers*

cette forme de courant permet de briser la couche d'alumine infusible.

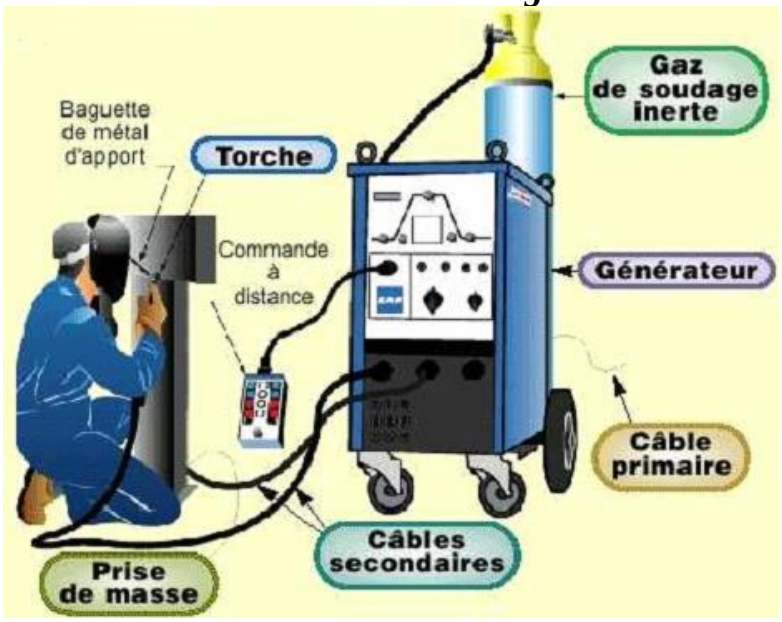
LYCÉE HENRI DARRAS	*LE SOUDAGE T I G*	***Nom:***
Date:	*Tungstène inerte gaz N° 141*	***Section:***

3) Composition du matériel

La torche



Le matériel de soudage

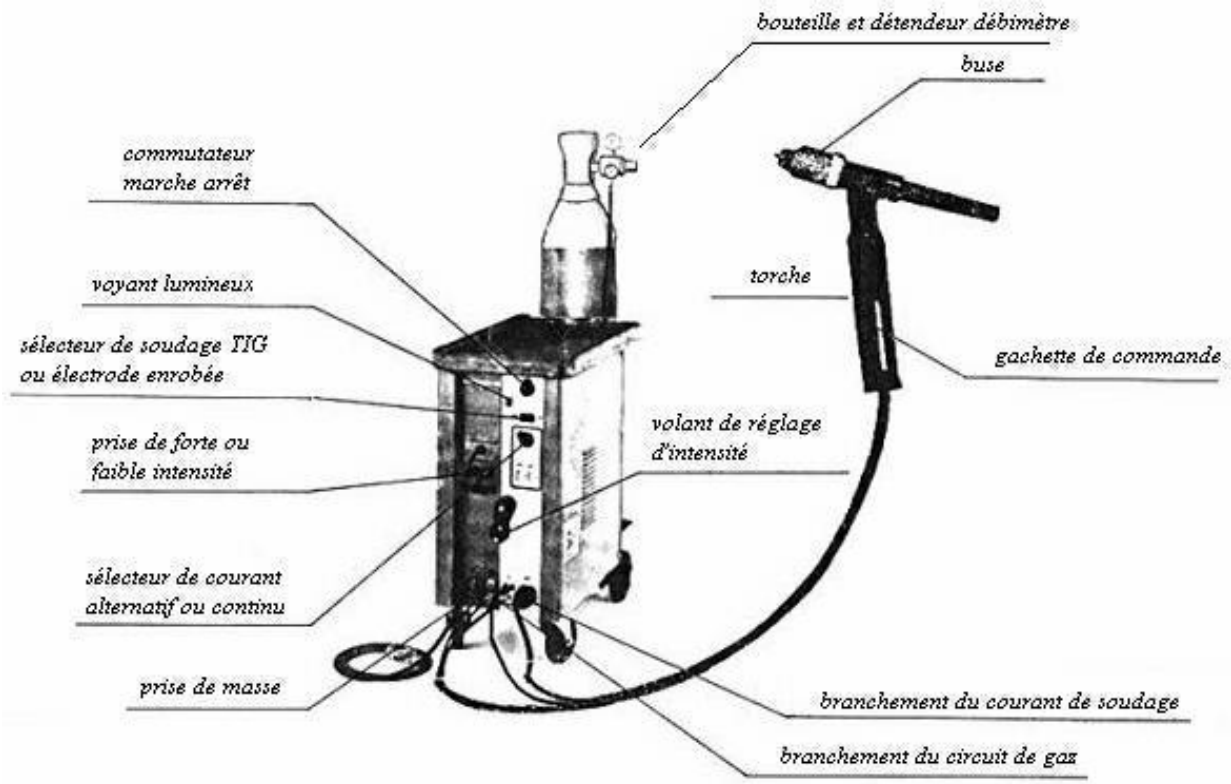


Avantages du procédé : *Possibilité d'assembler pratiquement tous les métaux*
Soudage toutes positions
Pas de laitier
Faibles déformations

Inconvénients : *Attention à l'inclusion de tungstène en cas de maladresse*
Veiller à l'apport constant de gaz

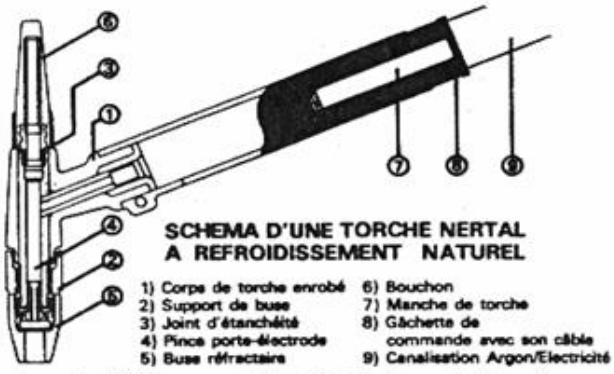
LYCÉE HENRI DARRAS	***LE SOUDAGE T I G N°141***	***Nom:***
Date:	***composition du matériel***	***Section:***

Le générateur de soudage :



Le générateur de soudage, transforme le courant du réseau en courant de soudage alternatif ou continu,suivant les métaux à assembler

La torche : *Elle est identique quel que soit le courant de soudage utilisé*
à refroidissement naturel pour les faibles intensités < 200 ampères
par circulation d'eau pour les fortes intensités >200 ampères



buse de 6 à 9 mm pour intensités inferieures à 70 ampères
buse de 9 à 11 mm pour intensités de 70 à 150 ampères
buse de 11 à 13 mm pour intensités de 150 à 250 ampères
buse de 13 à 16 mm pour intensités de250 à 300 ampères

La buse : *Son diamètre est fonction de l'intensité utilisé et de la position de soudage.*
Elle est en matière réfractaire (pyrex, Stéatite,alumine frittée).

LYCEE HENRI DARRAS

LE SOUDAGE T I G N° 141

Nom:

Date:

composition du matériel

Section:

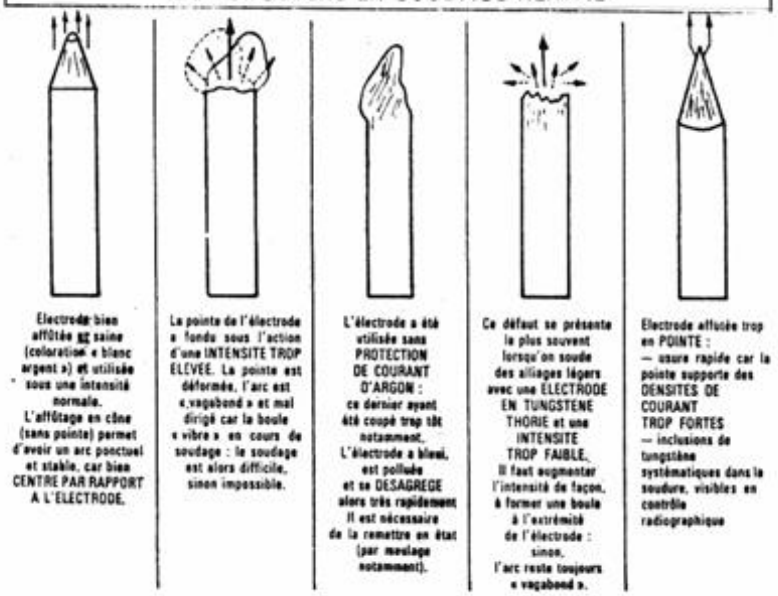
L'électrode :

Elle est en tungstène thorié non fusible son diamètre varie entre 1 et 8 mm.

INTENSITÉS ADMISSIBLES SUR L'ÉLECTRODE DE TUNGSTÈNE SUIVANT LA NATURE DU COURANT ET DE L'ÉLECTRODE, AINSI QUE LE DIAMÈTRE

Ø	Courant alternatif		Courant continu (polarité directe)	
	Tungstène pur	Tungst. thorié	Tungstène pur	Tungst. thorié
1	10- 50 A	20- 70 A	10- 70 A	10- 80 A
1,6	40- 80 A	50-100 A	50-100 A	50-120 A
2	60-110 A	60-180 A	90-160 A	90-190 A
3	90-180 A	150-270 A	140-260 A	170-300 A
4	160-240 A	220-320 A	220-380 A	260-450 A
5	200-340 A	300-400 A	350-550 A	400-650 A
6	300-450 A	350-550 A	500-700 A	600-800 A
7	400-600 A	500-700 A		
8	550-750 A	650-800 A		

TABLEAU DE QUELQUES INCIDENTS OBSERVÉS SUR L'ÉLECTRODE DE TUNGSTÈNE EN SOUDAGE NERTAL



Electrode bien affûtée et saine (coloration « blanc argent ») et utilisée sous une intensité normale. L'affûtage en cône (sans pointe) permet d'avoir un arc ponctuel et stable, car bien CENTRE PAR RAPPORT A L'ELECTRODE.

La pointe de l'électrode a fondu sous l'action d'une INTENSITE TROP ELEVÉE. La pointe est déformée, l'arc est « vagabond » et mal dirigé car la boule « vibre » en cours de soudage : le soudage est alors difficile, sinon impossible.

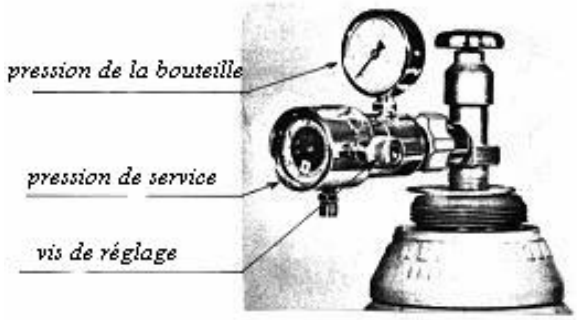
L'électrode a été utilisée sans PROTECTION DE COURANT D'ARGON : ce dernier ayant été coupé trop tôt notamment. L'électrode a bleui, est polluée et se DESAGREGE alors très rapidement. Il est nécessaire de la remettre en état (par meulage notamment).

Ce défaut se présente le plus souvent lorsqu'on soude des alliages légers avec une ELECTRODE EN TUNGSTENE THORIE et une INTENSITE TROP FAIBLE. Il faut augmenter l'intensité de façon, à former une boule à l'extrémité de l'électrode : sinon, l'arc reste toujours « vagabond ».

Electrode affûtée trop en POINTE : — usure rapide car la pointe supporte des DENSITES DE COURANT TROP FORTES — inclusions de tungstène systématiques dans la soudure, visibles en contrôle radiographique

Le détendeur débimètre :

Il détend la pression de la bouteille De 200 bars à 3,5 bars.
Il règle du gaz qui est distribué dans la torche



Les gaz employés :

Conseils et précautions :

Un courant d'argon doit protéger la soudure avant l'amorçage et ne cesser que quelques secondes après la fin de la soudure.
Pour le soudage des aciers inoxydables, il est nécessaire de protéger l'envers de la soudure par un courant d'argon , afin d'éviter le rochage.

FICHE SECURITE

Les postes de soudage à l'arc électrique

Secteur : Structures Métalliques

RISQUES ENCOURUS

Coup d'arc, brûlures aux mains ou sur le corps, brûlures aux yeux lors de l'opération de nettoyage des soudures, danger d'électrocution

PROTECTIONS INDIVIDUELLES

- Masque à souder, vêtement de travail
- Gants , chaussures de sécurité.
- Tablier, guêtres, lunettes de protection

PROTECTIONS COLLECTIVES

- Ecran de protection
- Aspirateur de fumées
- Débarrasser la zone de travail de tous produits inflammables
- Sur chantier demander au supérieur hiérarchique s'il y a besoin d'un permis de feu

CONSIGNES DE SECURITE

- Porter un masque avec verre protane, ne jamais utiliser des lunettes de soudure au chalumeau
- Porter des gants, un vêtement de travail, un tablier de cuir
- Porter des chaussures de sécurité des guêtres, des lunettes pour le nettoyage des soudures
- Utiliser les écrans de protection et les aspirateurs de fumées.
- Débarrasser la zone de travail de tous produits toxiques ou inflammables
- Nettoyer les tables de soudage le matériel et la zone de travail après utilisation

DEMARCHES A SUIVRE EN CAS D'ACCIDENT

- Actionner le bouton d'arrêt d'urgence, en cas d'électrocution
- Prévenir le professeur.

Guide pratique *Interne* procédé TIG

Propriété exclusive d'ESAB.

Propriété d'ESAB – reproduction interdite

Procédé TIG accueil

Conseils pratiques

Introduction process

TIG
HF
Liftarc
Live tig

Alliages lourds

Décapage/passivation

Alliages légers

aluminium

Le matériel
Générateurs
Gamme ESAB
Buses
Diffuseurs
Gaz de soudage

Électrodes tungstène

Affûteuses
préchauffage électrode

Réglages
Intro
DC lisse
DC pulsé
AC

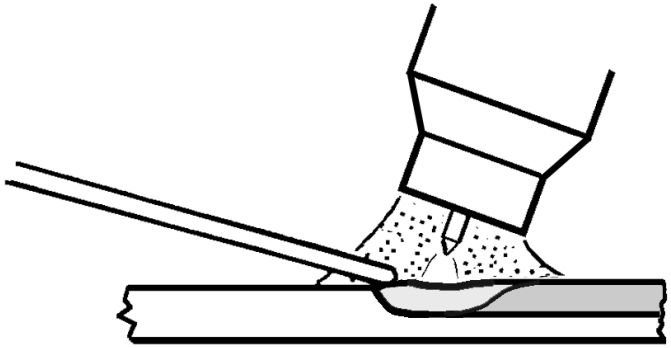
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

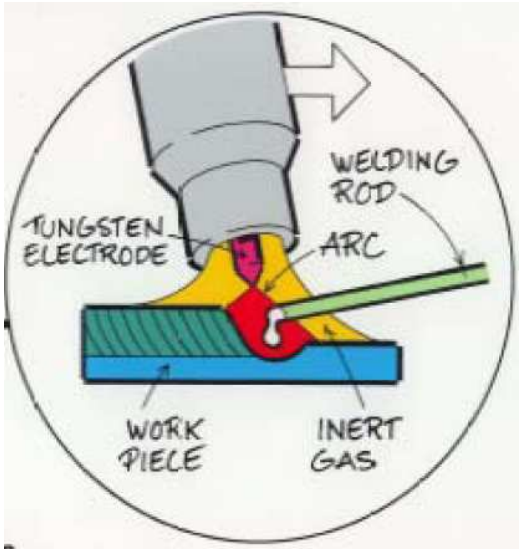
Histoire du TIG

Le procédé TIG a été développé dans les année 1940 par une société, qui a ensuite intégré ESAB.

A l'origine ce procédé fût utilisé pour souder des alliages résistants à la corrosion et des métaux, à l'époque difficile à souder, tels que l'aluminium et les alliages de magnésium.

Le TIG s'est énormément développé et permet de réaliser la désoxydation et le soudage de toutes les nuances de métaux que l'on trouve sur le marché.





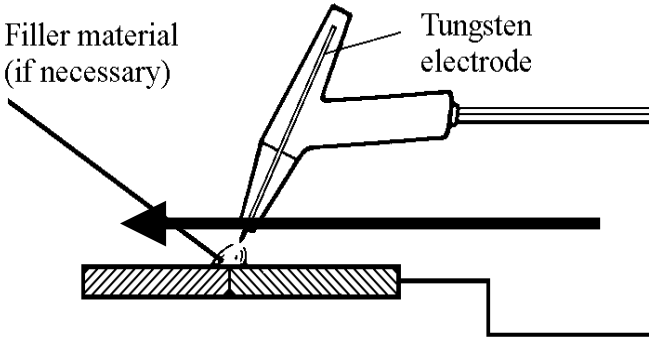
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Terminologie du TIG ou GTAW

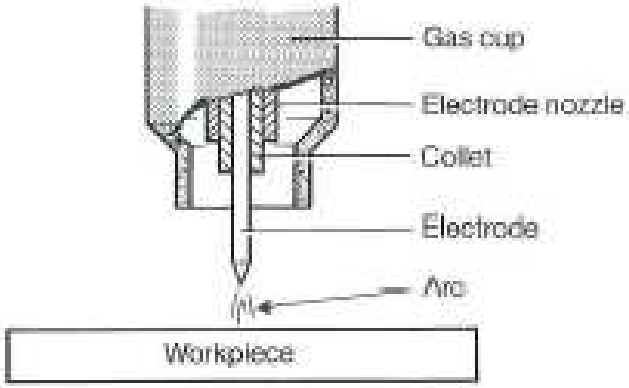
TIG = Tungsten Inert Gas

WIG comme le Tungstène est appelé en allemand Wolfram on dit aussi Wolfram Inert Gas .

GTAW = Gas Tungsten Arc Welding = appellation aux Etats-Unis d'Amérique.



L'électrode non fusible est en tungstène.



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Le principe électrique

L’arc est amorcé à l’aide d’un éclateur générant une tension haute fréquence entre l’électrode de tungstène et la pièce à souder.
L’étincelle ionise le gaz et l’arc s’établit.

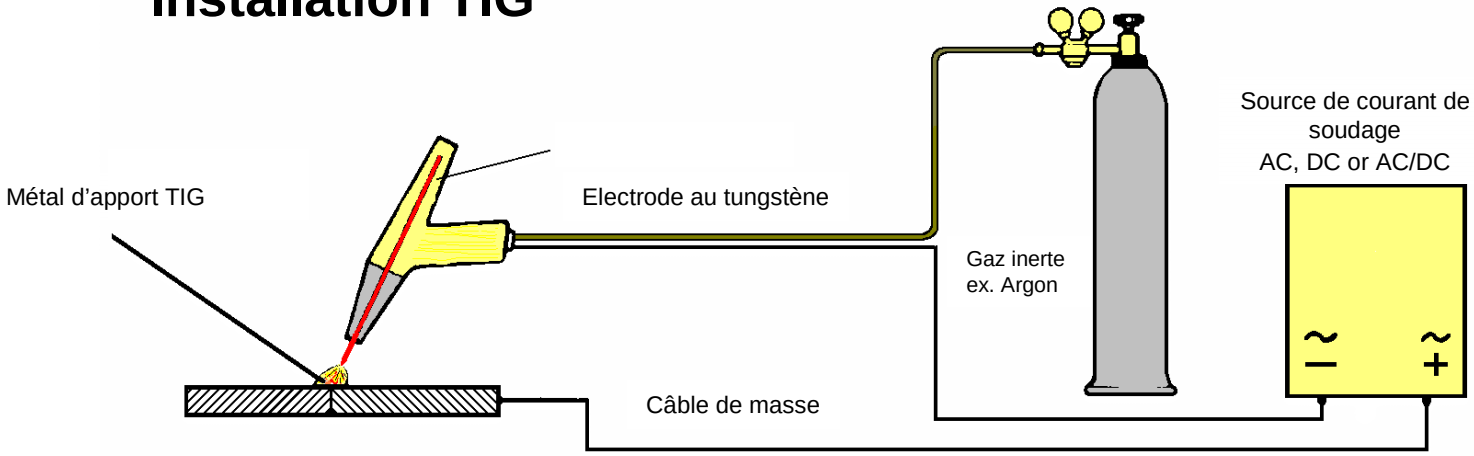
L’électrode fonctionne seulement comme support de l’arc, et par conséquent, ne doit pas fondre.

Le point de fusion de l’électrode de tungstène est de 3370°C.

De plus l’électrode est connecté au pôle négatif de la source de courant, où la génération de chaleur est moins grande lors du soudage en courant continu.
Pendant le soudage, l’électrode et le bain sont protégés par le gaz, généralement de l’argon.

Propriété d’ESAB - reproduction interdite

Installation TIG



<u>Une installation TIG comprend 5 composantes principales</u> :

Une source TIG, une torche, un gaz de protection, une électrode au tungstène,un circuit électrique fermé

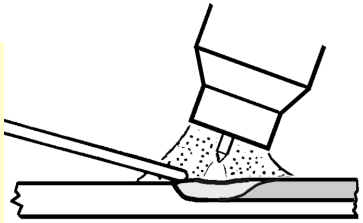
- **La source de courant** fournit du courant de soudage qui peut être AC ou DC, et une tension de soudage qui permet l'amorçage et le maintien de l'arc
- **Le gaz de protection** est dirigé vers l'extrémité de l'électrode au tungstène afin de maintenir l'arc, de protéger le bain de soudage ainsi que l'électrode.
- **La torche munie d'un faisceau de câbles et tuyaux** distribuant le gaz, parfois l'eau.

La tête de torche maintenant l'électrode réfractaire qui assure le transfert de courant. Ceci permet à l'arc de s'établir et de se maintenir allumé.

- **L'électrode non fusible au Tungstène** est montée sur la torche TIG et joue un rôle important dans le procédé TIG. Pour obtenir de bons résultats il faut choisir parmi les différents types et les différents diamètres.
- **La masse doit être parfaite** afin d'assurer la fermeture du circuit électrique **et garantir ainsi les amorçages et la stabilité de l'arc.**

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

TIG : définitions des termes employés



Soudage à l'arc électrique en procédé TIG
De nombreux électrons se déplacent du pôle négatif vers le pôle positif par fraction de secondes.
En tamponnant tout sur leur passage, ces électrons se déplaçant à très haute vitesse, génèrent un arc extrêmement chaud capable de fondre n'importe quel métal ou alliages de métaux.

AC ou DC (+ or -)
Le soudage TIG peut s'effectuer avec la torche branchée en polarité directe DC- ou en courant de soudage alternatif. AC qui peut avoir un signal de type carré ou sinusoïdal. ESAB a développé le Q-Wave™ qui est une nouvelle forme d'onde afin de combiner un arc stable avec une réduction du bruit.

Gaz inerte
Le procédé TIG exige un gaz inerte afin de protéger le bain de soudage et l'électrode. Il faut éviter l'oxydation du métal et de l'électrode réfractaire par l'air ambiant.

Produit d'apport
Pour les épaisseurs fines, il est possible de souder sans apport de métal.
Les épaisseurs ≥ 1,5 mm un apport de métal est indispensable. La nuance du métal et son diamètre sont à étudier en fonction de la nature du métal de base et de son épaisseur.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Vidéo TIG

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

TIG intro

Le soudage TIG permet de travailler en fusion avec contrôle de la grosseur du bain et de la quantité de métal d'apport amenée par le soudeur. C'est un procédé manuel qui demande une très bonne dextérité.

Le TIG est un procédé pour réaliser des soudures de qualité en terme d'étanchéité. Existe en mécanisé pour le soudage des tubes en grandes série : TIG Orbital ESAB.

La particularité la plus notable de ce procédé est son cordon de soudure de très haute qualité, tant au point de vue de sa pureté que de son aspect fini et de sa surface.

Lorsque la demande en qualité de soudage est très élevée, par exemple dans la fabrication de produits pour l'industrie chimique, nucléaire.
Lorsque l'on cherche à souder des métaux soumis à la corrosion ou des alliages qui ne sont pas soudables avec les autres procédés : titane.

- ❑ Solidité des soudures
- ❑ Compacité du métal fondu
- ❑ Pleine pénétration
- ❑ Soudures propres sans projections
- ❑ Cordon fin.

le procédé TIG en plus de garantir une grande pureté du métal fondu, permet d'obtenir une soudure plus lisse, sans projections et sans formation de laitier

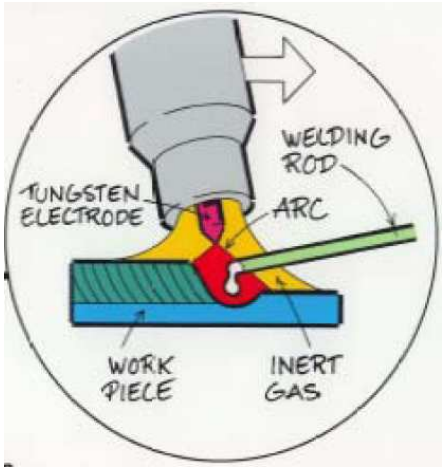
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

TIG Applications

Le soudage TIG est employé pour souder la plupart des métaux.
Les soudeurs TIG doivent être qualifiés et sont parfois difficiles à trouver.
Pour obtenir une qualité constante et accroître les capacités de production, le soudage est mécanisé.

Le soudage peut être mécanisé à l'aide d'une torche droite qui se déplace sur potence, ou bien fixe avec un positionnement automatique et une mise en rotation de la pièce à souder.
La soudure orbitale associe une source de courant programmable à des outils permettant le soudage de tubes ou pipes ainsi que le soudage de tubes sur plaques.

En terme d'épaisseurs, le TIG est avant tout employé pour souder des épaisseurs de 0,3 à 6 mm. Au delà, le TIG est associé à l'électrode enrobée ou au MIG/MAG pour les passes de remplissage.



Le TIG est utilisé en assemblage de production mais aussi en réparation sur sites.

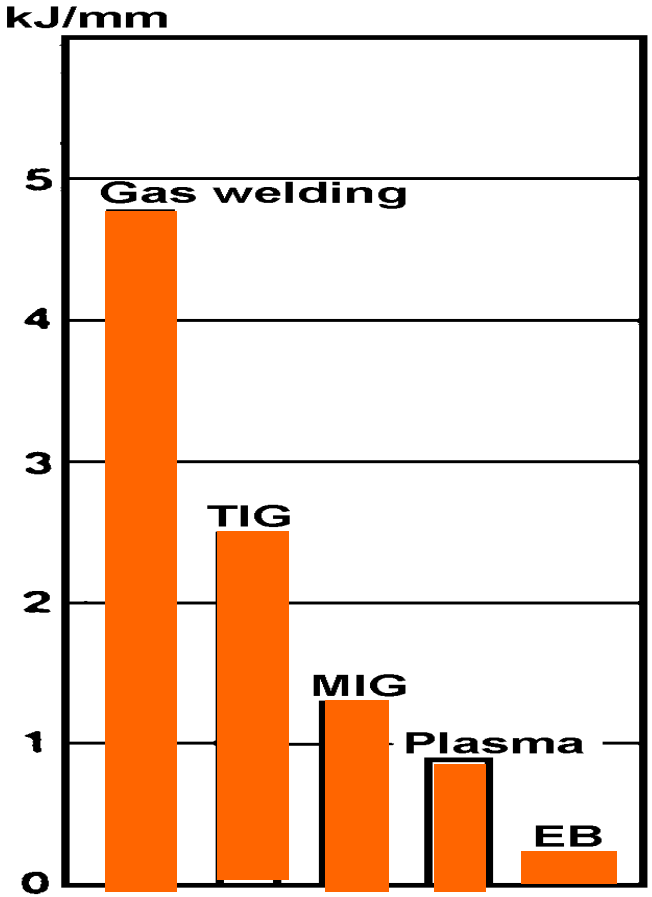
Les domaines d'activité qui exigent une grande sécurité des soudures, utilisent le procédé TIG, pourquoi ?

Le TIG est le procédé qui offre le plus de sécurité et le plus de garanties de réussite des passes de racine exigeant une pleine pénétration.

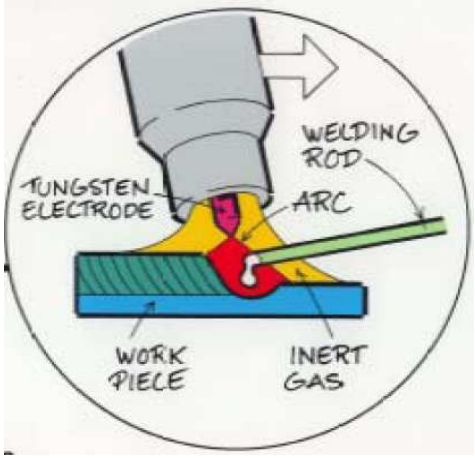
ESAB est le leader en soudage et propose une vaste gamme de solutions pour souder en TIG manuel ou automatisé

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

TIG : énergie par rapport aux autres procédés



La température de l'arc TIG est de 3400 à 4000°C

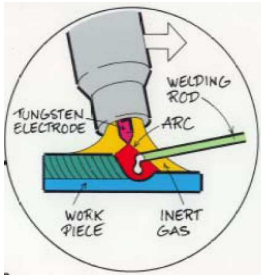


Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Choix d'un équipement de soudage TIG

Lors du choix de l'équipement, il est recommandé, tout d'abord de déterminer le type et l'intensité de courant nécessaire au soudage d'un métal d'épaisseur donnée.

Courant de soudage nécessaire pour chaque mm d'épaisseur selon le matériau :

Nature du métal	**Type de courant de soudage**		**courant de soudage en A**
Aluminium	AC		40–50 A
Magnésium	AC		
Cuivre	DC		75–80 A
Acier au carbone	DC		30–40 A
Acier faiblement allié	DC		30–40 A
Acier inoxydable	DC		30–40 A

Equipement de soudage en courant alternatif

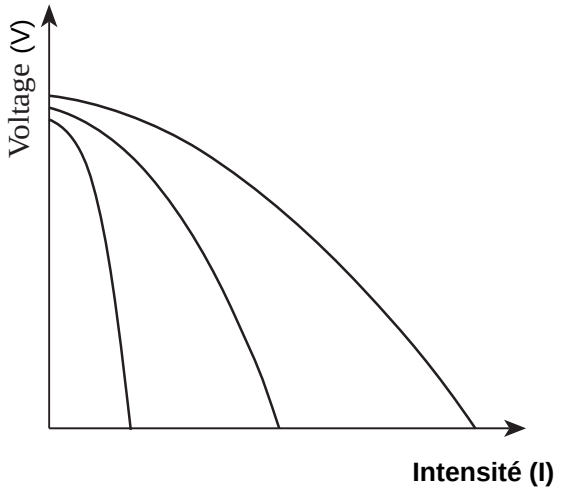
Le courant alternatif est principalement utilisé pour le soudage de l'aluminium, de ses alliages et pour les alliages de magnésium.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Caractéristiques statiques en fonction du procédé

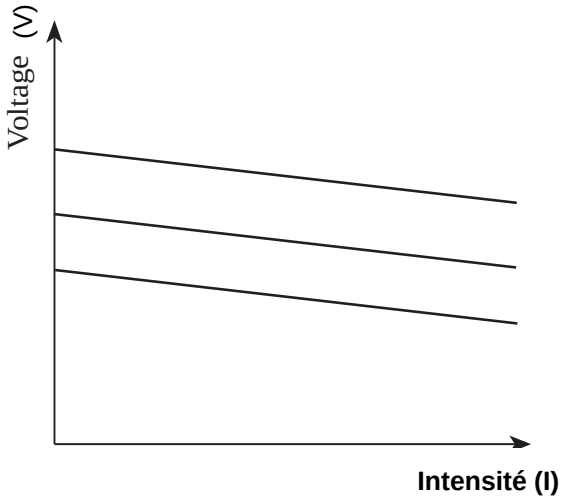
Caractéristiques plongeantes (type courant constant) est utilisé pour:

- MMA (GMAW)
- TIG (GTAW)
- Plasma
- Mig aluminium (spool guns)
- SAW



Caractéristiques plates (type voltage constant) est utilisé pour:

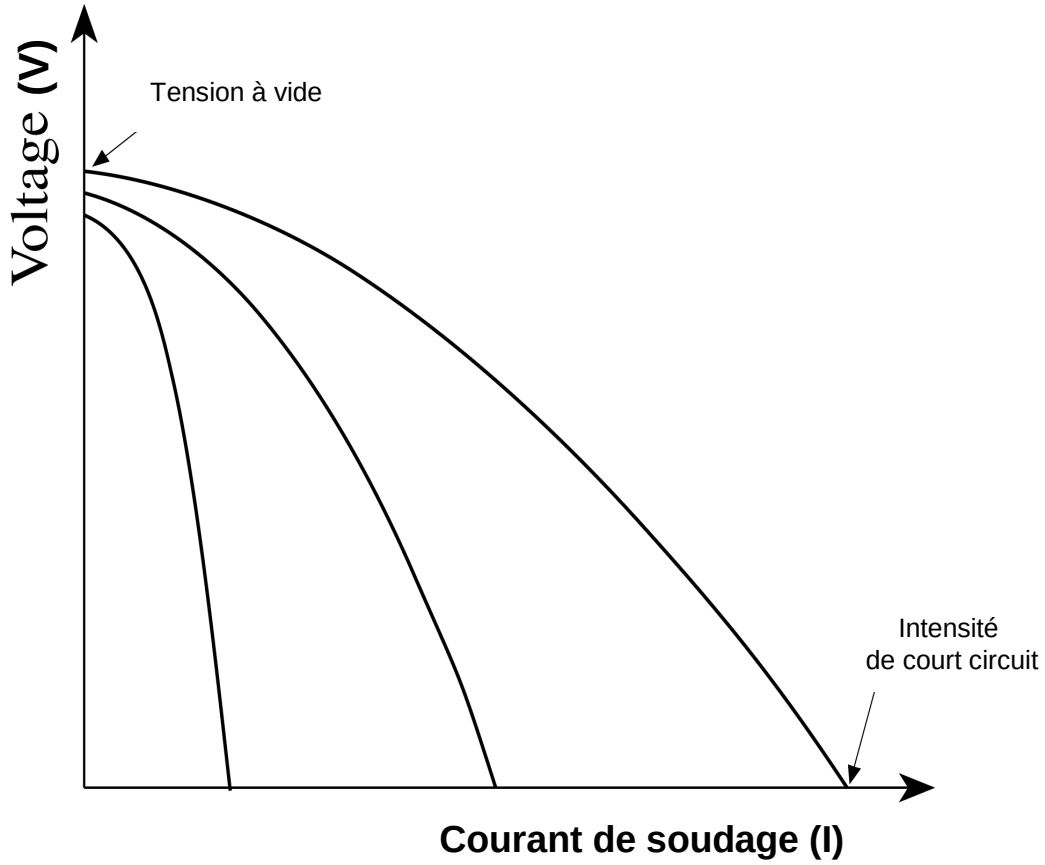
- *MIG/MAG (SMAW)*



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Caractéristiques plongeantes

- Meilleure stabilité du courant de soudage
- Pénétration plus constante et uniforme

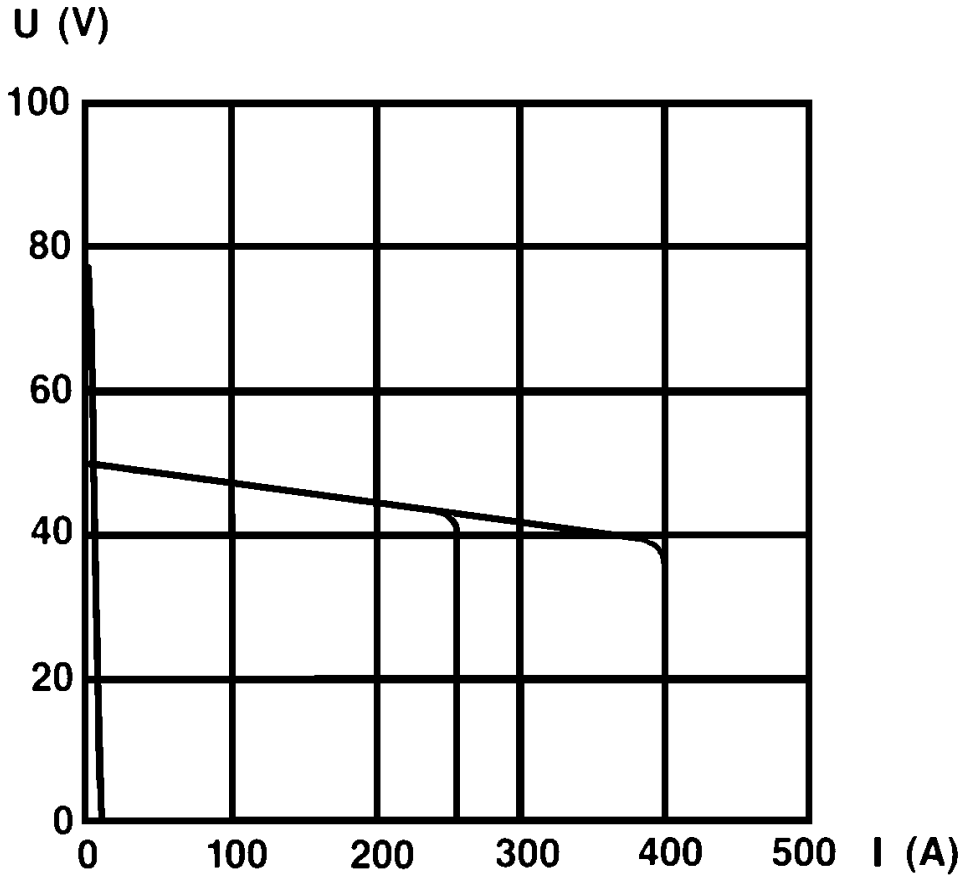


Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Sources TIG avec contrôle de la constance de courant de soudage courbe de caractéristiques statiques

- Les sources à courant constant sont meilleures pour le soudage TIG.

- Le courant réglé reste constant indépendamment de la longueur de l'arc et des variations de tension qui en résultent.



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Unité conventionnelle en TIG

TIG $UC = 10 + 0{,}04I$ $I = \frac{U-10}{0{,}04}$

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Gamme TIG

TIG DC

OrigoTig 150i
OrigoTig 200i

CaddyTig 150i CaddyTig 200i

Origo™ Tig 3000i TA 23

Origo™ Tig 3000i TA 24

AristoTig 400 T4 et T6

TIG AC/DC

- CaddyTig 2200i TA33
- CaddyTig 2200i TA34

Origo™ Tig 3000i AC/DC TA 24 AC/DC

Origo™ Tig 4300i TA 24 AC/DC

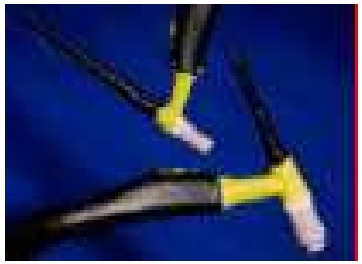
Coffret TIG

Tigaid 315 AC/DC

Torches TIG TXH & TXH r (réglage du courant)

Gaz/air

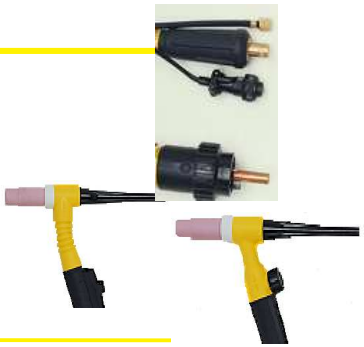
Liquide/eau



OKC25, OKC50
Fiche origo ou canon

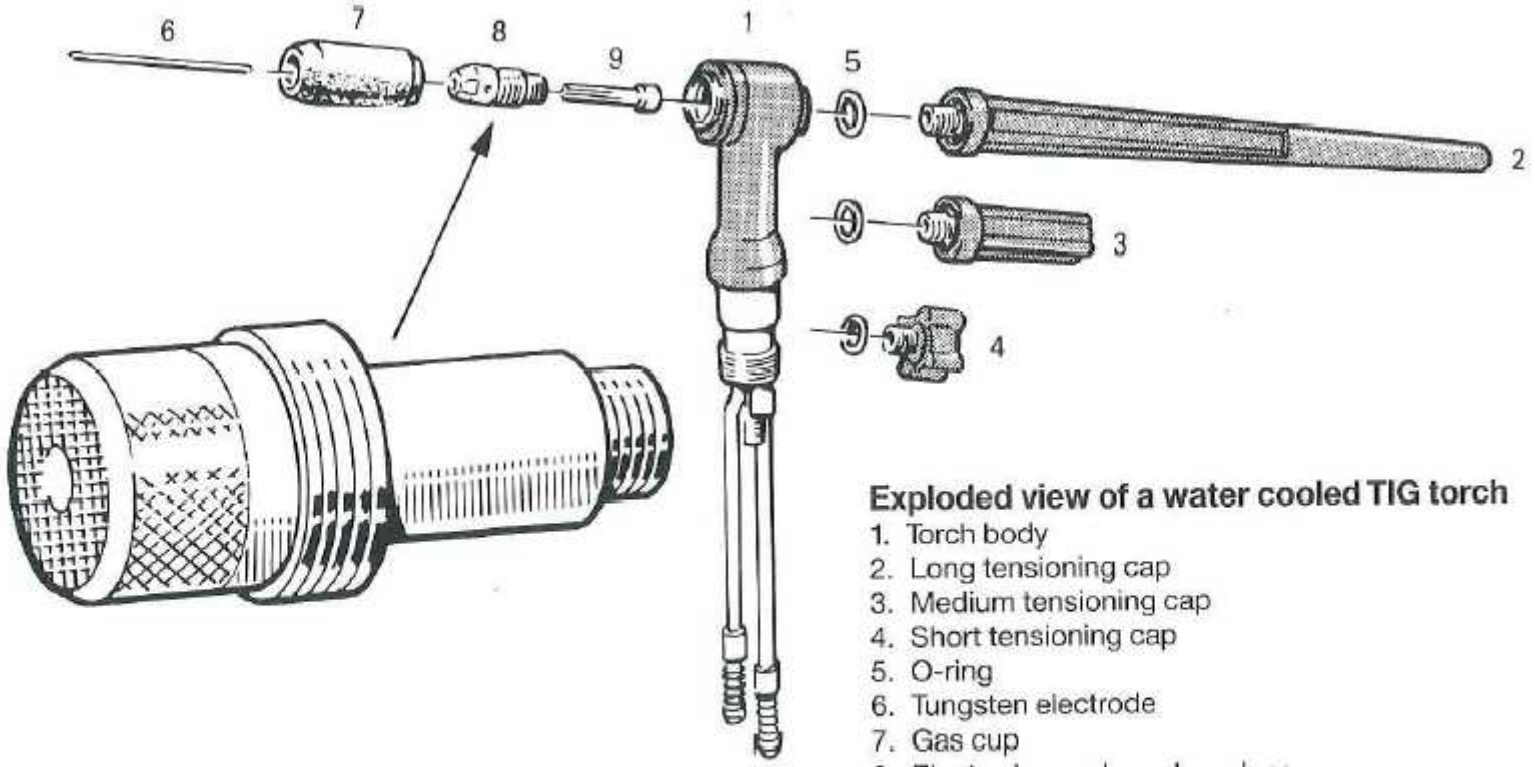
Tête flexible modèles F

Robinet/valve modèles V



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Vue éclaté de torche TIG



Exploded view of a water cooled TIG torch

1. Torch body
2. Long tensioning cap
3. Medium tensioning cap
4. Short tensioning cap
5. O-ring
6. Tungsten electrode
7. Gas cup
8. Electrode nozzle and gas lens
9. Collet

Gas lens

– the gas lens provides a linear gas flow which gives a more effective gas shield.

The water cooled torch has a more effective cooling effect on both the torch body and the power leads. It can therefore take a higher current load for a longer period.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Soudage TIG sur chantiers

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Soudures tubulaires

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Soudage en TIG mécanisé

- Qualité
- Productivité
- Répétitivité

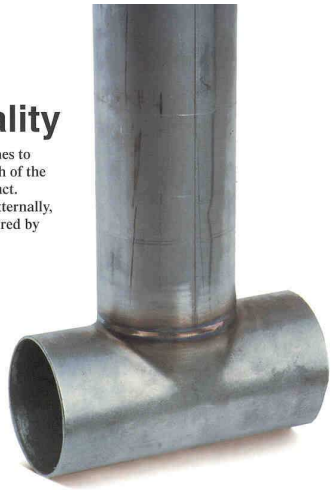
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Soudage en TIG mécanisé

Quality meets quality

Welding is frequently a key factor when it comes to satisfying high quality requirements. The finish of the weld seam sets the level of quality of the product.

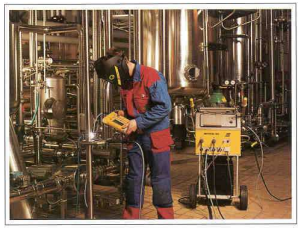
Even, smooth weld seams, internally and externally, are a prerequisite for the level of hygiene required by the foodstuffs industry, for example.



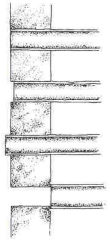
The T-component by upsetting the main tube is a good and simple option.

When welding titanium you can choose from our covered tools or our open tools with trailing shoe to provide a better gas shield.

You can weld the tube to the inside of a plate using an A22 inner welding torch and avoid crevice corrosion.



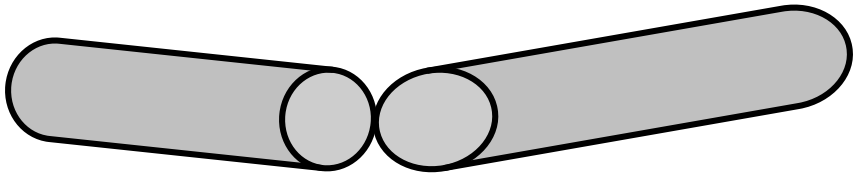
Our welding heads are ideal for welding thin or thick stainless steel tubes.



Using the A22 tube-to-tubesheet welding head, you can weld all types of tube geometry: flush, recessed, extended or protruding from the sheet.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Positions de soudage



Welding Positions For Groove welds:-

Welding Position	Test Position	ISO and EN
Flat	1G	PA
Horizontal	2G	PC
Vertical Upwards Progression	3G	PF
Vertical Downwards Progression	3G	PG
Overhead	4G	PE
Pipe Fixed Horizontal	5G	PF
Pipe Fixed @ 45 degrees Upwards	6G	HL045
Pipe Fixed @ 45 degrees Downwards	6G	JL045

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Soudage de tubes sur plaques

Dans le soudage de tubes sur plaque, la tête de soudage est alignée et maintenue dans le tube par un mandrin de diamètre compatible avec le diamètre intérieur du tube.

Les têtes de soudage sont positionnées sur les tubes pour assemblage sur plaques et le porte électrode uni d'un tugstène tourne en suivant le joint pour réaliser une soudure avec ou sans métal d'apport.
Les tubes peuvent être positionnés à l'intérieur de la plaque, à fleur, ou sortants.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Avantages du TIG

Haute qualité de soudage

- Qualité supérieure
- Sans projections
- Sans laitier
- Métal d'apport pur
- Cordon de soudage esthétique
- Pas de fumées
- Toutes positions

Utilisé pour :

- Tous les métaux soudables
- Souvent utilisé pour souder l'inox et l'aluminium
- Particulièrement utilisé pour souder des épaisseurs de 0.3 - 6 mm, tubes, passes de racine sur joints avec chanfreins.

Inconvénients

- Productivité inférieure au MIG/MAG
- Énergie de soudage supérieure au MIG/MAG
- Pas compatible avec les environnements poussiéreux et enfumés

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Procédé TIG : introduction

Les techniques de soudage utilisées en soudage TIG, sont naturellement celles que, comme pour tous les autres procédés de soudage, l'on doit apprendre, tout d'abord et avant tout par la pratique.
Le soudage TIG manuel est en de nombreux points très similaire aux méthodes de soudage oxyacéthylénique.
Dans les 2 cas :

- " la torche" est maintenue dans une main et le fil d'apport dans l'autre.
- " la buse" est maintenue inclinée, éloignée de la soudure et se déplace vers la gauche (si elle tenue de la main droite).

cependant on peut noter une différence importante en ce qui concerne la façon dont on peut faire varier l'effet de la chaleur, par modification de la hauteur d'arc.
Dans le cas du soudage TIG, la procédure est dans certaines limites, l'opposée de celle utilisée au chalumeau OA. Plus la longueur d'arc entre la pièce à souder et l'électrode est grande, plus la tension chute dans l'arc et par conséquent, la chaleur induite. Jusqu'à un certain degré cependant, la quantité de chaleur apportée au bain peut être contrôlée par déplacement de l'extrémité de l 'électrode près ou plus loin du bain de soudage.

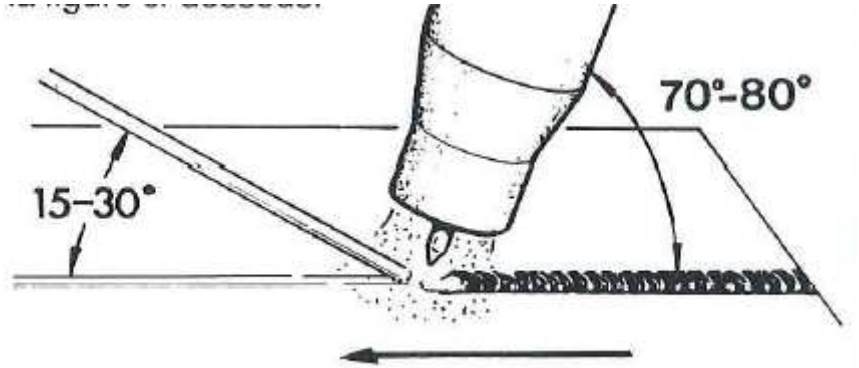
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Procédé TIG : introduction

Toutefois, en passant au soudage TIG, le soudeur oxyacéthylénique, même expérimenté, doit apprendre une nouvelle approche. Le maintien du métal d'apport en revanche ne lui posera aucun problème.

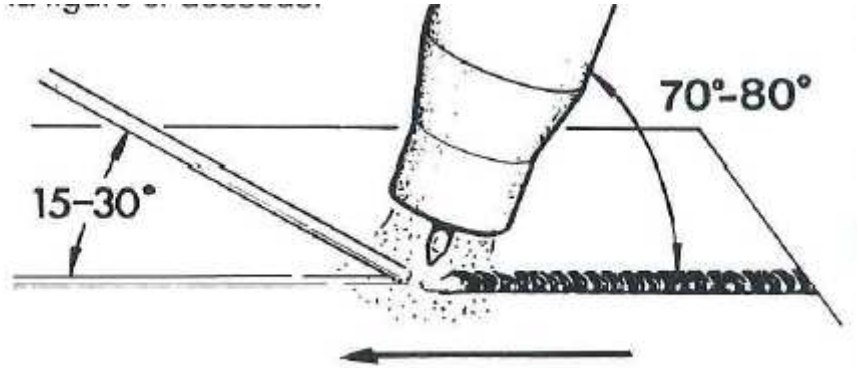
Un soudeur à l'arc électrode enrobée expérimenté, trouvera plus facile d'observer l'arc, mais aura besoin de plus de pratique pour la manipulation du fil d'apport et de bien dominer celle-ci.

L'angle de la torche et du fil d'apport par rapport à la pièce lors du soudage d'un joint à plat est montré sur la figure ci-dessous.



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Procédé TIG : amenée du métal d'apport aciers et cuivre

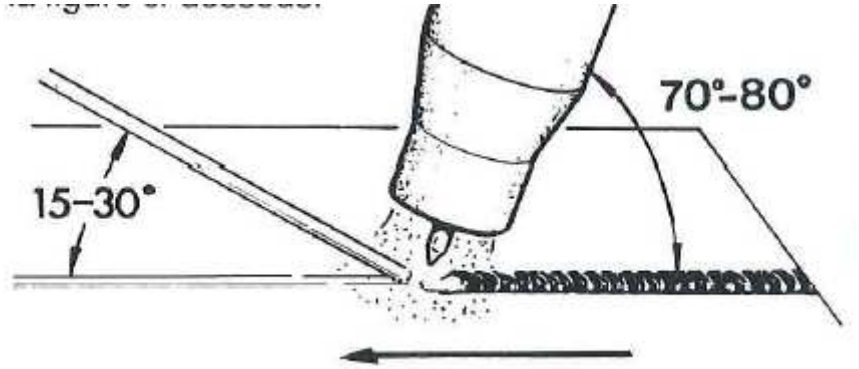


? Photo amenée de métal

Le métal d'apport est amené au bord du bain comme montré sur la figure et il ne doit pas venir en contact avec la pointe de l'électrode, ni traverser l'arc.
D'autre part, la pointe du fil doit toujours rester près du bain de métal. Ceci permet de la conserver dans l'atmosphère protectrice du gaz argon qui protège également le bain et l'électrode de l'oxydation de la surface.
Lors du soudage d'acier inoxydable ou de cuivre, le métal d'apport peut, dans de nombreux cas, être amené en continu au bord du bain.
Cette façon de procéder, n'est pas recommandée lors du soudage de l'aluminium, du fait que le fil de métal d'apport deviendrait ainsi tellement chaud, qu'une oxydation apparaîtrait en surface malgré la protection du gaz argon. Le fil ainsi fondu et mélangé au bain de métal viendrait polluer ce dernier à un tel niveau que l'action de rupture de couche d'oxyde créé par l'arc n'aurait plus d'effet et par conséquent donnerait une soudure de qualité inférieure.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

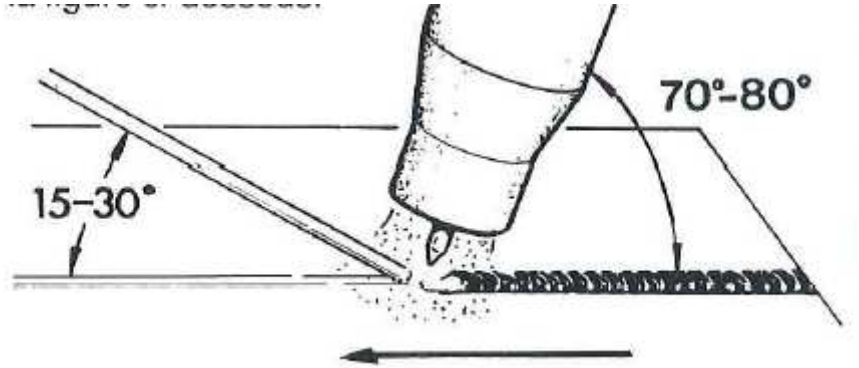
Procédé TIG : amenée du métal d'apport aluminium



Le métal d'apport est amené au bord du bain comme montré sur la figure et il ne doit pas venir en contact avec la pointe de l'électrode, ni traverser l'arc.
D'autre part, la pointe du fil doit toujours rester sous protection gazeuse. Ceci permet de la conserver dans l'atmosphère protectrice du gaz argon qui protège également le bain et l'électrode de l'oxydation de la surface.
Lors du soudage d'acier de l'aluminium le fil est régulièrement retiré et avancé, puis plongé dans le bain à des intervalles réguliers.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Procédé TIG : amenée du métal d'apport sur épaisseurs moyennes et fortes



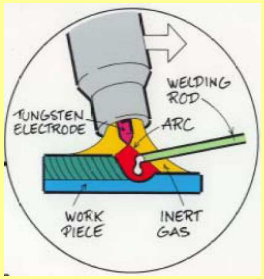
Plus la pièce à souder est épaisse et plus le fil d'apport doit être de de gros diamètre pour pouvoir remplir le joint. Cependant il y a un risque de de toucher la pointe de l'électrode tungstène avec ce fil d'apport lors de son approche vers le bain.
Dans ce cas, il est prudent et recommandé de déplacer également la torche vers l'arrière, lors de chaque apport de fil, et ce tout au long de la soudure. Lorsque la chaleur de l'arc a suffisamment fondu le bord du joint, la torche peut être relevé de 6 à 12 mm et la pointe du fil d'apport peut être plongée dans le bain de métal pour être fondue.
Le fil est alors retiré et la torche ramenée à nouveau pour continuer la fusion du joint. De cette façon, un certain rythme d'avance et de recul de la torche et du fil est créé.
Pour toutes les raisons indiquées ci-dessus, cette technique est recommandée pour les tôles dont l'épaisseur est supérieure à 6 mm lors du soudage d'un seul côté.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Intensité de soudage recommandée par type de métal

Conseils pratiques

Courant de soudage nécessaire pour chaque mm d'épaisseur selon le matériau :

Nature du métal	Type de courant de soudage		courant de soudage en A
Aluminium	AC		40–50 A
Magnésium	AC		
Cuivre	DC		75–80 A
Acier au carbone	DC		30–40 A
Acier faiblement allié	DC		30–40 A
Acier inoxydable	DC		30–40 A

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Le choix du diamètre des électrodes en tungstène

Il faut pouvoir passer un maximum de courant dans l'électrode au tungstène sans pour autant en provoquer la fusion.

En cas de fusion du tungstène,celui-ci risque de contaminer la soudure.

Les inclusions dures de tungstène affectent la solidité de la soudure.

Dans ce cas, une électrode de diamètre supérieur doit être utilisée.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Le choix du diamètre des électrodes en tungstène

	Aluminium	Acier, inox, cuivre
Diamètre de l'électrode ø mm	Tungstène - Ampères AC	Alliage au Thorium Amp. CC
0,5	5– 15	5– 20
1,0	10– 60	20– 80
1,6	50–100	80–150
2,4	100–160	120–220
3,2	130–180	200–300
4,0	180–230	250–400

Dans la plupart des cas il est donc préférable de choisir la plus petite électrode possible afin d'obtenir une meilleure concentration de l'arc est aussi un bain plus petit

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Le choix de l'électrode au tungstène en AC

Soit Tungstène Pur soit GOLDPlus™

En alternatif, une légère fusion du bout de l'électrode est traditionnellement d'usage. Le bout de l'électrode doit être arrondie. L'affûtage n'est pas nécessaire, il suffit de casser légèrement les angles. L'électrode prendra d'elle même la meilleure forme si elle est légèrement surchargée en intensité.

L'électrode recommandée est GoldPlus™ (Tungstène allié au lanthane) car le lanthane va améliorer l'amorçage, la stabilité de l'arc et la tenue à la chaleur.

Les sources modernes ESAB permettent de se passer de cette boule tout en assurant un soudage et décapage efficace.
Voir chapitre préchauffage de l'électrode avec tungstène 1,5% lanthane GoldPlus™ affûtée.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Le choix de la nature des électrodes au tungstène

D'une façon générale, les électrodes utilisées en soudage TIG sont fabriquées à partir de :

- tungstène pur
- tungstène allié au thorium
- tungstènes alliées au cérium
- **tungstène alliées au lanthane : GoldPlus™**

électrodes en tungstène pur :

possèdent un point de fusion de 3400°.C, permettent de souder les alliages d'aluminium et le bout doit être rond.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Le choix de la nature des électrodes au tungstène

Au début du procédé, le tungstène pur fut utilisé, mais de très nombreux avantages furent obtenus par l'adjonction d'alliages de thorium ou de lanthane.

électrodes alliées au thorium

traditionnellement utilisées pour le soudage TIG en courant continu des aciers inoxydables, des aciers courants, du cuivre, du titane. Le bout doit être pointu, son point de fusion est de 4000°.C.

Avantages des électrodes alliées

- une augmentation du flot d'électrons,
- un meilleur amorçage et réamorçage
- une meilleure stabilité de l'arc
- les alliages allongent la durée de vie des électrodes
- les électrodes alliées supportent des intensités plus élevées
- l'alliage permet de limiter les inclusions de tungstène dans le métal fondu

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

La gamme des électrodes en tungstène

Type of Electrode[1]	Radiation-free	Dia-meter[2]	Length[2]	Current	Typical Fields of Application	Welding Properties	Recommendation
WC20 2 % ceriated	☑	1.0 mm to 4.8 mm	150 mm 175 mm	AC/DC	• non and high-alloyed steels • aluminium alloys • magnesium alloys • titanium alloys • nickel alloys • copper alloys • etc.	• excellent ignition and reignition performance • long service life • high loadability	**UNIVERSAL ELECTRODE** field tests show: • **WC20 outperforms WT20**
GOLD plus 1.5 % lanthanated	☑	1.0 mm to 4.8 mm	150 mm 175 mm	AC/DC	see WC20	• like WC20, excellent for general TIG applications • outstanding in the low current range	**UNIVERSAL ELECTRODE** **especially good for:** • microplasma welding • plasma welding
W pure	☑	1.0 mm to 4.8 mm	150 mm 175 mm	AC	• aluminium alloys • magnesium alloys	• stable arc with AC • not suitable for DC	• aluminium welding
WT20 2 % thoriated		1.0 mm to 4.8 mm	150 mm 175 mm	DC	• non and high-alloyed steels • titanium alloys • nickel alloys • copper alloys	• can be replaced by GCLDplus and WC20 • not suitable for AC	• potential health risks if not handled properly

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

La qualité des électrodes au tungstène

La géométrie :
Les électrodes ne doivent pas s'éloigner de la ligne droite de + de 0,5 mm sur leur longueur

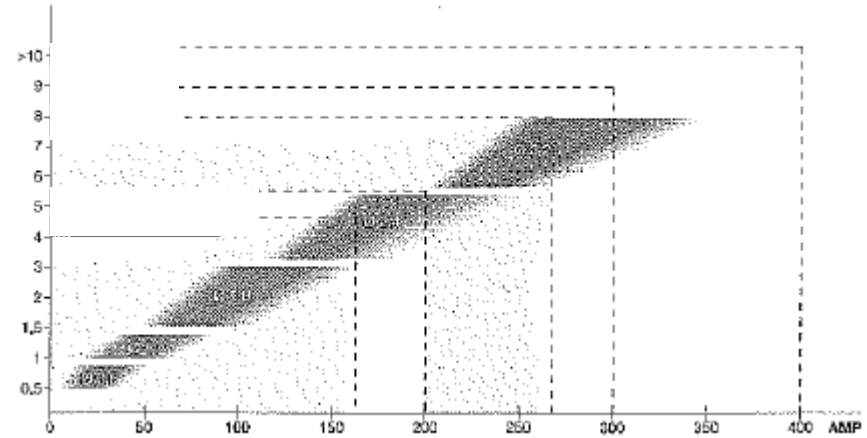
L'état de surface :
Il ne doit y avoir ni défauts superficiels ni défauts internes
La surface de l'électrode doit être exempte d'huile, de graisse ou autres impuretés
Les extrémités doivent être parfaitement dressées et exemptes de bavures.

L'emballage doit protéger les électrodes :
Pour lutter contre les détériorations,
Éviter les salissures.

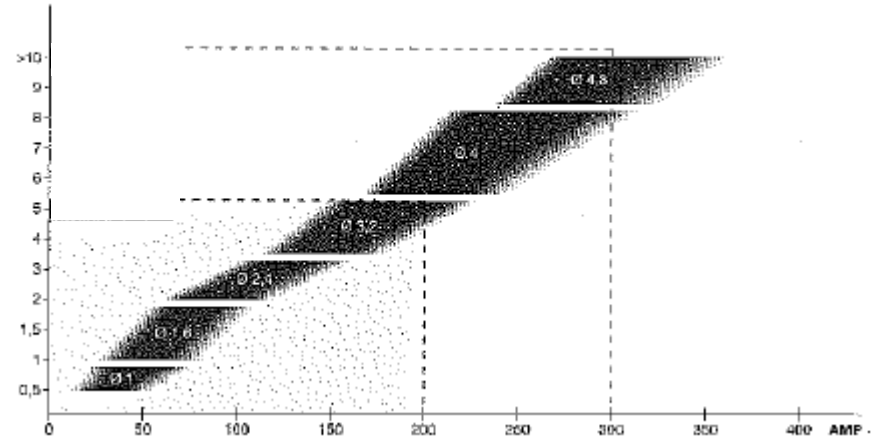
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

courant de épaisseur/nuance/courant/Ø tungstène

Acier / inox



Aluminium



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Tungstènes : caractéristiques électriques

Divers	
Électronégativité (Pauling)	2,36
Chaleur massique	130 J/(kg·K)
Conductivité électrique	$8{,}9\times10^{6}$ S/m
Conductivité thermique	174 W/(m·K)
1^{er} potentiel d'ionisation	7700 kJ/mol
2^{e} potentiel d'ionisation	1700 kJ/mol

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Tungstène : caractéristiques du métal

Le **tungstène** est un élément chimique du tableau périodique de symbole W (de l'allemand ***W****olfram*) et de numéro atomique 74.
C'est un métal de transition gris-acier blanc, très dur, et lourd qui est reconnu pour ses propriétés physiques. On trouve du tungstène dans de nombreux minerais comme le wolframite et le scheelite. Sous sa forme pure, il est principalement utilisé dans des applications électriques, mais sous forme de composés ou d'alliages il possède de nombreuses applications, comme par exemple, la réalisation d'outils nécessitant une grande dureté (forets, poudres abrasives).
Le tungstène pur est un métal dur de couleur allant du gris acier au blanc étain. On peut le couper à l'aide d'une scie à métaux lorsqu'il est très pur, mais il est cassant et difficile à travailler lorsqu'il est impur, et on le travaille normalement par forgeage, extrusion, ou étirement. Cet élément a le plus haut point de fusion (3410℃) de tous les métaux, la plus faible pression de vapeur et la plus grande force de traction de tous les métaux à une température supérieure à 1650℃. Sa résistance à la corrosion est excellente et il ne peut être que légèrement attaqué par les acides minéraux. Le tungstène métallique forme une couche d'oxyde protecteur lorsqu'il est exposé à l'air. Lorsqu'on l'ajoute en faible quantité aux alliages d'acier, il augmente la dureté de celui-ci.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

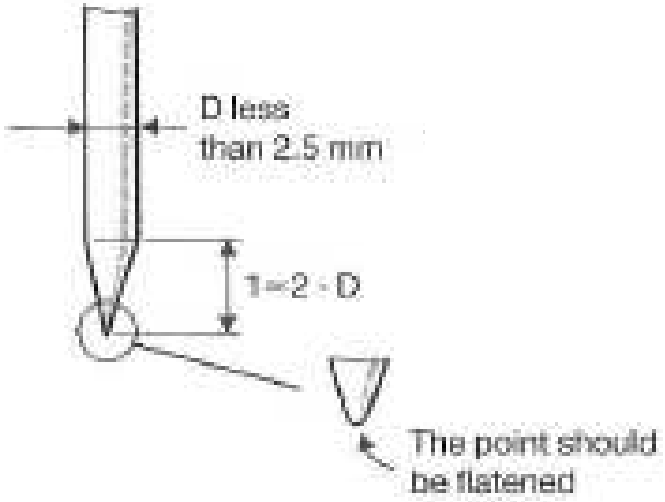
L’affûtage de l’électrode en DC

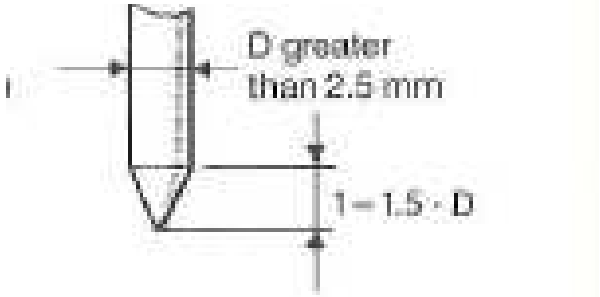
Si Ø électrode au tungstène < 2, 5 mm

Zone d’affûtage = 2 x le Ø

Si Ø électrode au tungstène > 2, 5 mm

Zone d’affûtage = 1,5 x le Ø



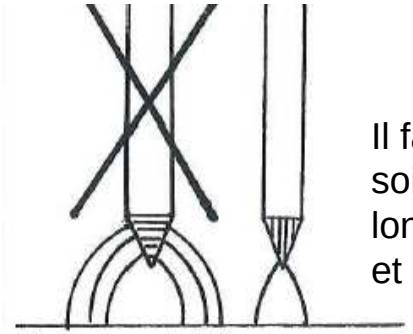


Propriété d’ESAB - reproduction interdite

L'affûtage de l'électrode

Comme le montre l'illustration ci-après, il est très important que le bout de l'électrode soit correctement affûté.
Si la pointe n'est pas correcte, l'arc risque d'être instable. La figure montre un angle de 30° pour les pointes ce qui correspond aux faibles intensités. Si le courant augmente l'angle doit être plus élevé.

La pointe extrême de l'électrode doit être meulée, sinon elle ne peut supporter les courants élevés, elle brûle facilement et peut contaminer le bain.



Electrode mal affûtée donne un arc instable.

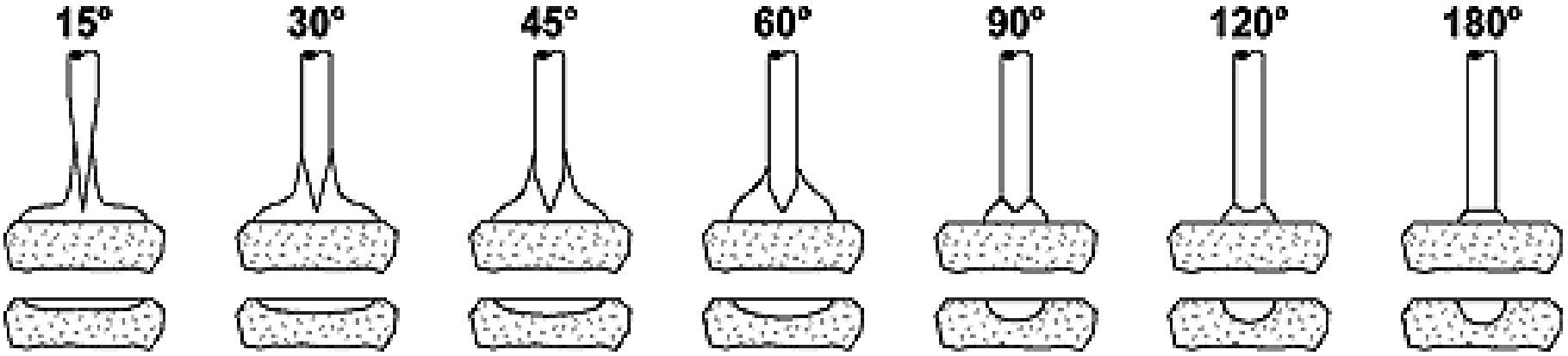
Il faut que les stries soient dans le sens de la longueur de l'électrode et donc du courant

Angles d'affûtage recommandés pour électrodes de tungstène

Courant de soudage (A)	Angle d'affûtage (∝)
20	30°
20–100	60– 90°
100–200	90–120°
>200	120°

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

L’angle d’affûtage modifie la forme de l’arc

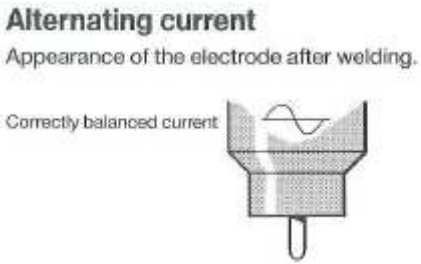


Plus la pointe est fine et plus l’arc est large

Propriété d’ESAB - reproduction interdite

L’électrode renseigne sur les réglages du courant

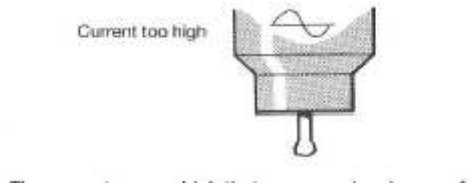
Courant de soudage bien réglé en AC



Le bout de l’électrode est légèrement arrondi et brillant uniformément

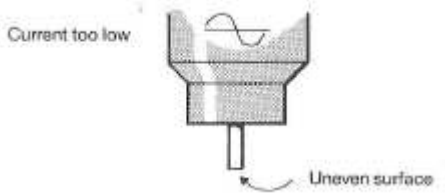
Un courant élevé mais pas trop élevé par rapport au Ø de l’électrode donne un arc plus stable et plus concentré.
Dans la plupart des cas il est donc préférable de choisir la plus petite électrode possible afin d’obtenir une meilleure concentration de l’arc est aussi un bain plus petit.

Courant de soudage trop fort ou tungstène trop petit



Une fusion de l’électrode s’est produite. Risque que des gouttes de tungstène soient tombées dans le bain (inclusions).
Il faut prendre un Ø plus important

Courant de soudage trop faible



L’arc va être instable, il faut prendre un Ø pus petit.
La fonction pré-chauffage de l’électrode sur les machines ESAB, va résoudre ce problème.

Propriété d’ESAB - reproduction interdite

Pourquoi affûter les électrodes en courant AC ?

Programme pour travailler avec des électrodes de tungstène affûtées
Électrodes tungstène alliés 1,5% Lanthane (Gold)

Avantages :

- meilleurs amorçages
- précision puisque l'on contrôle l'angle d'amorçage qui influence la forme du pinceau d'arc
- meilleure visibilité du bain
- meilleure accessibilité aux angles fermés
- plus facile d'apporter du métal d'apport

Si on veut maintenir l'électrode affûté :

- il faut régler correctement le préchauffage de celle-ci. Plus la pointe est fine et plus le temps de préchauffage doit être faible.
- Dans ce cas la balance doit aussi limiter le temps pendant lequel l'électrode est positive (temps de décapage).

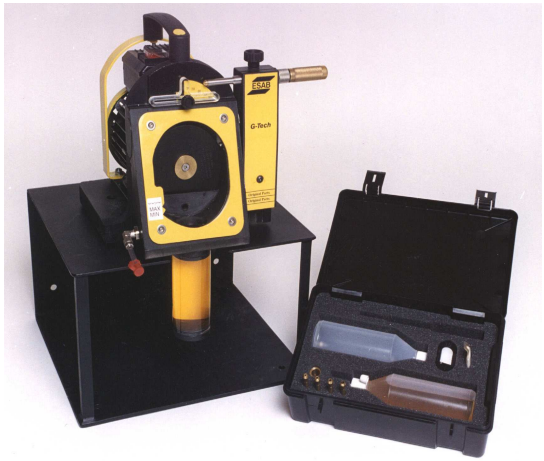
La balance doit dont avoir un % élevé. Nous recommandons > à 70% .

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Affûteuses tungstène

ESAB propose 2 types d'affûteuses pour les électrodes au Tungstène :

- G-Tech Handy est une affûteuse sèche qui est très pratique à transporter sur chantier.
- G-Tech est une affûteuse à bain d'eau pour un usage intensif en atelier.
- Réglages aisés.
- Réglage de l'angle d'affûtage.
- Electrodes de diamètre 1.0 à 4 mm.
- Les poussières de tungstène sont emprisonnées.
- Coupe à 90° pour former un méplat (G-Tech uniquement).
- Le disque en diamant assure une coupe propre, une surface lisse sans cassures ou sans se briser en 2.
- Rapide et facile à utiliser.
- Capots de sécurité.
- Graduation pour garantir le bon angle d'affûtage.



G-Tech : affûteuse à bain d'eau

G-Tech Handy : affûteuse portable sèche avec filtre

- Grinding of oxidated or pure tungsten electrodes.
- Grinding electrodes with diameters from 1,0 – 4,0 mm.
- Variable angle adjustment from 15° to 180°.
- If it is necessary to grind electrodes shorter in length than 15mm– a special electrode clamp can be supplied.
- Integrated filter to remove the grinding dust.
- To be able to grind tungsten electrodes on site.
- To achieve an exact and longitudinal ground tip.

F

Meuleuse pour électrodes TIG

G-Tech - meuleuse humide pour électrodes de tungstène, améliore l'amorçage et la stabilité de l'arc.

- **Collecte automatique de la poussière de meulage toxique**
- **Pas d'oxydation de l'électrode de tungstène pendant le meulage humide**
- **Durée de vie prolongée de la pointe d'électrode**
- **Arc TIG beaucoup plus concentré.**

G-Tech est une meuleuse pour électrodes de tungstène qui assure un angle de pointe idéal, la collecte efficace des poussières de tungstène toxiques, avec système d'élimination et de recyclage - le tout groupé en une seule unité. Toutes les applications de soudage TIG exigent le meulage individuel de l'électrode de tungstène pour corriger l'angle de pointe pour chaque procédure de soudage. La précision de l'angle de pointe est très importante, étant donné que la géométrie de la goutte est généralement liée à l'angle de pointe de l'électrode de tungstène.

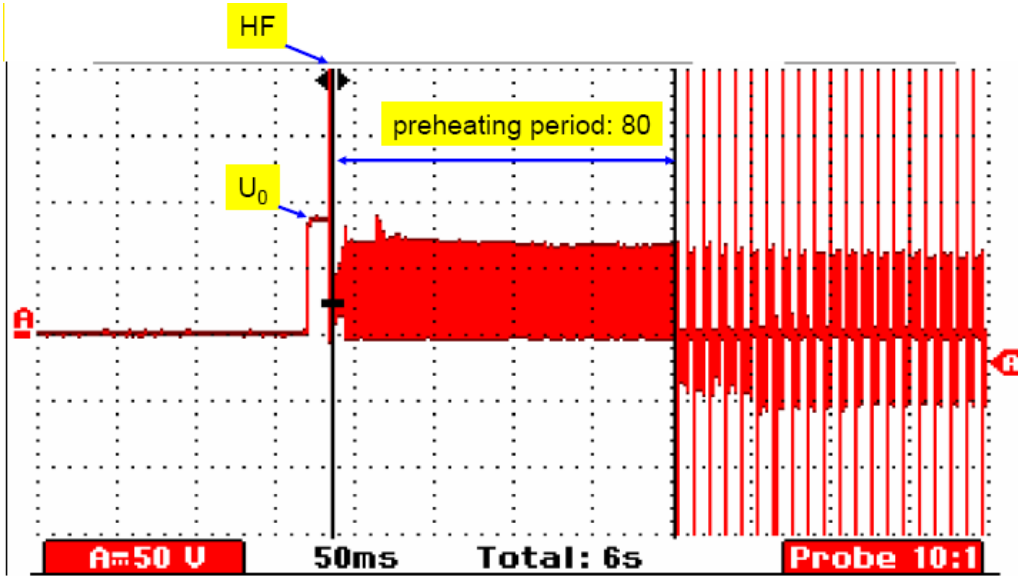
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Préchauffage de l'électrode

Le préchauffage est un paramètre ajustable et correspond à un réglage du temps de polarité Inversée : (Electrode tungstène au +) pendant la phase d'amorçage de l'arc

Utilité de cette fonction :

- Établir un arc aussi vite que possible
- Amorçage optimisé allongeant la durée de vie de l'électrode et la conservation de sa forme
- Réglages dépendent du type d'électrode, du diamètre et de la forme de l'extrémité
- Attention un réglage trop fort du pré-chauffage fond les électrodes de faible diamètre ou fortement affûtées



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Réglage du pré chauffage de l'électrode

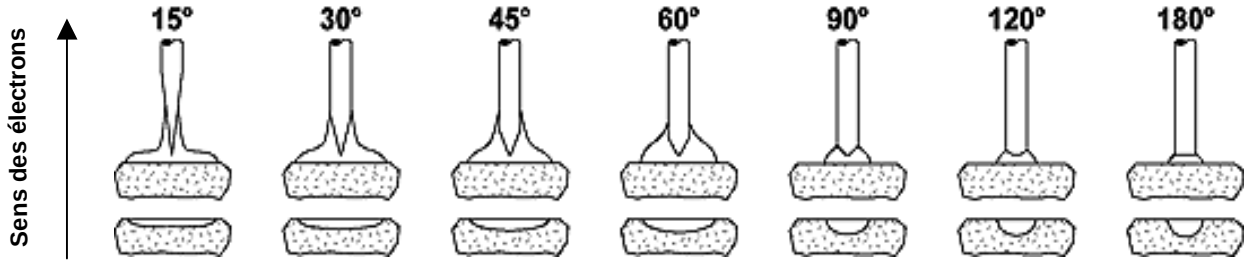
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Réglage du pré chauffage de l'électrode

De quoi s'agit-il
Courant directe lors d'un temps défini en % pendant lequel l'électrode est positive
Réglable de 1 à 100%

Quelques conseils de base pour régler le pourcentage
Diamètre électrode X 20 = % à régler
Ex 2,4mm = 48%

Quelques règles de bon sens
Plus on a de matière, plus le % est élevé

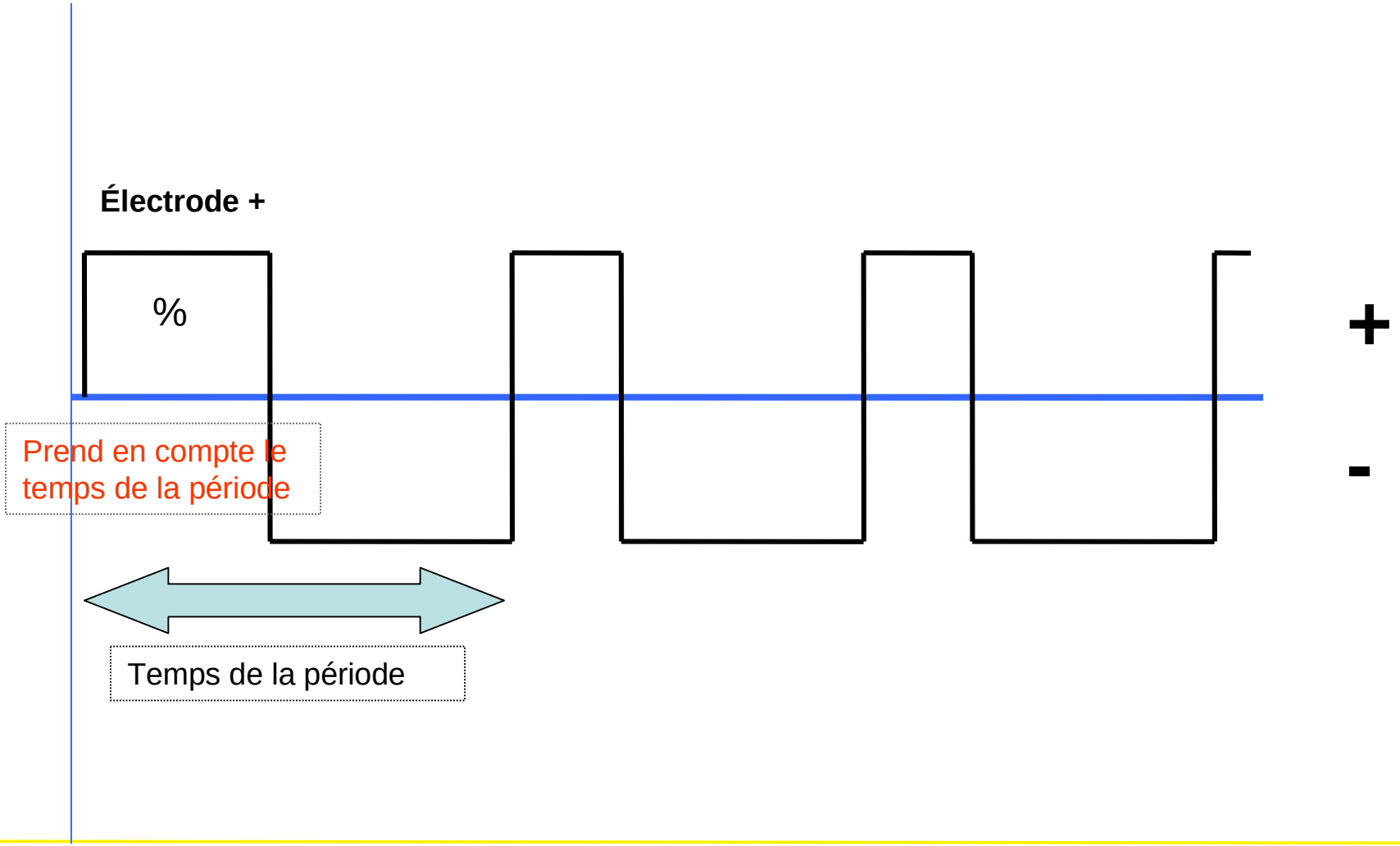


Préchauffage 10%……80%
% dépend donc de la surface à préchauffer

= laps de temps où l'électrode est en polarité positive
Pour le 1er amorçage régler une valeur supérieure, ne pas hésiter à baisser ensuite

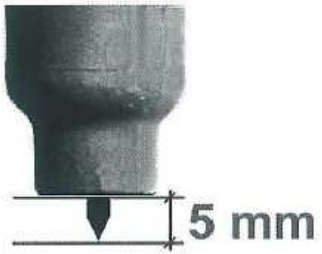
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Réglage du pré chauffage électrode



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Stick out = longueur de tungstène sorti



Stick out = l'extrémité de l'électrode sortie de la buse

Généralement 5 mm

<u>En joint d'angle, le stick out est plus important</u>.

<u>Rappel</u>
Avec l'emploi d'un diffuseur à tamis, l'électrode peut être sortie de 15 à 20 mm de + grâce à une diffusion plus uniforme du gaz de protection.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Les buses

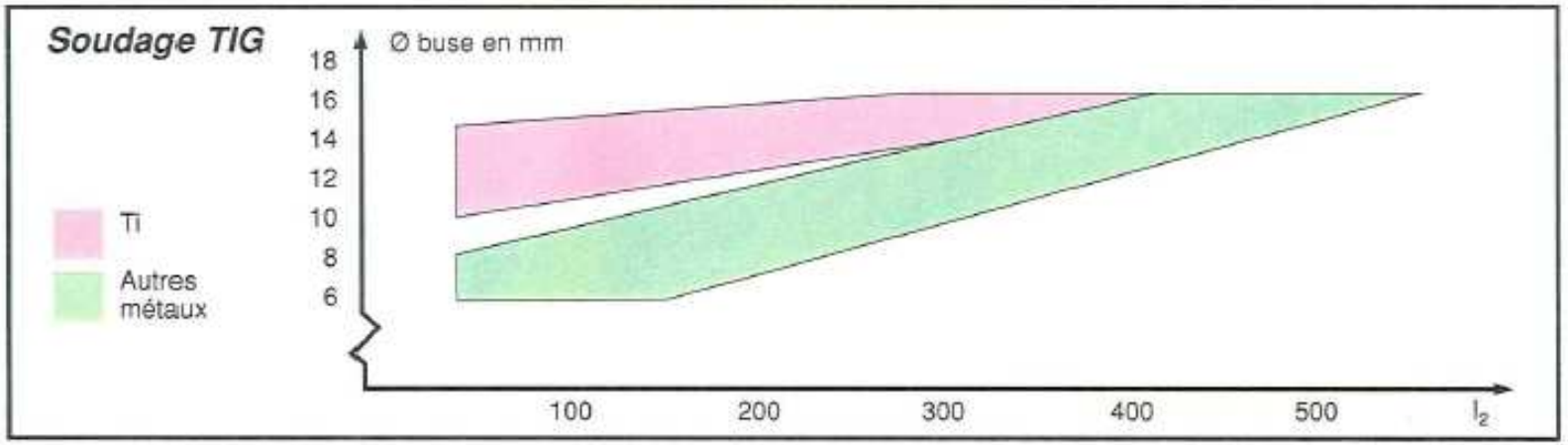
Il existe de très nombreuses buses qui diffèrent par leurs taille et leur formes.
Le matériau est généralement de la céramique et de l'oxyde d'alumine ($Al^2 0^3$).
Une buse céramique est brun clair alors qu'une buse alumine est légèrement plus fragile, mais supporte des courants et des températures plus élevées.
Des buses spéciales pour le soudage par point sont également utilisées.

Choix du diamètre de la buse

En règle générale, le diamètre intérieur d'ouverture de la buse est 4 fois supérieur au diamètre de l'électrode.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Les Ø int. de buses dépendent de l'intensité de soudage



Choix du diamètre de la buse

En règle générale, le diamètre intérieur d'ouverture de la buse est 4 fois supérieur au diamètre de l'électrode.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Les diffuseurs à tamis

Le diffuseur est un excellent accessoire. Le diffuseur assure un écoulement linéaire du gaz, qui protège mieux l'électrode et le bain de métal.

<u>Ses avantages sont</u> :

- réduction possible du débit de gaz de 50%
- augmentation de la longueur de sortie de l'électrode de 15 à 20 mm, ce qui rend plus facile le suivi du procédé de soudage et permet un meilleur accès de soudage dans les espaces restreints
- élimine le risque de défaut dû aux porosités par mauvaise protection gazeuse.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Haute Fréquence

L'arc est amorcé à l'aide d'un éclateur générant une tension haute fréquence entre l'électrode de tungstène et la pièce à souder. L'étincelle ionise le gaz et l'arc s'établit.

Haute fréquence (HF): avec ce procédé d'amorçage, l'électrode n'entre pas en contact avec la pièce à souder.
Une tension élevée d'amorçage amorce l'arc électrique. Il n'y a aucun risque d'inclusion de tungstène dans la soudure. Utilisé pour des applications de soudage de précision et de qualité élevées.

R

<u>HF électronique</u>
<u>Éclateur</u>

<u>Condensateur produit la fréquence</u>

<u>Fréquence</u> : 1 Méga hertz
ondes radio

conduction

<u>Voltage</u> : 4 KV à 11 KV

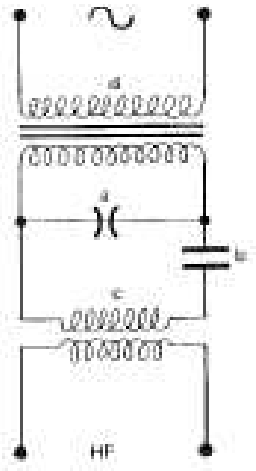


Figure 6 - Oscillateur

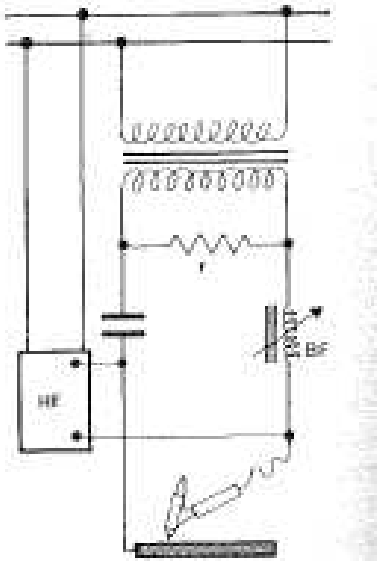


Figure 7 - Montage de l'oscillateur

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Amorçage en mode Liftarc™

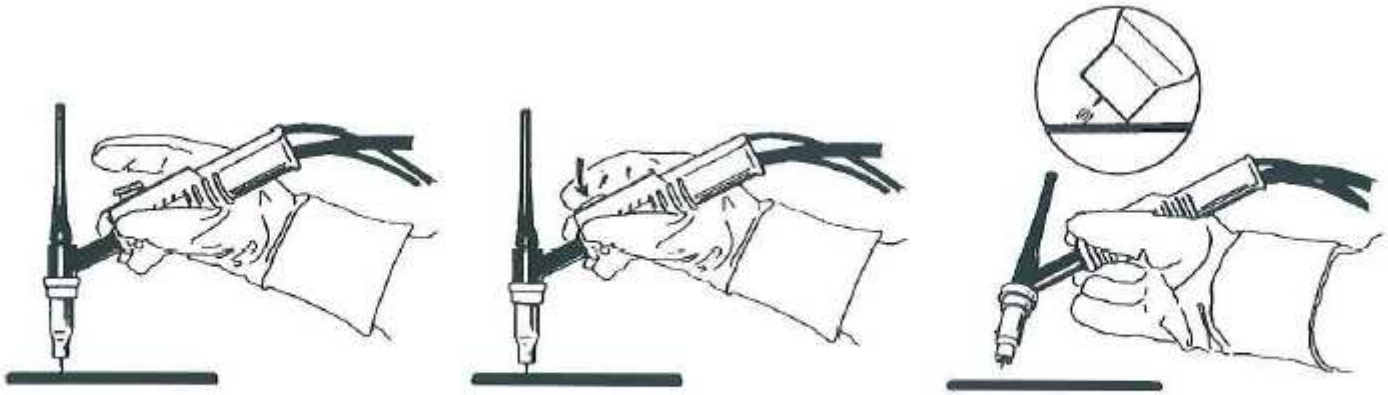


Figure 3. Arc ignition by the Lift-Arc method.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Préparation des pièces en soudage TIG

<u>Pour qu'une soudure TIG soit régulière et compacte</u> :

Les pièces doivent être parfaitement propres et exemptes de corps gras. Elles devront avoir subi un dégraissage suivi d'un décapage mécanique ou parfois chimique, notamment dans les alliages légers
il est nécessaire que les bords aient été préparés avec soin, s'ils sont oxydés, ils ne peuvent rester bruts et une finition mécanique est recommandée par meulage, à la brosse métallique ou à la laine d'acier.

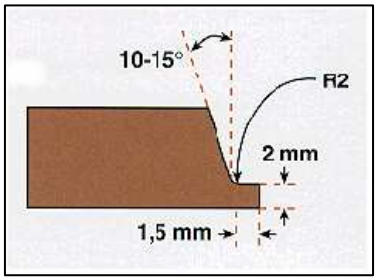
L'écartement des pièces doit être très régulier, ce qu'on obtient en utilisant un dispositif de positionnement comportant souvent des supports à l'envers.

La forme des chanfreins et l'écartement des pièces varient, selon la nature du métal à assembler et son épaisseur.

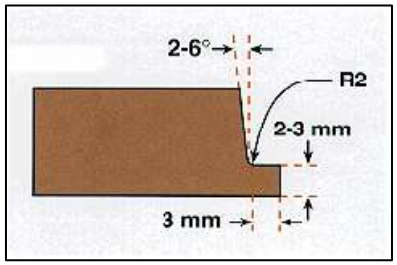
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Préparation des joints

joint bout à bout ép.< 3 mm

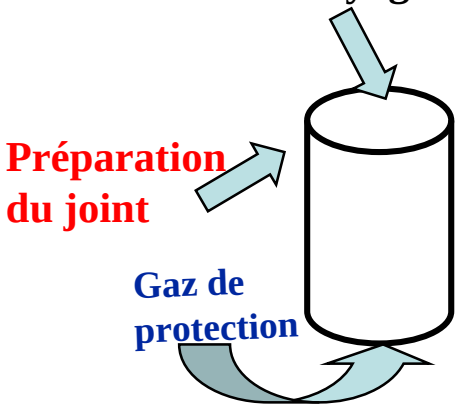


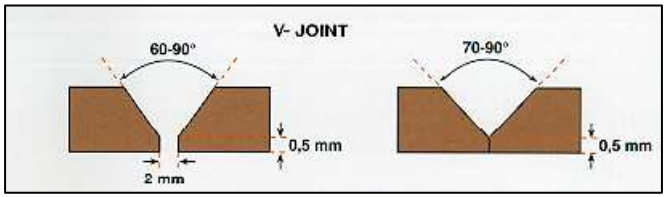
chanfrein en tulipe ép. ≥ 3 mm



NG-joint ≥ 6 mm

Nettoyage des pièces





Chanfrein en V, non recommandé par ESAB

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

La masse

De préférence sur la pièce elle même

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Prise en main de la torche

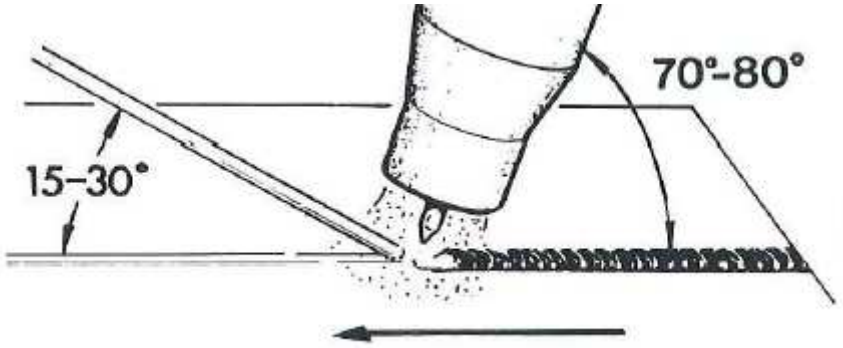
Le soudeur doit s'installer le plus confortablement possible :
la gaine passée par dessus son épaule, la torche doit être aussi légère que le permet l'intensité de courant. La gaine peut être enroulée autour du bras.

Le corps de torche doit être tenu comme un crayon par le pouce, par l'index et le majeur, de telle sorte que la la gâchette puisse être actionnée d'une légère pression du doigt, sans bouger la torche.

La gaine doit être aussi souple que possible.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Position de la torche



Le métal d'apport est amené au bord du bain comme montré sur la figure et il ne doit pas venir en contact avec la pointe de l'électrode, ni traverser l'arc.

D'autre part, la pointe du fil doit toujours rester près du bain de métal. Ceci permet de la conserver dans l'atmosphère protectrice du gaz argon qui protège également le bain et l'électrode de l'oxydation de la surface.

Lors du soudage d'acier inoxydable ou de cuivre, le métal d'apport peut, dans de nombreux cas, être amené en continu au bord du bain.

Cette façon de procéder, n'est pas recommandée lors du soudage de l'aluminium,du fait que le fil de métal d'apport deviendrait ainsi tellement chaud, qu'une oxydation apparaîtrait en surface malgré la protection du gaz argon. Le fil ainsi fondu et mélangé au bain de métal viendrait polluer ce dernier à un tel niveau que l'action de rupture de couche d'oxyde créé par l'arc n'aurait plus d'effet et par conséquent donnerait une soudure de qualité inférieure.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Mode opératoire

L'arc amorcé est maintenu sur le joint jusqu'à ce qu'un point brillant apparaisse indiquant que le métal de la pièce a atteint son point de fusion. Le soudeur agrandit ce point brillant en faisant décrire de petits cercles à sa torche.
Celle-ci est alors déplacée de la droite vers la gauche à la vitesse d'avance convenable.

L'arc doit aboutir sur la partie avant du bain de fusion.

Le soudage à gauche permet d'assurer la protection du métal en avant de la torche et suivre le joint sans risques de déport (pour un droitier).

L'arc doit être maintenu aussi court que possible, en effet une faible longueur d'arc favorise la stabilité en évitant que le point de contact avec le bain de soudure ne se déplace constamment. De plus si me bord de la buse est très près de la soudure, l'effet protecteur de l'écoulement gazeux n'en sera que meilleur, ce qui incite à travailler avec une longueur d'électrode hors buse aussi faible que possible (0,5 mm dans la plupart des cas, ↑ en angle intérieur).

Si du fait d'une longueur d'arc trop grande ou d'un courant d'air, l'oxygène de l'air vient en contact avec l'électrode, celle-ci se couvre aussitôt d'une couche blanchâtre d'oxyde de tungstène et des vapeurs se dégagent.
Dans un tel cas, le soudage doit être interrompu, en laissant l'électrode se refroidir sous gaz.
Celle-ci devra être remise en état ou changée.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Mode opératoire

Plusieurs facteurs essentiels du soudage TIG dépendent de l'appréciation du soudeur

Le réglage de l'intensité du courant de soudage qui pour une épaisseur de métal donnée et un diamètre d'électrode donné est lié étroitement à la vitesse d'avancement. Un compromis qui dépend de l'habilité du soudeur, est à établir entre les deux paramètres.
Si l'on soude en gouttière, il est sans inconvénient grave que le bain de soudure soit relativement abondant tandis que dans les autres positions, il est préférable de ne pas être gêné par une masse fluide difficile à contrôler.

La réduction de l'intensité selon la position de soudage est elle même une fonction de l'épaisseur : pour une soudure montante, elle sera de 5 à 10% sur tôle de 3 à 4 mm mais atteindra 20% sur tôle de 8 mm.De toute manière l'intensité du courant ne doit pas dépasser la valeur maximale admissible pour l'électrode utilisée, valeur qui dépend du diamètre et de la composition de celle-ci.

La longueur d'arc qui doit demeurer courte et constante. C'est une des difficultés du procédé et sans doute celle qui exige le plus d'entraînement.

La vitesse d'avancement qui pour grande part est une résultante des paramètres précédents.
En soudage manuel, elle comporte une valeur maximale déterminée par l'habilité du soudeur. Dans cette limite, elle sera choisie ni trop forte ce qui donnerait un cordon non pénétré, ni trop faible, ce qui donnerait un gros cordon et introduirait inutilement dans la pièce une grande quantité de chaleur : les contraintes résiduelles ou les déformations en seraient plus élevées.

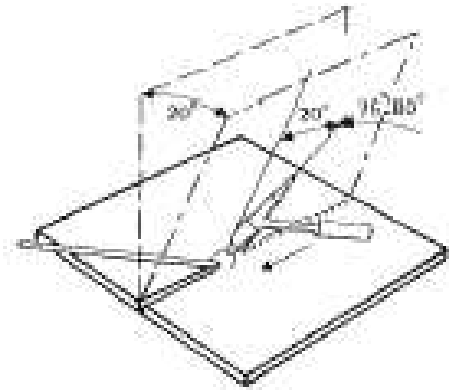
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Le volume du métal d'apport déposé par centimètre de soudure

En soudant à gauche, le soudeur conserve une bonne visibilité du bain, ce qui lui permet en agissant soit sur le mouvement de la baguette, soit sur la vitesse d'avancement de la torche de régler à volonté le volume du bain. Il doit s'efforcer d'obtenir une soudure brillante et régulière, sans surépaisseur notable.

Lors du soudage à plat de tôles bout à bout, la baguette est maintenue dans un plan perpendiculaire à la surface des tôles et passant par le joint. Inclinaison de 15° à 20° para rapport à celle-ci.

La torche est inclinée de 75 à 80° par rapport au j oint, dans un plan faisant 20° avec le précédent.



Si le plan passant par l'axe de la torche était plus incliné, il y aurait nécessairement un des bords qui fondrait plus facilement que l'autre, ce qui entraînerait des défauts de soudure. Par contre, si les épaisseurs à souder sont différentes, il est bon d'incliner un peu plus la torche vers la tôle la plus épaisse. Un mouvement d'avance et de recul de l'électrode favorise le décapage des bords du joint en avant du bain de fusion.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Mode opératoire

La baguette est tenue au dessus du joint et plongée par intermittence dans le plasma d'arc au voisinage du front avant du bain de fusion, éventuellement plongée dans celui-ci est retirée aussitôt. Cet apport goutte à goutte peut s'accompagner d'un léger balancement, de préférence en arc de cercle. L'extrémité de la baguette doit toujours se trouver sous atmosphère de protection.
Pour doser la quantité de métal, le soudeur est guidé par l'aspect du cordon qui doit avoir un volume suffisant avec une surface régulière sans caniveaux, mais sans surépaisseur excessive.

Dans le soudage en angle intérieur à plat ou en corniche, la torche sera dirigée un peu plus vers la pièce supérieure que vers la pièce inférieure afin de faciliter le maintien du bain de fusion.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Le pointage des pièces

Les points doivent être assez longs pour ne pas rompre sous les tensions dues à la déformation des pièces.

Leur volume doit être suffisant mais sans exagération afin qu'il n'y ait aucune difficulté à les refondre complètement lors de l'exécution de la première passe de soudage. Pour cela il vaut mieux qu'ils soient longs et minces plutôt que trop épais.

<u>En aciers et aciers alliés</u>

Selon l 'épaisseur on adopte des longueurs de points de 20 à 80 mm.

L'espacement est en moyenne de 30 à 40 fois l'épaisseur

<u>En aluminium</u>

Longueur des points de 10 à 30 mm suivant l'épaisseur

les points doivent être espacés de 20 fois l'épaisseur

Les soudures de pointage, exécutées sur métal froid, sont rarement exemptes de défauts, d'où la nécessité des les refondre entièrement. Lorsqu'il les rencontre, le soudeur doit s'adapter de façon à refondre complètement ces points de soudure :

- réduire de la vitesse d'avance
- espacer les apports de métal

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Soudage bout à bout à plat

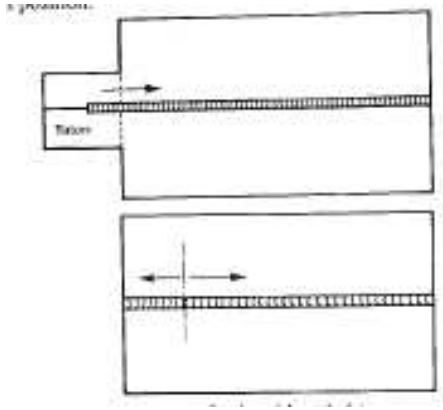
Pour commencer un cordon, il faut former, sans métal d'apport un bain de fusion en maintenant la torche immobile. Lorsque la pénétration atteint la valeur désirée, le soudeur commence à déplacer la torche et, si nécessaire, à nourrir le bain au moyen de la baguette.

Pour éviter les risques de fissuration, il est préférable de ne pas commencer une soudure rectiligne ou un contour fermé à son extrémité. On commencera le cordon sur un talon de quelques centimètres ou encore à quelques centimètres du bord en allant vers un bord puis en reprenant au point initial pour souder vers le bord opposé.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Soudage à recouvrement

Cette méthode peut être adoptée dès l'épaisseur de 0,8 mm si on opère sur montage. Les pièces étant convenablement bridées. Sur bords libres pointés, on peut souder à recouvrement à partir de 1 mm à plat et de 1,5 mm en position.



Les arêtes de chaque tôle seront abattues du coté situé au contact de l'autre tôle. Pour souder sans métal d'apport, le soudeur forme d'abord un bain de fusion sur la tôle inférieure, puis il dirige l'arc vers le bord de la tôle supérieure en le raccourcissant à 1,5 mm environ. Un léger balancement de la torche doit permettre la fusion du bord de la tôle supérieure et la formation du point de soudure. A partir de ce point, le soudeur cesse de balancer la torche et avance régulièrement le long du joint en fondant le bord de la tôle supérieure.
Sous l'arc, à l'extrémité du bain, le métal en fusion prend la forme d'un cratère. La vitesse d'avancement doit être telle que le cratère se remplisse complètement au fur et à mesure.
L'emploi d'un produit d'apport facilite le remplissage et s'impose pour les fortes épaisseurs. Il n'est toutefois pas recommandé de souder par recouvrement au delà de 6 mm.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Soudage en angle intérieur

Dans ce cas la torche doit être ajustée de telle manière que l'arc puisse atteindre le fond du joint sans être allongé sensiblement. On y parvient en faisant sortir suffisamment l'électrode hors de la buse. La torche est maintenue dans le plan bissecteur du joint et le soudeur opère comme en soudage bout à bout.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Soudage en angle extérieur

Ce type de joint est de réalisation aisée pour les épaisseurs supérieures ou égales à 1,5mm.
L'emploi d'un support à l'envers en cuivre ou, mieux en acier inoxydable rainuré permet de descendre à 1 mm.
Chaque fois que possible, il est recommandé d'effectuer une reprise à l'envers.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Soudures multi-passes

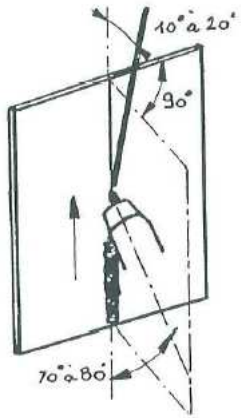
Ces soudures concernent les épaisseurs moyennes ou fortes de sorte que le joint comporte nécessairement un chanfrein en V ou en X. Pour fondre avec certitude les bords de chanfrein, un mouvement de balancement de torche devient indispensable. La baguette d'apport est parfois appuyée dans le fond du chanfrein et fondue par l'arc en même temps que les bords du joint. Si elle n'est pas appuyée, elle est animée d'un mouvement de balancement opposée à celui de la torche.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

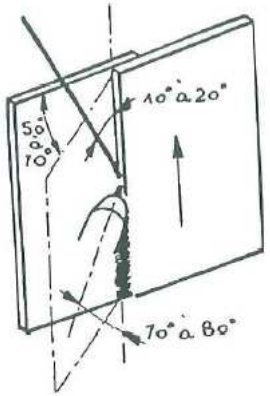
Soudage en verticale montante

4.2. – Soudage en montant

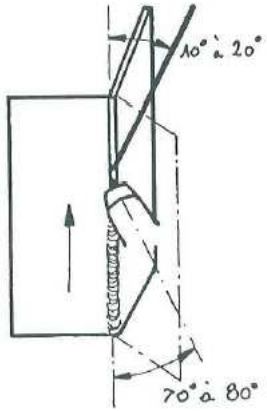
4.2.1. – Sur joint bout à bout



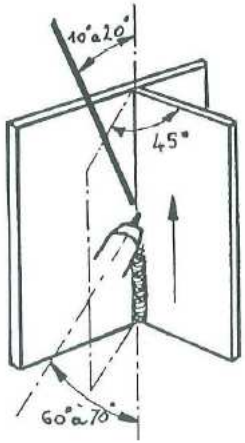
4.2.2. – Sur joint à recouvrement



4.2.3. – Sur joint en angle extérieur



4.2.4. Sur joint en angle intérieur



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

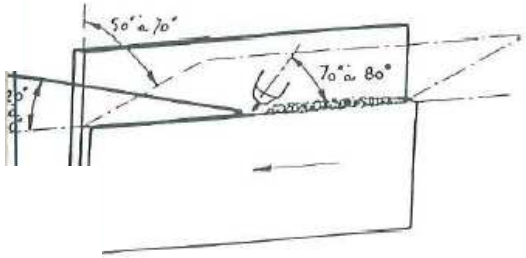
Soudage en corniche

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

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

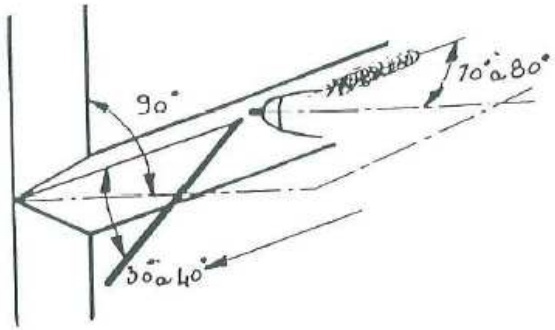
Soudage en corniche

4.3.1. – Sur joint à recouvrement

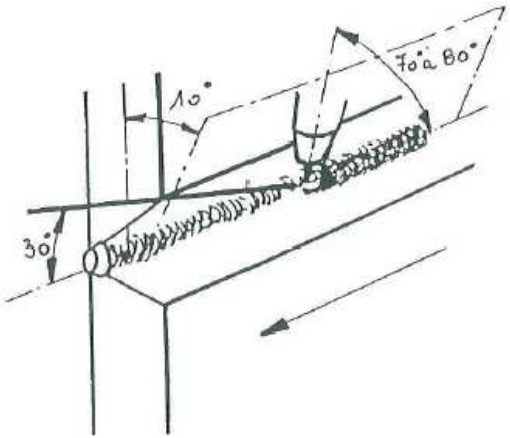


4.3.2. – Sur joint bout à bout

Exécution de la première passe :



Exécution des passes suivantes :

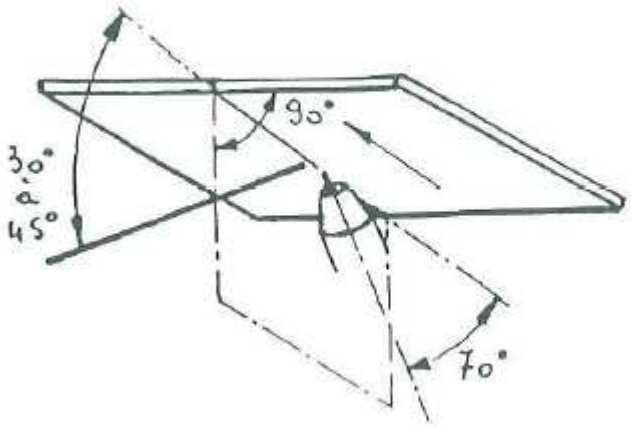


Propriété d'ESAB - reproduction interdite

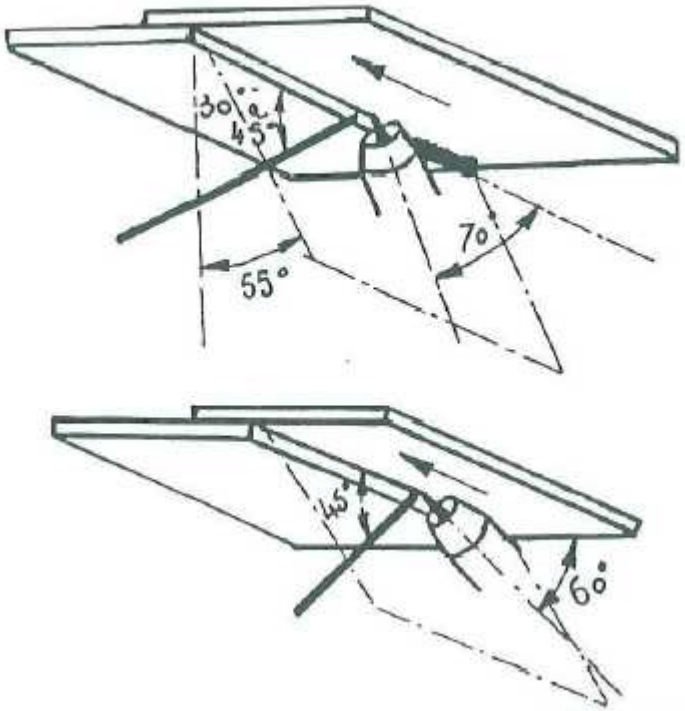
Soudage au plafond

Soudage en corniche

4.4.1. – Sur joint bout à bout



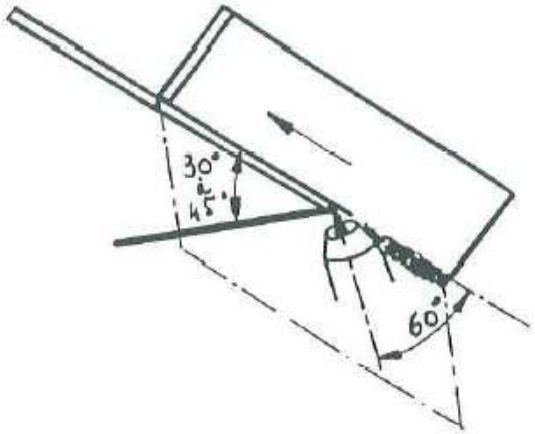
4.4.2. – Sur joint à recouvrement



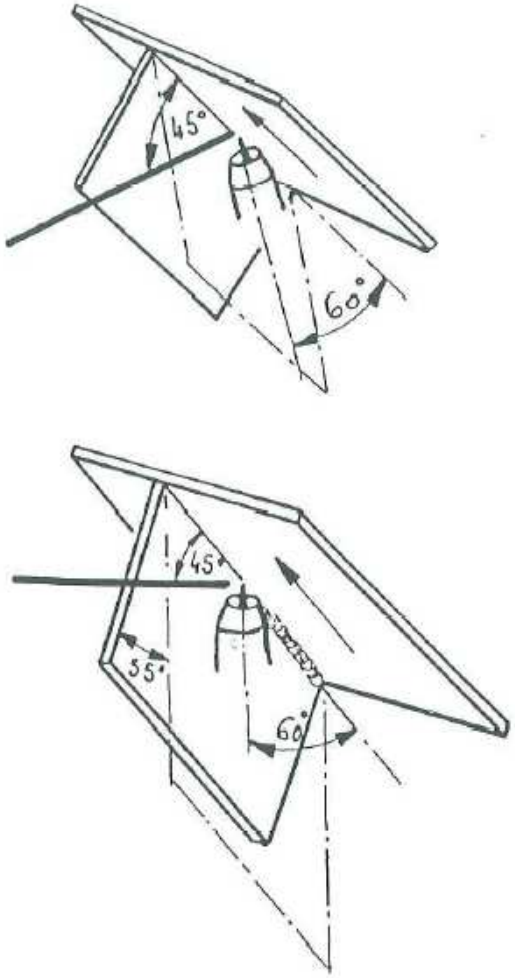
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Soudage en angle extérieur

4.4.3. – Sur joint en angle extérieur



4.4.4. – Sur joint en angle intérieur



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Vitesse de déplacement

Lorsque l'on augmente la vitesse de déplacement, on diminue la largeur du bain et on apporte moins d'énergie.

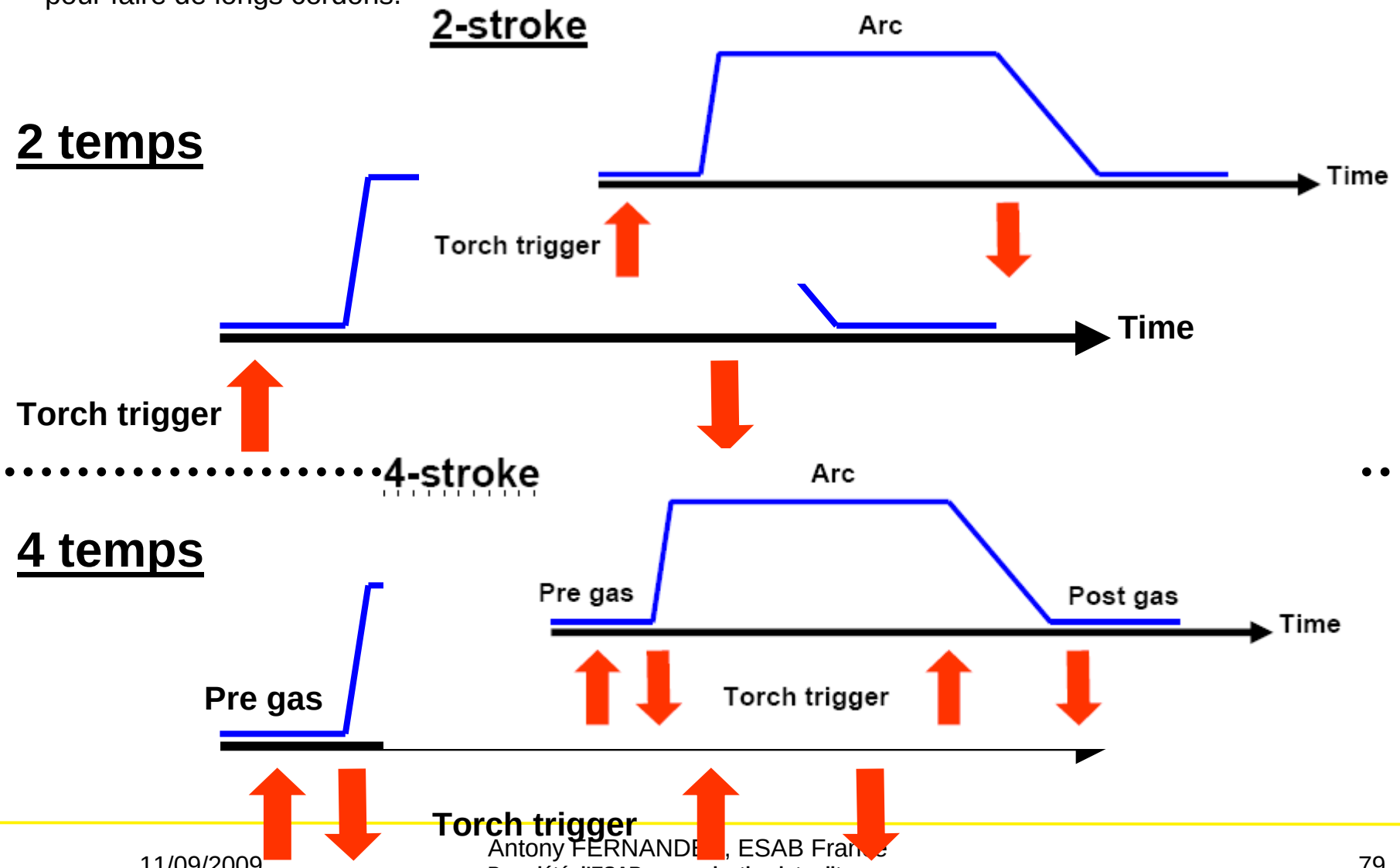
$$\frac{U \times I}{\text{Vitesse de déplacement}}$$

La vitesse de déplacement dépasse rarement les 20 cm / minute et peut descendre à 10 cm/ minute pour le soudage circulaire.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Fonctions 2/4 temps

4 temps lorsque le soudeur veut éviter de presser la gâchette tout le temps du soudage. Nécessaire pour faire de longs cordons.



Antony FERNANDE[illegible], ESAB Fran[illegible]
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Rôle du gaz de soudage

Protège le métal en fusion et l'électrode tungstène des agents oxydants de l'air ambiant.

Le gaz est utilisé pour favoriser la ionisation de l'arc et pour travailler en atmosphère inerte.
Inerte signifiant que le gaz n'introduit pas de changements significatifs du point de vue chimique. Le gaz protecteur inerte ne prend pas une part active dans le procédé de soudage.

L'argon est le gaz le plus utilisé Argon, l'hélium pure, les mélanges argon-hélium, argon hydrogène sont également utilisés.

Rôle du gaz dans l'arc électrique

Le gaz de protection agit pour
- protéger le bain et le métal à proximité du bain
- conducteur électrique
- conducteur de chaleur de l'arc vers la pièce

Argon

- Arc le plus stable.
- Action de nettoyage la plus importante (décapage).
- Permet une grande qualité de soudage avec la plupart des métaux.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Les gaz de soudage inox : argon ou argon-Hydrogène

Protège le métal en fusion et l'électrode tungstène des agents oxydants de l'air ambiant.

Le gaz est utilisé pour favoriser la ionisation de l'arc et pour travailler en atmosphère inerte.
Inerte signifiant que le gaz n'introduit pas de changements significatifs du point de vue chimique. Le gaz protecteur inerte ne prend pas une part active dans le procédé de soudage.

Argon

- Arc le plus stable.
- Action de nettoyage la plus importante (décapage).
- Permet une grande qualité de soudage avec la plupart des métaux.

Mélange Argon-Hydrogène sur aciers austénitiques

- Propriété de réduction de l'oxygène.
- Fait obstacle à la décoloration du cordon de soudure.
- Surtout utilisé dans le soudage mécanisé des tubes en inox.
- Grande conductivité thermique ce qui limite le courant nécessaire pour réaliser le profil de cordon souhaité.
- Augmente la productivité.

Ne pas utiliser sur les inox type martensitique ou ferritique

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Les gaz de soudage pour aluminium

Protège le métal en fusion et l'électrode tungstène des agents oxydants de l'air ambiant.

Le gaz est utilisé pour favoriser la ionisation de l'arc et pour travailler en atmosphère inerte.
Inerte signifiant que le gaz n'introduit pas de changements significatifs du point de vue chimique. Le gaz protecteur inerte ne prend pas une part active dans le procédé de soudage.

Argon

- Arc le plus stable.
- Action de nettoyage la plus importante (décapage).
- Permet une grande qualité de soudage avec la plupart des métaux.

Hélium & mélanges Argon-Hélium

- Arc plus chaud qu'en Argon seul.
- Meilleure mouillage.
- Meilleure fusion du métal de base ce qui permet de souder sur chanfrein moins ouvert et de consommer moins de métal d'apport.
- Pénétration plus grande.
- Vitesse de soudage plus élevée.

↗ Le débit de gaz

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Les gaz de soudage pour cuivre

Protège le métal en fusion et l'électrode tungstène des agents oxydants de l'air ambiant.

Le gaz est utilisé pour favoriser la ionisation de l'arc et pour travailler en atmosphère inerte.
Inerte signifiant que le gaz n'introduit pas de changements significatifs du point de vue chimique. Le gaz protecteur inerte ne prend pas une part active dans le procédé de soudage.

Argon

- Arc le plus stable.
- Action de nettoyage la plus importante
- Permet une grande qualité de soudage avec la plupart des métaux.

Argon-Hélium

- Arc plus chaud qu'en Argon seul.
- Meilleure mouillage.
- Meilleure fusion du métal de base ce qui permet de souder sur chanfrein moins ouvert et de consommer moins de métal d'apport.
- Pénétration plus grande.
- Vitesse de soudage plus élevée.

↗ Le débit de gaz

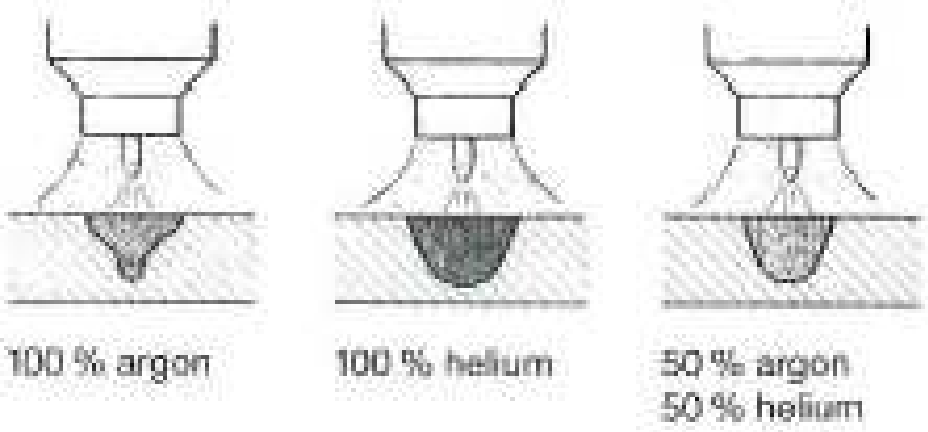
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Formes de pénétration avec de l'hélium ou en mélange

L'argon peut être rendu conducteur électrique assez facilement. La tension d'arc est relativement basse, environ 10 à 15 volts.

L'Hélium produit une tension plus importante, à savoir 20 à 24 volts. C'est pourquoi, il est plus difficile d'amorcer sous hélium que sous argon.
En conséquence la puissance de l'arc est différente pour chaque gaz
Puissance = U x I
U en volts
I en ampères

En conséquence, à ampérage égal la puissance de l'arc est plus élevé si on utilise de l'hélium.



Au centre de l'arc la densité de courant est très élevée.
L'intensité de la chaleur diminue graduellement en s'éloignant de la zone centrale de l'arc électrique.
L'argon est plus facile à ioniser (à être en état de conduire de l'électricité).

Dans le cas de l'hélium, la pénétration est parabolique du fait de la très forte conductivité électrique de l'hélium et au voltage plus élevé.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

L'Hélium

L'Hélium produit une tension plus importante, à savoir 20 à 24 volts. C'est pourquoi l'hélium il est plus difficile d'amorcer sous hélium que sous argon.
A ampérage égal la puissance de l'arc est plus élevé si on utilise de l'hélium.
L'hélium seul , du fait de sa moindre conductibilité électrique, est difficile à amorcer et l'arc est moins stable. Les mélanges Argon/Hélium sont préférables
Le pouvoir ionisant de l'hélium est plus faible que celui de l'argon de sorte que la tension de l'arc est d'environ 75% plus élevée qu'avec l'argon.
L'hélium donne un meilleur rendement calorifique et cet apport de chaleur plus intense donne une pénétration se rapprochant de la forme d'un U au lieu d'être évasée.
L'hélium permet de souder plus vite ou avec moins de passes
Rend superflu le préchauffage
Améliore le dégazage du fait que la viscosité du bain de fusion est diminuée

La densité de l'Hélium est dix fois plus faible que celle de l'argon, de sorte qu'il assurera une protection moins efficace car il aura tendance à s'élever alors que l'argon aura tendance a descendre sur le bain de fusion. Pour obtenir une même protection, il faut doubler voir tripler le débit d'hélium par rapport à celui de l'argon.
Ceci est un inconvénient économique, d'autant plus que l'hélium est sensiblement plus coûteux que l'argon.
Toutefois cette différence peut être annulée, voir inversée par le fait que la vitesse de soudage est plus importante avec de l'hélium.

L'utilisation de l'hélium est intéressante en particulier pour les pièces épaisses sur métal bon conducteur de la chaleur, tel que le cuivre ou l'aluminium.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Débits de gaz de soudage

Un débit bien réglé est très important.
Il s'agit de chasser l'air ambiant et de prendre sa place.

Trop faible, l'électrode et le bain vont être oxydés.
Trop fort cela va créer des turbulences et le gaz ne va pas jouer son rôle protecteur.

Chaque type de joint requiert un débit différent :
en angle extérieur, il faut ↗ le débit de gaz.
En angle intérieur, on doit ↘ le débit de gaz.
En soudage en verticale montante, on augmente le débit de 2 l/min.

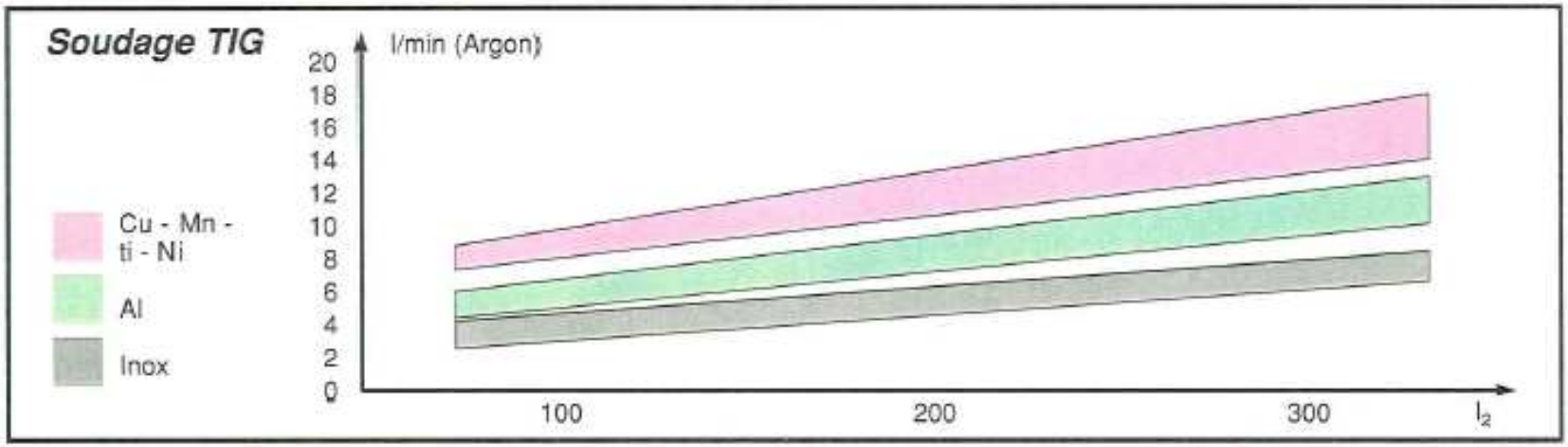
<u>Règles de base</u> :

Inox :	4 à 8 l/min
Aluminium :	4 à 10 l/min

Si vous avez choisi la bonne buse, c'est le Ø intérieur de la buse !

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Débits de gaz de soudage



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Gaz de protection envers

L’acier inoxydable, aciers résistants aux acides, le titane, sont des exemples de métaux qui nécessitent des gaz de protection envers.
Cette protection de l’envers de la soudure évite les dégradations par l’air ambiant et donne à la soudure une surface qui résiste aux acides et autres équivalences.

On utilise en gaz de protection suivant les cas de l’argon, de l’azote.

Un système de distribution de gaz de racine doit être mis en place.

Les faibles épaisseurs nécessitent surtout s’il s’agit d’acier allié ou de métaux très oxydables, doivent être protégés aussi bien à l’envers qu’a l’endroit.

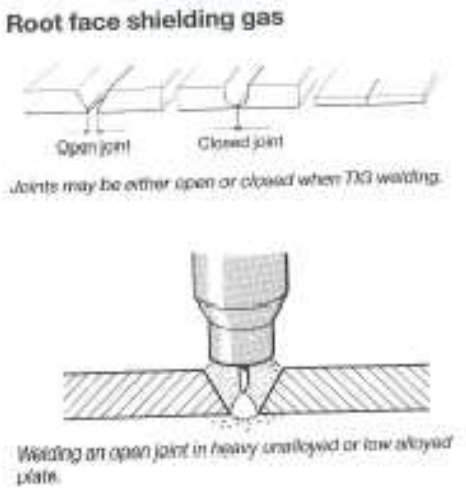
Propriété d’ESAB - reproduction interdite

Gaz de protection envers

Dans certains cas, il faut aussi protéger l'envers de la soudure de l'attaque produite par l'atmosphère.
Le gaz peut être soit inerte soit réducteur.

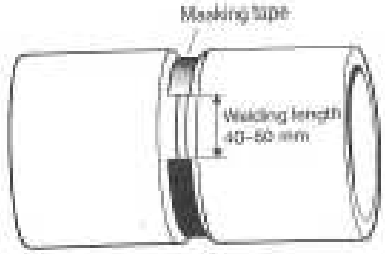
Un des exemples de gaz réducteur est l'hydrogène ou l'azote.
L'hydrogène réagit avec l'oxygène contenu dans l'air et protège ainsi la soudure.
Le % d'hydrogène est peu élevé à savoir 5 à 10%.

Voir chapitre gaz



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Gaz de protection envers (suite)



When welding a closed joint shielding gas should be used on the root side, except in the case welding aluminium. If the root side is not protected then oxidation of the base metal will occur. The weld will have a porous or sponge-like appearance. Such a weld is of course unacceptable.

Si les bords sont joints (pas de jour)
Il faut une protection envers car autrement la soudure aurait un aspect poreux ou spongieux, ce qui bien sûr n'est pas acceptable.

Voir gamme PipeTech

Détecteurs d'oxygène

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Inertage des tubes

The volume of pipes of differing diameters in liters per metre

Pipe diameter in mm	*Volume in l/m of pipe*
25	0.50
50	1.90
80	5.00
100	7.85
125	12.25
150	17.70
175	24.00
200	31.50
225	40.00
275	60.00
350	97.00

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Inertage des tubes

Flushing times and volume changes

If the shielding gas does not replace all of the air within the sealed area then root side of the weld will not be satisfactorily shielded. The time required for gas flushing will depend upon:

- the sealed volume
- the shielding gas flow rate

Which can be expressed in the following formula:

$$\text{Flushing time prior to welding} = \frac{\text{volym} \times \text{no. of volume changes}}{\text{gas flow rate}}$$

The number of volume changes varies from case to case but can vary between 5 and 10. The gas flow rate should be limited to 5 l/min for volumes less than 3 l. The root gas flow rate should be 4–6 l/min when welding.

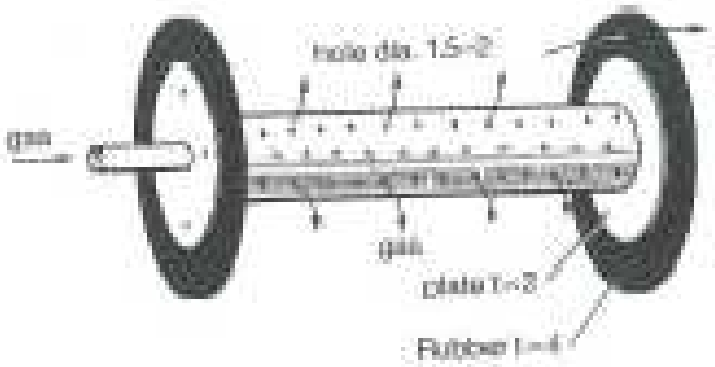
Example

A stainless pipe of 76.1 mm diameter is to be welded.
The distance between the sealing discs = 250 mm
It is reckoned that 10 volume changes will be needed.
The gas flow during the flushing period = 10 l/min

What will the flushing time be?

Answer: $\frac{5.0 \times 0.25 \times 10}{10} = 1.25$ min

Note dia. 76.1 rounded up to dia. 80

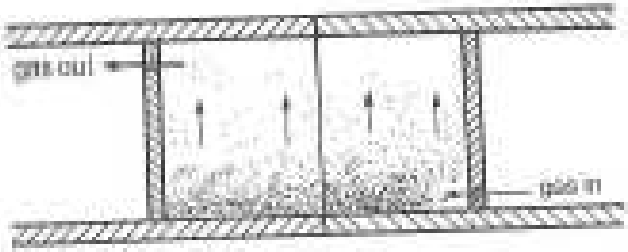


Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Inertage des tubes

Méthode inertage avec Argon

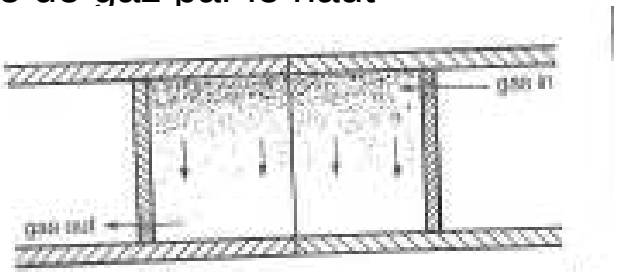
entrée de gaz par le bas



Argon, being heavier than air, collects in the lowest part o
the pipe.

Méthode inertage avec Hydrogène/azote

Entrée de gaz par le haut



The hydrogen/nitrogen mixture collects in the upper part of
the pipe.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Flux de protection envers Stainflux

Le flux est appliqué côté envers de la soudure, et ce avant de souder.
Mélange pâteux (Flux + éthanol).
Le flux protège de l'oxydation qui se produit pendant le soudage.
Stainflux convient au soudage TIG des aciers faiblement alliés, des inox contenant moins de 25% de nickel.
Stainflux n'est pas un substitut au gaz protecteur. Toutefois il est très utile lorsque le gaz ne peut pas être utilisé. Stainflux assure une bien meilleure soudure que sans protection du tout.

2.1 Stainflux Root Protection

The flux is applied to root side before welding and protects against oxidation, which occurs during welding. Stainflux is intended for use in connection with GTAW-welding of low-alloy and stainless steel with a maximum 25% nickel content. Stainflux should not be seen as a substitute for protective gas but rather is used where protective gas cannot be used. Stainflux gives a much better weld than without root-protector, but doesn't quite achieve the qualities of an argon-protected weld.
Testing (ASTM G48) revealed the following technical data:
Loss of weight with argon-protection = 100%
(100%=the loss of weight which occurs with argon-protection)
Loss of weight with Stainflux = 180%
(much better than without root-protection but not as good as argon-protection)
Loss of weight without weld-protection = 318%

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Quand utiliser le flux de protection envers Stainflux

Lorsque aucune oxydation de l'envers de la soudure n'est tolérée, il faut utiliser un gaz de protection ou au moins un flux pâteux ESAB Stainflux.

Référence : 2160 000 100
Conditionné en pots de 500 grammes

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Domaines d'emploi de stainflux

Spot welding:

Stainflux is applied to the surfaces of the joint before assembling. It works as a clensing agent prevents the formation of tempering oxides in the vicinity of the spot welds. This process eliminates the risk of contaminating the weld joint and allows the spot weld to melt easily during the subsequent welding.

As a protective layer during welding:

Stainflux has several important functions when applied to the weld. The weld is protected against oxidation. The weld bead can be laid with a higher and constant speed. The flux's moistening and supporting effects on the melt redirects the surplus heat from the local areas in the weld and thereby prevents uncontrolled penetrations and burn-through. Pin-holes are prevented by even, uniform heating and the absence of contaminants.

Overlapping welds:

Stainflux applied to the underside of overlaps prevents uncontrolled penetrations. Even heating and lower cooling speed prevents brittleness and gives stronger, more ductile welds.

Single-V-joints with different plate thickness:

Stainflux prevents burn-throughs when welding together thin and thick materials. Because the heat is evenly distributed local areas of high temperature are avoided and the welds penetrate uniformly.

Single-V-joints welded on one side:

Stainflux applied to the weld promotes even penetration with sufficient amount of material with initial bonding. Welds which previously needed welding from both sides can be effectively joined with a weld bead on one side.

Single-V-joints welded on both sides:

When joining thick plate, or where two-sided welding is necessary for quality's sake, the flux should be applied to the weld before the first weld bead is laid. The even and strongly bound weld does not require chiselling or grinding. Brushing with a steel brush is recommended for removing slag remnants after the second weld bead.

Joining of low and high-alloy steel (composite steel):

When Stainflux is used the welder can bevel both the low-alloyed and the high-alloyed material prior to welding. This eliminates supplementary work with grinding and chiselling. When the flux is used with these alloys it should be applied to the high-alloyed side and welded beginning with the low-alloyed side.

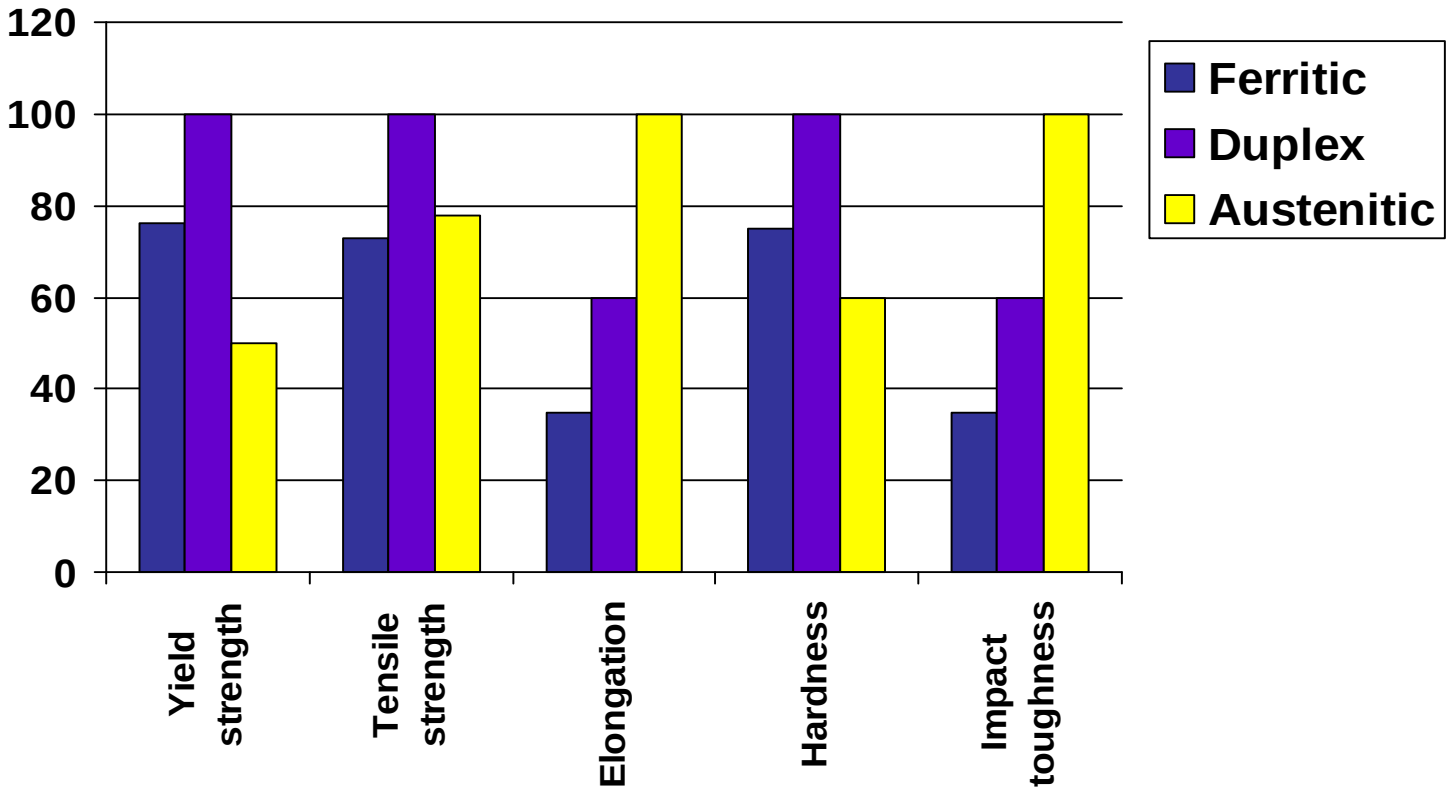
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

L’inox : pourquoi cet acier résiste à la corrosion ?

L’inox est le nom donné aux aciers avec une haute résistance aux attaques par des substances corrosives. Cette résistance est obtenue essentiellement par des additions de chrome. Le chrome forme une fine, continue et tenace couche d’oxyde de chrome à la surface de l’acier.
Si cette couche est endommagée ou cassée alors l’acier devient vulnérable à l’oxydation par l’air et aux attaques corrosives.
Des poussières de meulage sous forme de particules de fer qui s’accrocheraient à la surface de l’inox peut aisément commencer à rouiller. La fine couche d’oxyde de chrome est alors endommagée et des points de rouille ou des piquages apparaîtront. En d’autres termes l’acier inoxydable va rouiller !
C’est pourquoi il est si important de travailler l’inox en prenant certaines précautions avec que celui-ci conserve toutes ces propriétés.
Lorsque l’on brosse la surface de l’inox, une brosse en inox est indispensable afin de ne pas la rayer et altérer la surface.
L’inox ne doit pas être stocké avec d’autres métaux.
Pendant le soudage, la couche d’oxyde de chrome est brisée et doit être remplacée. Cela se fait en meulant et en polissant la soudure., ou par brossage et application d’une pâte pour obtenir une surface métallique et propre. Le chrome à la surface peut alors se combiner avec l’oxygène présent dans l’air et reformer une protection d’oxyde de chrome.

Propriété d’ESAB - reproduction interdite

Les différences…



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Influence des éléments d'addition

- Cr Résistance à l'oxydation
- Ni Résilience et répartition entre les phases
- Mo Résistance à hautes températures
- Si Désoxydant et agent mouillant
- Mn Caractéristiques mécaniques et piégeage du Souffre
- Cu Oxydation

C Résistance au fluage et prévient le grossissement de grain. Formation de carbures de Cr de grande taille (Cr23C6) qui limitent la résilience et la résistance à l'oxydation...

Nb et Ti : Formation de carbures de très petites tailles avec le C => limite formation de carbures de Cr. Affinage du grain

Al et Zr : résistance à l'oxydation pour T>1000°C

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Les inox austénitiques

- Propriétés :
- Amagnétiques
- Faibles caractéristiques mécaniques
- Allongement à la rupture très grand

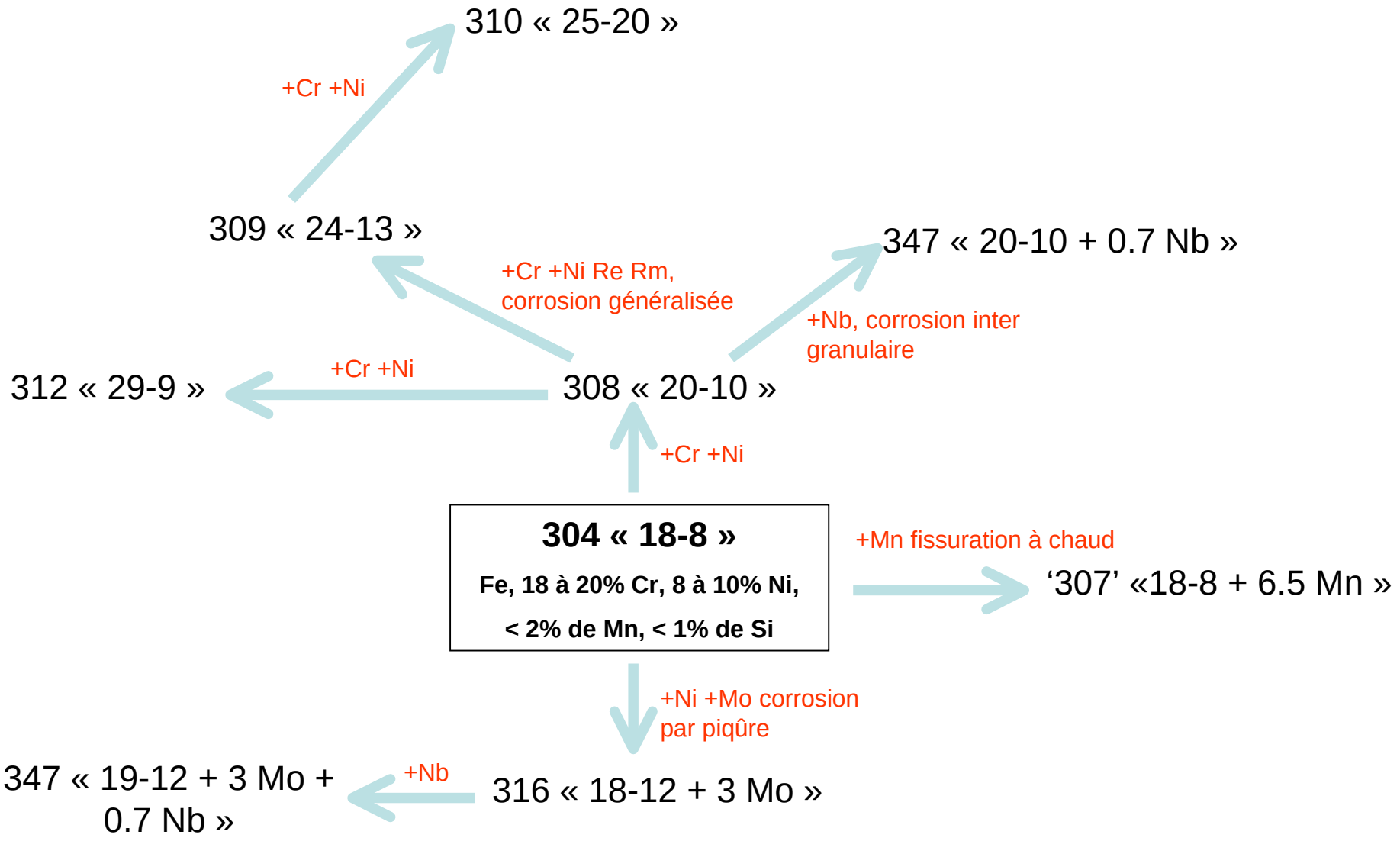
- Applications :
- Agroalimentaire
- Industries chimiques
- Industries pharmaceutiques

- Exemples : 304, 316, 307, 310…

Austenitic Structure

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Les inox austénitiques

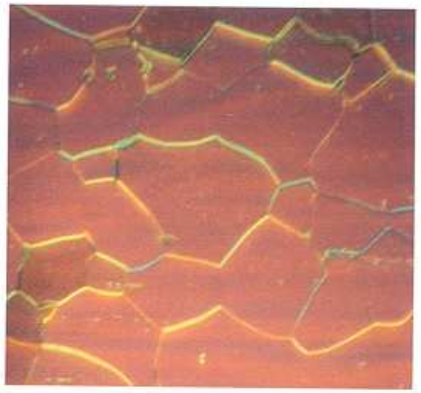


Propriété d’ESAB - reproduction interdite

Les inox ferritiques

- Propriétés :
- Ferromagnétiques
- Faibles caractéristiques mécaniques

Ferritic Structure



- Applications :
- Pétrochimie
- Couteaux et fourchettes
- Échappements automobiles

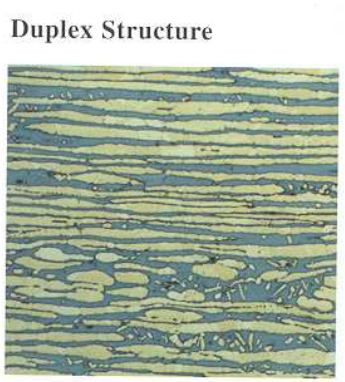
- *Le gros avantage est qu'il n'y a pas de Ni…*

- Exemples : 410, 430…

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Les austéno ferritiques (Duplex)

- Propriétés :
- Hautes caractéristiques mécaniques
- Grande résistance à la corrosion sous contraintes



- Applications :
- Papeterie
- Ouvrages d'art
- Offshore

- Exemples : Uranus 45 N (2209), Uranus 52 N (2509)

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Avant soudage

- **Dégraissage**

Enlever les huiles de laminage, coupe avec des produits type acétone

Après soudage

- **1. Décapage**

  Eliminer l'oxydation superficielle provoquée par les différentes opérations à chaud, comme le soudage

  Perte d'oxydes de chrome

- **2. Décontamination/Passivation (avec les mêmes produits)**

  Décontamination : dissoudre les particules métalliques en surface

  Passivation : formation contrôlé d'une couche d'oxyde protectrice de bonne qualité.

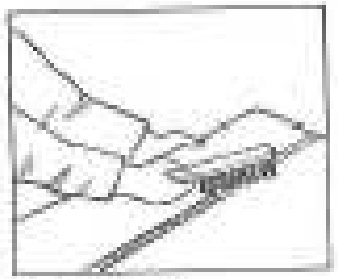
  Accélération de la formation de Cr_2O_3

- **3. Rinçage très important afin d'enlever tous les résidus de produits sinon risques de corrosion : eau déminéralisé**

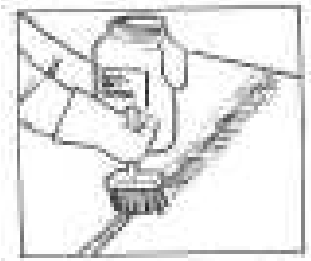
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Traitement final des soudures sur de l'inox

Après avoir soudé des pièces en inox, il faut restaurer la résistance à la corrosion. Il faut appliquer une pâte.
Les pâtes traditionnellement contiennent une solution hydro fluorique et des acides nitriques qui sont une pâte active et des agents de passivation.

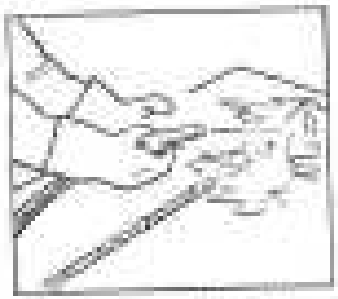


1



2

3



4

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Décapage/passivation inox

avant

après

Action sur la soudure et les zones affectées thermiquement

avant

après

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Décapant/Passivant stainclean gel en pâte

S'applique avec un pinceau, temps d'action de 45 à 240 minutes.
Après opération neutraliser avec stainwash, retirer le flux.
Rincer abondamment pour enlever les résidus d'acide.

2.2 Stainclean pickling paste gel

Used for cleaning and passivating of welding joints and the heat affected zone (HAZ) for welded stainless steel constructions.
Pickling paste is applied with a paintbrush. After pickling and generous flushing with water (high pressure), the corrosion resistance of the weld site is restored.
Stainclean pickling paste is sold in the following sizes of packages: 1, 2 and 10 kg.
Properties:

- Has a gel-like, homogenous consistency.
- Has an extraordinary good adhesive capacity and can be applied on vertical surfaces and ceilings without any risk of running or drying.
- The pickling times, which are dependent on temperature, type of steel and welding method vary between 45-240 minutes at room temperature.
- Working temperature interval is between +5 to +40 ºC.
- The pickling should as far as possible be done indoors in well ventilated rooms at room temperature. At outside work the construction is to be shielded from direct sunlight and rain.

Chemical properties.

Composition:	Hydrogen fluoride acid, nitric acid, sulphuric acid and gel former.
Form:	Viscous, gel-like solution with sharp odour.
Density:	1.30 kg/l.

Références.

2129 001 000 Gel en pot 1 kg
N'est pas couvert par les règles de transport dangereux

2129 002 000 Gel en pot de 2 kg

acide fluorhydrique = dépassivant (Corrosif & toxique)

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Décapant/passivant stainclean green

couleur verte, se voit mieux à l'application,
Moins nocif pour environnement car dégage moins de gaz
S'applique avec un pinceau, temps d'action de 45 à 240 minutes.
Après opération neutraliser avec stainwash, retirer le flux.
Rincer abondamment pour enlever les résidus d'acide.

A more environmentally friendly, thixotropic pickling paste.

Stainclean Green pickling paste is a new pickling paste with an entirely new formula. The paste is virtually free from formation of toxic, nitric gases.
The level of harmful nitrate and nitrite ions is also reduced.

It is used for simultaneous pickling of welded joints and free surfaces on large stainless fabrications. Pickling paste is applied with a paintbrush. After pickling and generous flushing with water (high pressure), the corrosion resistance of the weld site is restored. Stainclean Green pickling paste is sold in the following sizes of packages: 2 kg.

Properties:

- Stainclean Green is as fast as conventional pickling pastes.
  The pickling times, which are dependent on temperature, type of steel and welding method vary between 45-240 minutes at room temperature.
- Stainclean Greenpickling paste has a distinctive green color, making it easier to see where it has been applied. The color is also stable during long storage times.
- Stainclean Greenpickling paste has a homogenous, jelly-like consistency. It has excellent adhesion and can be applied to vertical surfaces and ceilings with no risk of runs or drying.
- Pickling should be done indoors if possible, in a well-ventilated building at room temperature (If work is done outdoors, avoid direct sunlight and rain). Working temperature interval is between +5° and +40°C.

Chemical properties.

Form:	Viscous jelly-like solution with veak odour.
Density:	1.30 kg/l.

Référence

0000 593 070 Pot de 2 kg

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Temps d'action des pâtes décapantes

page 12

3.2 Pickling times with Stainclen & Stainclean Green pickling paste

Pickling times:

Steelgrade			Cr	Ni	Mo	Recommended pickling time in minutes.
18-9L	304L	2352	18.5	9.5	-	45-70
19-11L	304L (10Ni)	2352	18.5	10	-	
18-9	304, 304DD,302	2333	18.5	9	-	
18-9LN	Hyproof 304L	2371	18.5	9.5	-	
18-10Ti	321	2337	17.5	9.5	-	
18-12	305	-	18.5	11.5	-	
17-11-2L	316L Low Mo	2348	17	11.5	2.2	60-120
17-11-2	316 Low Mo	2347	17	11	2.2	
17-11-2LN	HighProof 316L Low Mo	-	17.5	11	2.2	
17-11-2Ti	320	2350	17	11	2.2	
17-12-2.5L	316L High Mo	2353	17	11.5	2.7	
17-12-2.5L	316L (BN 2)	2353	17.5	13	2.7	
17-12-2.5	316 High Mo	2343	17	11	2.7	
18-14-3L	317L	2367	18.5	13.5	3.2	90-180
17-11-3LN	-	2373	17	11	3.2	
17-14-4LN	HyResist 317LM	-	17	13	4.2	
904L	HyResist 94L	2562	20	25	4.5	
254 SMO	-	2378	20	18	6.1	120-240
654 SMO	-	-	24	22	7.3	
SAF 2304	23/4LN	2327	23	4.5	0.3	
2205	HyRessist 22/5	2377	22	5.5	3	
SAF 2507	-	2328	25	7	4	

Please note that pickling times are affected by temperature, welding method and choice of material.

Rule of thumb:

Lowering the temperature 10°C gives twice the pickling time.

Raising the temperature 10°C halves the pickling time.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Agent neutralisant

Après opération, la pâte décapante Stainclean ou stainclean green, présentent un PH>8.
Nous préconisons l'utilisation de stainwash qui va convertir chimiquement le dangereux acide hydro fluorhydrique en produit non nocif de symbole chimique CaF_2 (fuorspar).

Permet de neutraliser 240 mètres linéaires de soudure inox ou 12m² de surface traitée.
Ratio 14 kg de stainwash pour 10 kg de de stainclean.

Neutralise les acides et donc l'opération de récupération des flux présente moins de nuisances pour le soudeur.

2.4 Stainwash Neutralisation Paste

Stainwash Neutralisation Paste is used on steel surfaces to neutralise and inhibit pickling paste after use. After treatment, the pickling acid residue has a pH value of >8 and the poisonous hydrofluoric acid is chemically converted into harmless fluorspar (CaF_2). The neutralisation paste is mildly alkaline and does not have any poisonous constituents. Packages contain 2 kg. One package can neutralise 240 linear metres of pickled weld or 12 m^2 of pickled steel surface.

Properties:
Stainwash Neutralisation Paste has a creamy consistency and relatively good adhesion. The paste is mixed in with the pickling paste, using a brush (once pickling has been completed, while the pickling paste is still in place on the structure). A reaction occurs and mild blistering occurs. When blistering ceases (after about 5-10 min), the reaction has ceased and neutralisation is complete.
Neutralisation Paste is sold in the following quantities: 2 kilo.

<u>Référence</u> : 0700 013 006
Pot de 2 kg

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Résumé des opérations

1. **Dégraissage**

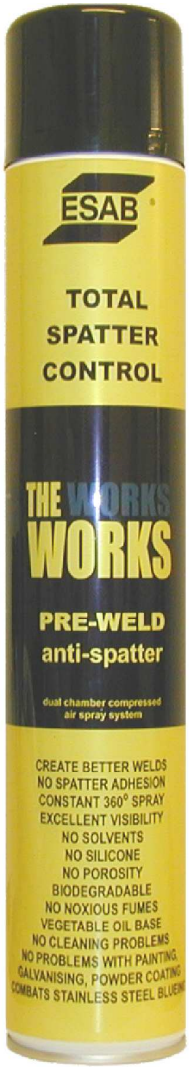
2. **Décapage**
   stainclean ou stainclean green

3. **Neutralisation des acides du décapant (stainwash)**

4. **Nettoyer de préférence avec une eau déminéralisé**

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Pre-weld agit comme agent qui évite la décoloration



PRE-WELD
Référence 0700 013 013

ESAB recommande Preweld en inox

Agit contre le ternissement, le bleuissement, l'oxydation et l'endommagement de la surface.

Avantages de Preweld :
- aucune nocivité
- aucune restriction en terme de transports
- facile d'utilisation

Mode opératoire :
Vaporisez avant de souder sur toute la surface susceptible d'être affectée thermiquement.
Les résidus s'enlèvent avec un un tissu en nylon non abrasif (Scotchbrite blanc) ou tout autre moyen non abrasif.

Nota important :
agit comme agent qui évite la décoloration mais ne restaure pas l'oxyde de chrome.

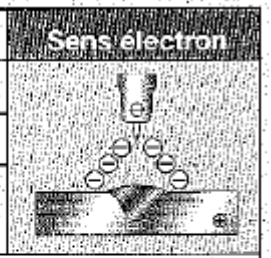
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Pourquoi un courant DC

Pourquoi DC- ?

En courant continu, la polarité négative (DC-), la torche (l'électrode) est reliée à la borne négative et la pièce à souder à la borne positive. Le courant DC- permet de travailler plus rapidement sur pratiquement tous les métaux.

Le courant DC- apporte plus de chaleur dans la pièce.

Type de courant	DC-	
Polarité électrode	Négative	
Caractéristiques de pénétration		
Décapage	Non	
Apport de chaleur dans l'arc (env.)	70% à l'extrémité de la pièce 30% à l'extrémité de l'électrode	
Pénétration	Profonde, étroite	
Capacités de l'électrode	Excellentes ex. 3.18 mm (1/8 in.) - 400 A	
Type d'électrode	Thorium, cérium, lanthane	

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Les réglages en DC

DC (courant continu) pour souder les aciers et les inox

- 35 A par mm d'épaisseur de pièce en acier et inox
- 80 A par mm d'épaisseur en cuivre (pré-chauffage souhaitable)

- Electrode tungstène + 2% thorium ou 2% lanthane (Gold™)
- Diamètres tungstène 1,6 mm ≤ 160 A
  2,4 mm ≤ 240 A
  3,2 mm ≤ 320 A
  4,0 mm ≤ 400 A
- Métal d'apport homogène
- diamètre baguette TIG de 1 mm à 4 mm en fonction du courant.

Le diamètre doit être inférieur à l'épaisseur à souder.

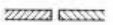
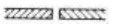
- Gaz

argon pur

Débit = 5 litres / minute

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Réglages du courant de soudage pour l'acier/l'inox

Plate thick-ness mm	Joint type	Welding current			Elec-trode mm ø	Filler mate-rial mm ø	Welding speed mm/min	Ar-gon lit/ min	Qty of runs
		Horizont. position	Vertical position	Under/up position					
1		25–60	23–55	22–54	1.0	1.6	250–300	6	1
		60	55	54	1.0	1.6	250–300	6	1
		40	35	36	1.0	1.6	250–300	6	1
		55	50	50	1.6	1.6	250–300	6	1
2		80–110	75–100	70–100	1.6–2.4	1.6–2.4	175–225	6	1
		110	100	100	1.6–2.4	1.6	175–225	6	1
		80	75	70	1.6–2.4	1.6	175–225	6	1
		105	95	95	1.6–2.4	2.4	175–225	6	1
3		120–200	110–185	110–180	2.4–3.2	2.4	125–175	7	1
		130	120	115	2.4–3.2	2.4	125–175	7	1
		110	100	100	2.4–3.2	2.4	125–175	7	1
		125	115	110	2.4–3.2	3.2	125–175	7	1
4		120–200	110–185	110–180	2.4–3.2	3.2	100–150	7	1
		185	170	165	2.4–3.2	2.4	100–150	7	1
		180	165	160	2.4–3.2	2.4–3.2	100–150	7	1
5		160	140	140	3.2–4.0	2.4–3.2	100–150	7	1

Antony FERNAN

Propriété d'ESAB - re

Réglages du voltage pour le soudage pour l'inox

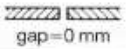
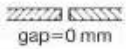
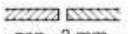
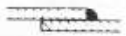
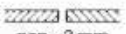
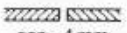
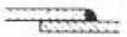
<u>Les facteurs qui définissent la tension d'arc sont</u> :

- la longueur d'arc,
- la nature des gaz,
- l'intensité du courant et donc le diamètre de l'électrode.

La longueur de l'arc doit être de X à X mm.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Réglages du courant de soudage pour le cuivre

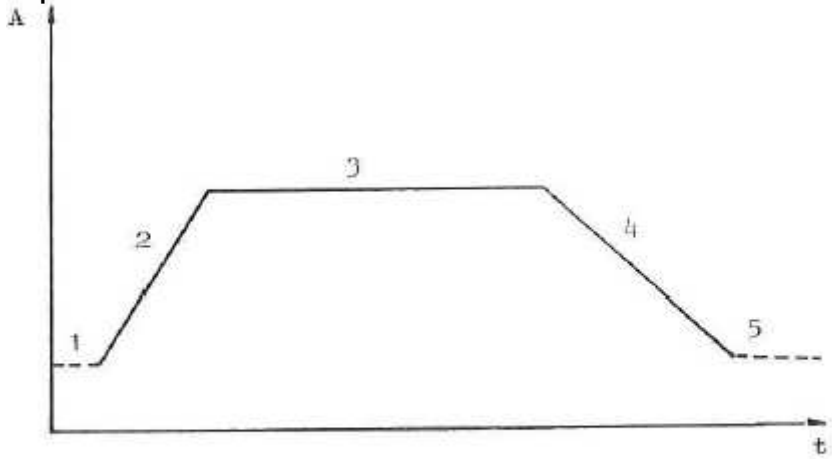
Plate thickness mm	Joint type	Welding current, A Horizontal position	Electrode mm ø	Filler material mm ø	Welding speed mm/min	Argon lit/min	Qty of runs
1	 gap=0 mm	70– 90	1.6	1–1.6	300	6–8	1
		70–100	1.6	1–1.6	300	7–8	1
		60–100	1.6	1–1.6	300	7–8	1
2	 gap=0 mm	130–150	1.6	1.6	250	7–8	1
3	 gap=3 mm	170–200	2.4–3.2	2.4–3.2	260	7–10	1–2
		200–250	2.4–3.2	2.4–3.2	225	7	1
		200–250	2.4–3.2	2.4–3.2	225	7–10	1
4	 gap=3 mm	250–270	4.0	3.2	250	7–10	1–2
5	 gap=4 mm	250–350	4.0	3.2	250	7–10	1–2
		250–350	4.0	3.2	200	7–10	1–2
		250–350	4.0	3.2	200	7	Preheating 300±–400°C

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Les fonctions pentes en DC

La pente de montée du courant de soudage lors du démarrage du procédé TIG permet à l'opérateur de bien positionner son électrode avant que le courant de soudage n'atteigne sa pleine puissance.
Cela réduit les projections et limite les risques d'inclusion de tungstène.

La pente de descente, ou d'évanouissement correspond à une fonction de remplissage de cratère qui est très importante pour la prévention des imperfections de soudage telles que cratères, qui peuvent créer des fissures et des soufflures.



1. *Prédébit de gaz.*
2. *Pente de montée.*
3. *Courant de soudage.*
4. *Pente de descente.*

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Dispositif anti-cratère : pente de descente

Pour éviter la formation d'un cratère à la fin du cordon de soudure, cratère dû à la retassure du métal pendant sa solidification et qui peut être le siège de fissurations dans le cas de métaux à faible ductilité, il est bon d'éviter une rupture brutale de l'arc et de réduire progressivement l'intensité du courant de soudage.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Pente de montée et pente de descente

Sans la présence des pentes de montée et de descente, il y aurait des défauts de soudage : projections, inclusions de tungstène, cratères, fissures en fin de cordon !

Avec un bon réglage des pentes on obtient un cordon parfaitement entamé et avec une fin de cordon réussie

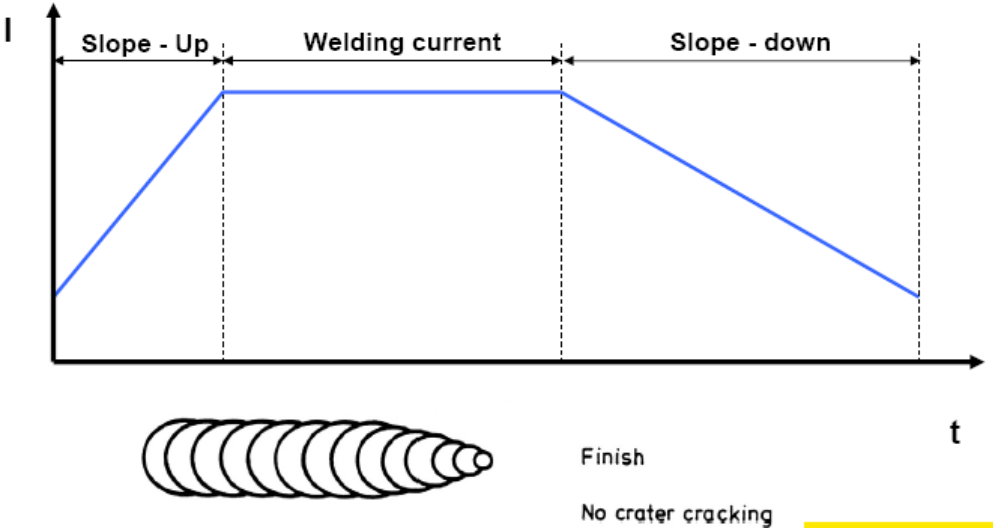
Pente de montée

- Réduction des projections.
- Laisse le temps de se positionner sur le joint.
- Réduit les risques d'inclusion de tungstène.

Pente de descente

- Elimine les cratères.
- Elimine les fissures.
- Pas de défauts.
- Pas d'oxydation.

Pentes de montée et pente de descente



La pente de montée est normalement plus courte que la pente d'évanouissement d'arc.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

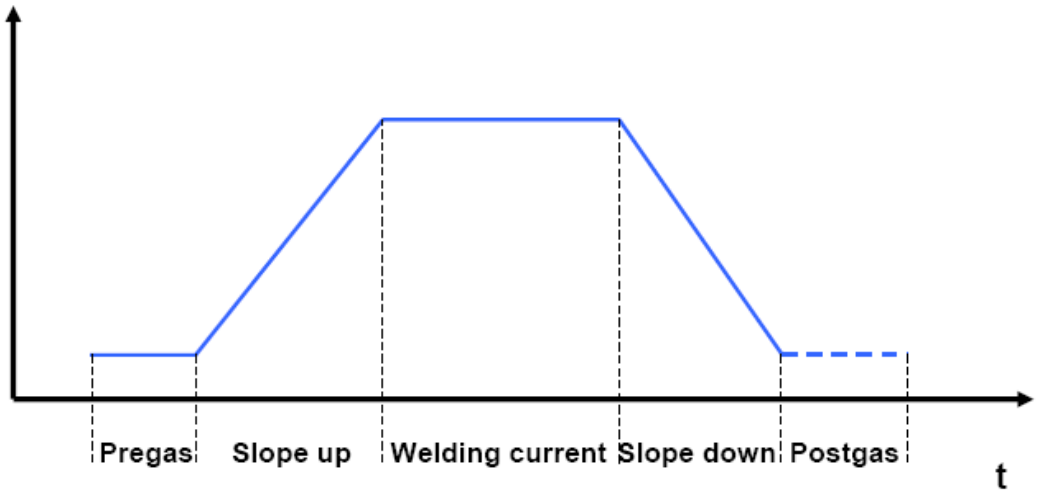
Pré et post gaz

Pré-gaz

- Nettoyage du conduit de torche, assure une atmosphère inerte afin de créer les conditions d'amorçage d'un arc électrique.

Post gaz

- Assure la protection du métal en fusion.
- Evite l'oxydation de l'électrode tungstène pendant la phase de refroidissement.
- Refroidi le tungstène.
- le réglage du temps dépend de la chaleur dégagée par l'arc et du type de métal.



Le titane nécessite un long post gaz.
L'aluminium nécessite aussi un post gaz plus élevé qu'en acier.
L'acier nécessite un temps plus court, sert principalement à refroidir l'électrode tungstène.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Pré-gaz

Il est indispensable de purger le circuit avant l'établissement de l'arc.

Conseils pratiques

3 à 4 secondes.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

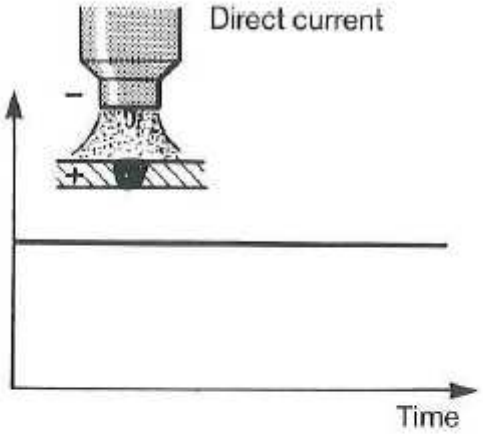
Il est indispensable que le gaz continue à s'écouler tant que l'électrode n'est pas parfaitement refroidie, c'est à dire qu'elle doit apparaître brillante lorsque le débit de gaz s'arrête. Sil elle apparaît mate ou colorée il faut prolonger le débit.

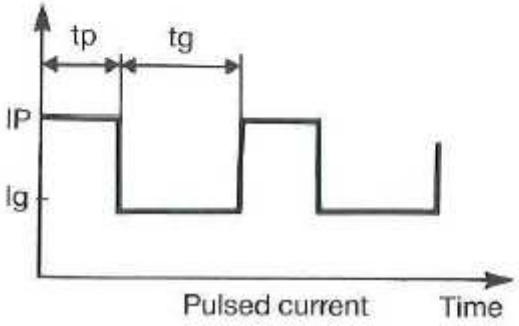
Conseils pratiques

Courant de soudage (A)	**post gaz en s**
50	8
100	10
200	15
250	25

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Soudage en DC pulsé

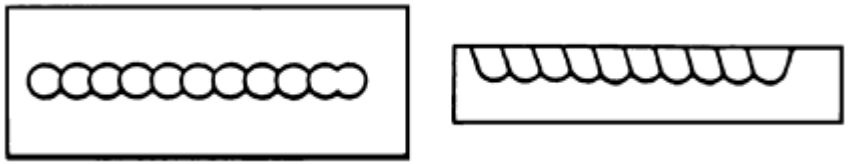


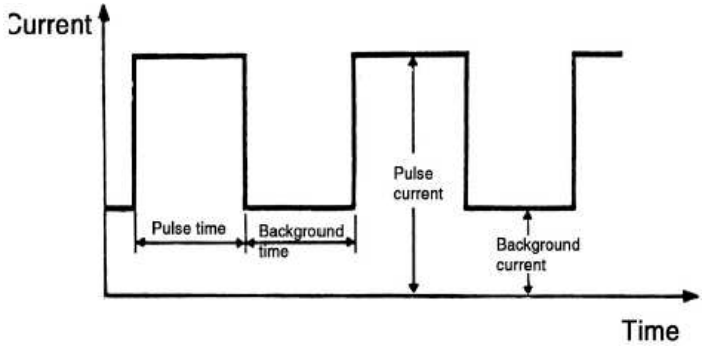


Le soudage des tôles fines est rendu plus facile

grâce à un meilleur contrôle
- du bain de métal
- du niveau de pénétration

Par l'effet cyclique de refroidissement procuré par la pulsation





Propriété d'ESAB - reproduction interdite

TIG pulsé : les avantages

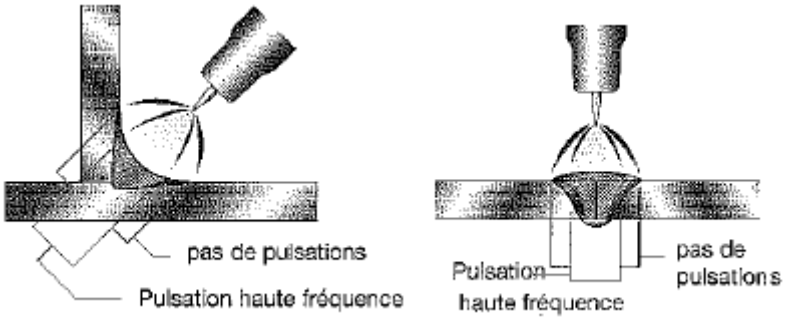
Souder des fines épaisseurs est difficile. En utilisant un mode pulsé on peut mieux contrôler le bain de soudage. Cela assure aussi moins de déformation et une pénétration parfaite.

- Moins de déformation du fait que ce procédé produit moins de chaleur.
- Meilleure solidification cristalline est obtenue dans le métal fondu et dans la zone affectée thermiquement.
- Moins sensible aux écartements – moins exigeant sur les accostages.
- Meilleur contrôle du bain en position.
- Meilleur contrôle de la pénétration et du profil de pénétration.
- Evite plus facilement le manque de fusion, cordon de meilleure qualité.
- Réduction de la ZAT.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Micro Pulse :

Dans ce mode, le fréquence de répétition des pulsations est beaucoup plus élevée qu'en TIG pulsé simple. Les temps de pulsation se règlent en millisecondes.



Avantages :

- arc plus concentré.
- pénétration étroite et profonde, intéressant en angle intérieur.
- vitesse de soudage plus élevée, évite les déformations.
- ZAT réduite.

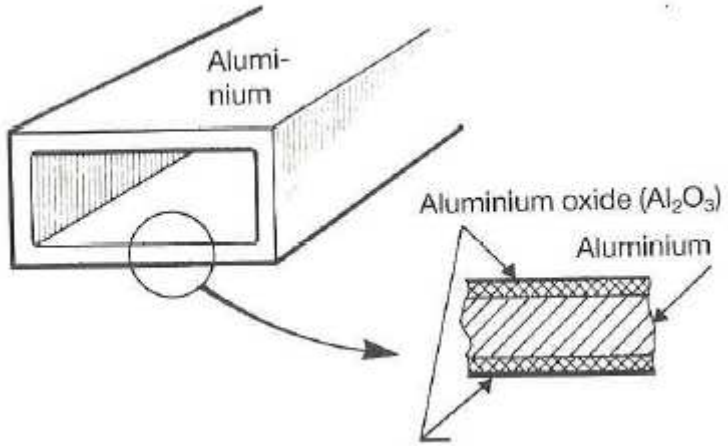
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Soudage de l’aluminium

Propriété d’ESAB - reproduction interdite

Qu’est ce que l’alumine ?

L’aluminium diffère nettement des autres métaux. Une différence notable est un point de fusion de son oxyde ($Al^2 0^3$) extraordinairement plus élevé que le métal lui même.
Le point de fusion de l’oxyde est en gros trois fois plus élevé que le métal.

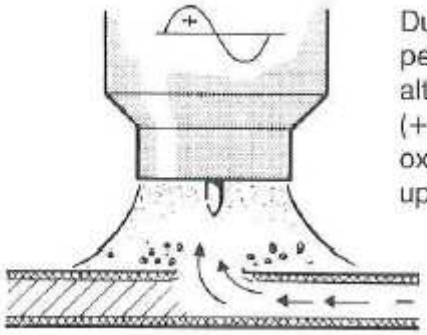


L’oxyde d’alumine est très adhérente et protège le métal des attaques telles que la corrosion. Si l’oxyde est endommagé par l’effet du grattage, meulage ou coupage, il se reforme immédiatement.
Quand on soude, la haute température de fusion de l’oxyde est un inconvénient. Il doit s’assouplir et être enlevé. Ceci ce fait lorsqu’on soude en courant alternatif.

Propriété d’ESAB - reproduction interdite

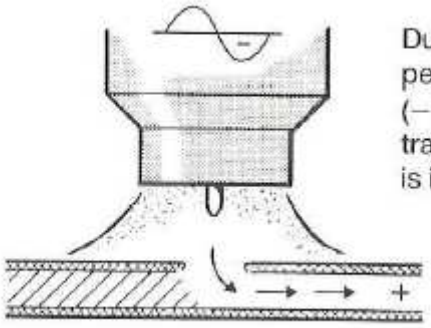
Comment briser la couche d'alumine ?

Cassure de l'oxyde d'alumine



During the positive period of the alternating cycle (+polarity) the oxides are broken up

Transfert de chaleur vers la pièce

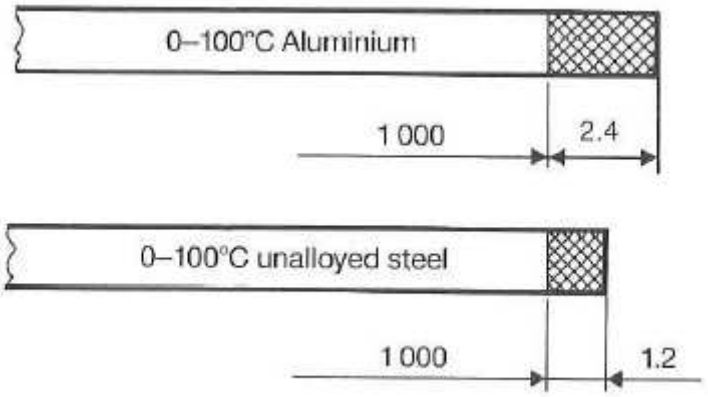


During the negative period of the cycle (–polarity) the heat transfer to the weld is increased

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

L’aluminium : propriétés thermiques

L’aluminium diffère des autres métaux en ayant des coefficients très élevés d’expansion thermique et de conductivité thermique. Comparé à l’acier, l’aluminium a une expansion deux fois supérieur et conduit la chaleur trois fois plus vite.



Propriété d’ESAB - reproduction interdite

Some grades of aluminium

The aluminium that is used for beer cans, facing panels etc is unalloyed—almost pure aluminium (99.0–99.7 %) eg. SS 4007, 4010.
If aluminium is alloyed with manganese (Mn) or magnesium (Mg), or a combination of these elements then the strength is increased, eg. SS 4120, 4140.
These aluminium alloys are used, for example, in building boats, trains and buses. Even higher strength is achieved if aluminium is alloyed with silicon (Si) and magnesium. Si and Mg together form a phase which has a hardening effect.
Typical uses of this alloy are for construction sections, eg. SS 4104, 4212.
One variation of a hardenable aluminium alloy uses magnesium and zinc (Zn) as alloying agents. In this case Mg and Zn combine to form the hardening phase.
Other hardenable alloys produce two phases eg. AlCuZnMg, where Cu=copper, AlCuMgPb, where Pb=lead, and AlCuMgSi (Dural).
Examples of casting alloys are AlSi, AlSiMg and AlZnMg. The AlSi alloys is also called silumin.
Summary of aluminium and aluminium alloys.

- Unalloyed aluminium—good weldability
- Alloyed, non-hardenable—good weldability
- Alloyed, hardenable (single phase)—good weldability
- Alloyed, hardenable (two phase)—limited weldability

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Différencier l'aluminium silicium de aluminium magnésium

Aluminium silicium
L'arc est blanc

Aluminium magnésium
L'arc est vert

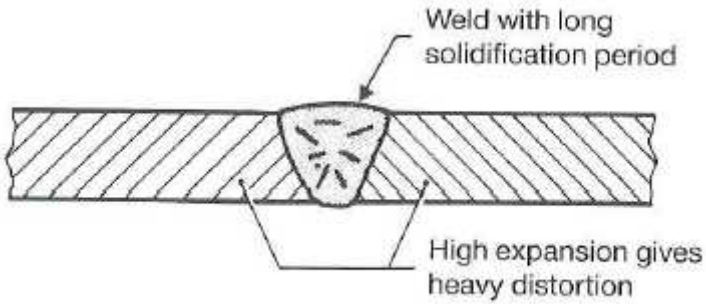
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

L’aluminium : fissurations ?

Soudabilité limité signifie susceptible de fissurer à chaud. Pourquoi des fissures se forment lorsque l’on soude l’aluminium ?
Plusieurs facteurs ont une influence, mais une des principales raisons est la période de solidification de l’alliage.
Certains alliages se solidifient plus lentement que d’autres en fonction des éléments d’alliage.

L’aluminium possède un coefficient d’expansion très élevé et par conséquent des distorsions se font facilement. Des tensions sont introduites dans la soudure et autour de celle-ci par la source de chaleur se déplaçant pendant le soudage.
La déformation après soudage montre que ces tensions se sont libérées.
Si des fissures se forment quand la soudure se solidifie, elles sont dues à l’effet combiné de ces tensions et de la longue période de solidification.

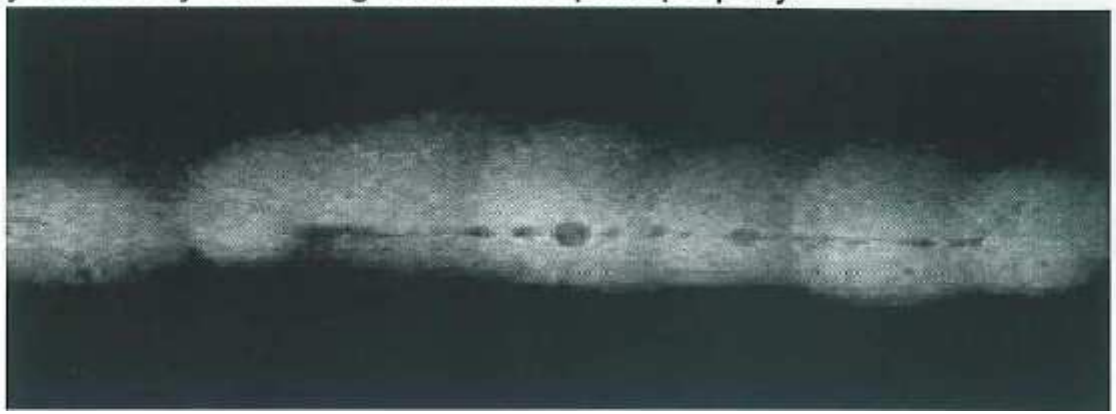
Le fait que l’aluminium se dilate rapidement lors d’une montée en température contribue au risque de fissuration.



Propriété d’ESAB - reproduction interdite

L’aluminium : porosités

This kind of X-ray reveals any faults in the weld. This weld contains pores, which were probably caused by not having cleaned the plate properly.



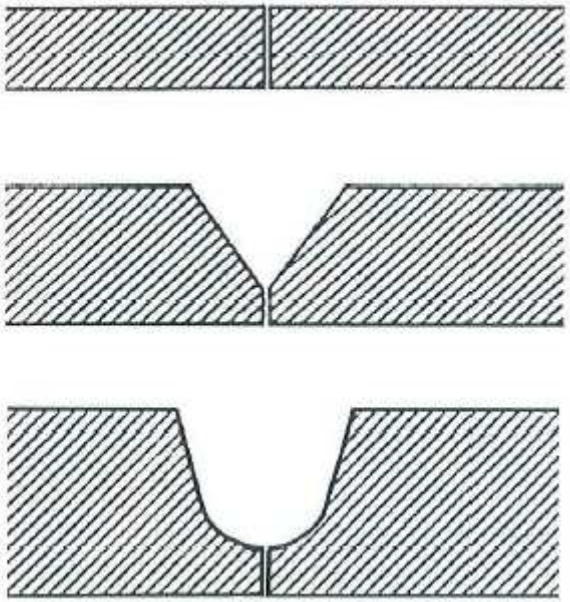
Propriété d’ESAB - reproduction interdite

Inclusions de tungstène en aluminium

Le défaut régulièrement rencontré est l'inclusion de tungstène en soudage de l'aluminium. Un léger pré-chauffage de l'électrode et une pente de montée bien réglée permettent de diminuer fortement les risques d'inclusion.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Types de joints recommandés en aluminium



Joints en I
Epaisseurs < 4 mm

Joints en V
Epaisseurs 4 à 10 mm

Joints en U
Epaisseurs > 10 mm

Joints recommandés en aluminium en fonction des épaisseurs.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Préparation des bords en aluminium

3.2.1. – *Joints bout à bout*

e < 1,5 mm

Bords relevés non subsistants
h = 2,5 e

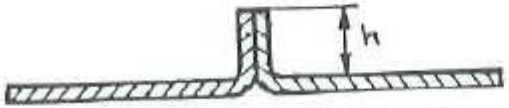
3 mm > e > 1 mm

Carres légèrement abattues

e = 5 mm

Carres fortement abattues
des 2 côtés

e < 1,5 mm

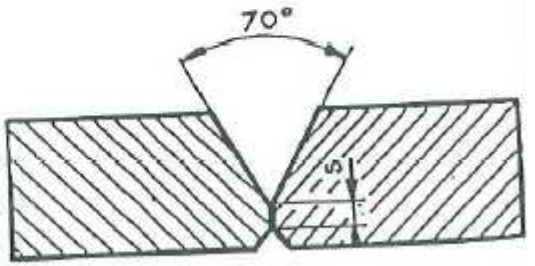


Bords relevés subsistants
h = 3 à 4 e

e = 4 mm

Carres fortement abattues

e ≥ 6 mm



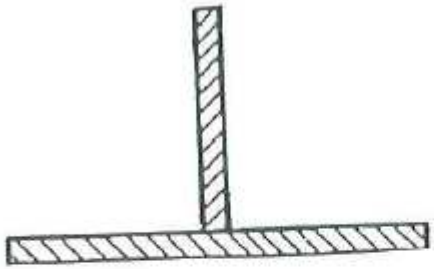
S = 2 à 2,5 mm
Chanfrein à 60° et carres
abattues

Les angles d'ouverture du chanfrein : 60 à 70°
Talon 2 à 3 mm
La carre doit être abattue juste avant de souder / maximum 12 heures avant de souder pour enlever l'alumine et éviter la "paire de fesses" sur l'envers de la soudure
Disque de la meuleuse Ø 178 mm // 8600 tours-minute maxi

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

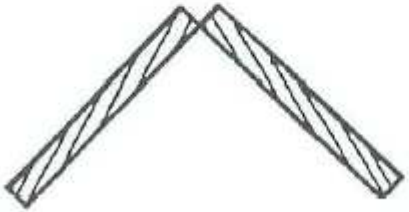
Préparation des bords en aluminium

3.2.2. – *Joint en angle intérieur*

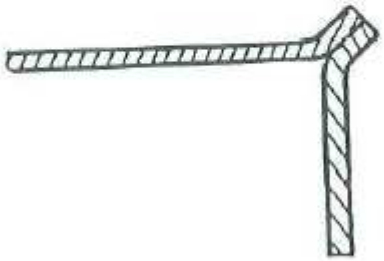


Pas de préparation spéciale

3.2.3. – *Joint en angle*



Pas de préparation spéciale
sauf cas particulier



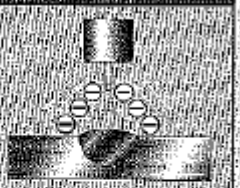
Exemple de cas particulier

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Pourquoi un courant AC ?

Pourquoi un courant de soudage alternatif ?

En courant alternatif, le courant de soudage alterne entre les polarités positive et négative. C'est le mode idéal pour le soudage de l'aluminium et autres métaux revêtus d'oxydes réfractaires.
La polarité négative est utilisée pour créer le bain de fusion tandis que la polarité positive a un rôle de décapage et de perforation de la couche d'oxyde qui se forme en surface.

Type de courant	AC	Sens électron
Polarité électrode	AC (+ et -)	
Caractéristiques de pénétration		
Décapage	Oui - 1 fois / 1/2 cycle	
Apport de chaleur dans l'arc (env.)	50% à l'extrémité de la pièce 50% à l'extrémité de l'électrode	
Pénétration	Moyenne	
Capacités de l'électrode	Bonnes ex : 3.18 mm (1/8 in.) - 225 A	
Type d'électrode	Thorium, cérium, lanthane	

Le problème lors du soudage de l'aluminium et des alliages de magnésium, est d'arriver à casser la fine pellicule d'oxyde qui se trouve sur les surfaces de ces métaux. Le courant alternatif est indispensable afin de pouvoir briser la couche d'oxyde.

Les générateurs qui produisent des ondes de type carré ont une plus grande faculté à briser cette couche d'oxyde.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Réglages du courant de soudage pour l'aluminium

Plate thick-ness mm	Joint type	Welding current, A			Elec-trode mm ø	Filler mate-rial mm ø	Welding speed mm/min	Ar-gon lit/ min	Qty of runs
		Hori-zontal position	Vertical position	Under/up position					
1		40	40	40	1–1.6	1.6–2.4	275–325	7	1
		50	40	40	1–1.6	1.6–2.4	250–300	7	1
		50	50	50	1–1.6	1.6–2.4	250–300	7	1
		40	40	40	1–1.6	1.6–2.4	200–250	7	1
2		80	70	70	2.4	2.4	200–225	6	1
		90	90	90	2.4	2.4	175–200	8	1
3		140	130	130	2.4–3.2	2.4–3.2	225–250	8	1
		150	150	150	2.4–3.2	2.4–3.2	200–225	8	1
		150	150	150	2.4–3.2	2.4–3.2	200–225	8	1
		120	120	120	3.2	2.4–3.2	175–200	8	1
4		180	170	170	3.2	2.4–3.2	250–275	8	1
		200	200	200	3.2	2.4–3.2	200–250	8	1
		200	200	200	3.2–4.0	2.4–3.2	175–225	8	1
		170	170	170	3.2–4.0	2.4–3.2	175–225	8	1
5		230	230	230	4.0	3.2–4	225–250	8–9	1
		240	240	240	4.0	3.2–4	175–225	8–9	1
		250	250	250	4.0	3.2–4	175–225	8–9	1
		250	250	250	4.0	3.2–4	150–200	8–9	1

Réglages du voltage pour le soudage pour l'aluminium

Les facteurs qui définissent la tension d'arc sont :

- La longueur d'arc.
- La nature des gaz.
- L'intensité du courant et donc le diamètre de l'électrode.

La longueur de l'arc doit être de 3 à 5 mm.
Dans cette gamme, l'arc est stable et sans battements.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Les réglages en AC

En raison de la présence d'oxyde d'alumine le courant de type AC est impératif.

Balance AC	Quand l'électrode est au + (polarité inverse) la couche d'oxyde est retirée, c'est ce que l'on appelle le décapage. En polarité directe, électrode au – la chaleur est concentrée sur la pièce.
Fréquence AC	usuelles de 10 à 150 Hz
Courant de soudage	40 à 50 A par mm d'épaisseur de pièce en aluminium
Electrode Tungstène	pur ou Tungstène + 1,5% lanthane (**GOLD** Plus™)
Diamètres Tungstènes Lanthane	2,4 mm ≤ 150 A => ≤ 3 mm 3,2 mm ≤ 200 A => ≤ 5 mm 4,0 mm ≤ 300 A => ≤ 7 mm 4,8 mm ≤ 350 A => ≤ 10 mm
Métal d'apport	homogène
Diamètre baguette TIG	1 mm à 4 mm en fonction du courant . **Le diamètre doit être inférieur ou égal à l'épaisseur à souder.**
Gaz	argon pur (Argon 4.5)
Débit de gaz	5 à 9 litres / minute en fonction de l'épaisseur à souder

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Balance AC : définition

➢ **La balance AC** doit être réglée pour optimiser le **décapage & la pénétration** pour chaque cas d'application .

Elle se règle en % de temps désiré pour chaque fonction.

70% signifie 70% du temps en fusion et 30% en phase de décapage électrique

Rappel :

Les électrons dirigés vers la pièce agissent sur la pénétration. Tungstène en polarité -

Les électrons dirigés vers l'électrode agissent sur le décapage. Tungstène en polarité+

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Exemple de réglages en AC tôles de 1 mm à 3 mm

Pré-gaz 1.5 seconde
Si pré-gaz trop court alors oxydation de l'électrode et risque de mauvais amorçage.

Pente de montée 0.5 seconde
(0 possible mais si on ↑ le courant il faut ↑ la valeur).
Si pente de montée trop longue, l'arc est erratique .

Pente de descente 2 secondes
Si temps trop court, imperfections de fin de cordon telles que cratères, fissures et soufflures.

Balance : 70%

Fréquence : 100%

Préchauffage : 50% .

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Exemple de réglages en AC tôles de 0.8 mm

Pré-gaz 1.5 seconde
Si pré-gaz trop court alors oxydation de l'électrode et risque de mauvais amorçage.

Pente de montée 0.5 seconde
Si pente de montée trop longue, l'arc est erratique .

Pente de descente 2 secondes
Si temps trop court, imperfections de fin de cordon telles que cratères, fissures et soufflures.

Balance : 85%

Fréquence : 115%

Préchauffage : 12% .

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Pré-gaz 1.5 seconde
Si pré-gaz trop court alors oxydation de l'électrode et risque de mauvais amorçage.

Pré-chauffage électrode
En fonction du diamètre et de la nature du tungstène

Règle possible Ø du tungstène X 20
1,6 => 32
2.4 => 48
3.2 => 64
4.0 => 80
Si mauvais amorçage ↑ la valeur

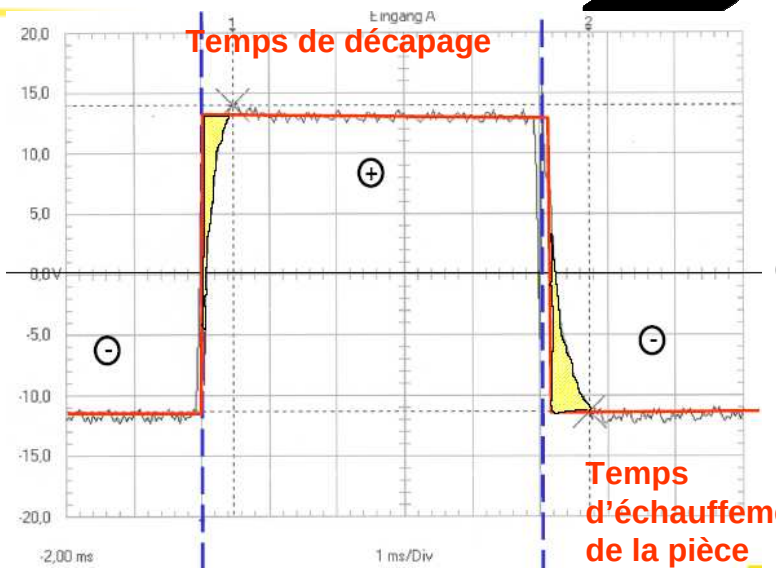
Pente de montée 0.5 seconde
Si pente de montée trop longue, l'arc est erratique .

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Balance AC : réglage

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Balance négatif/positif en courant alternatif



Équilibre réglable	50 à 98%* **en fonction de la fréquence réglée**
Valeur par défaut	50%
Incréments	1%

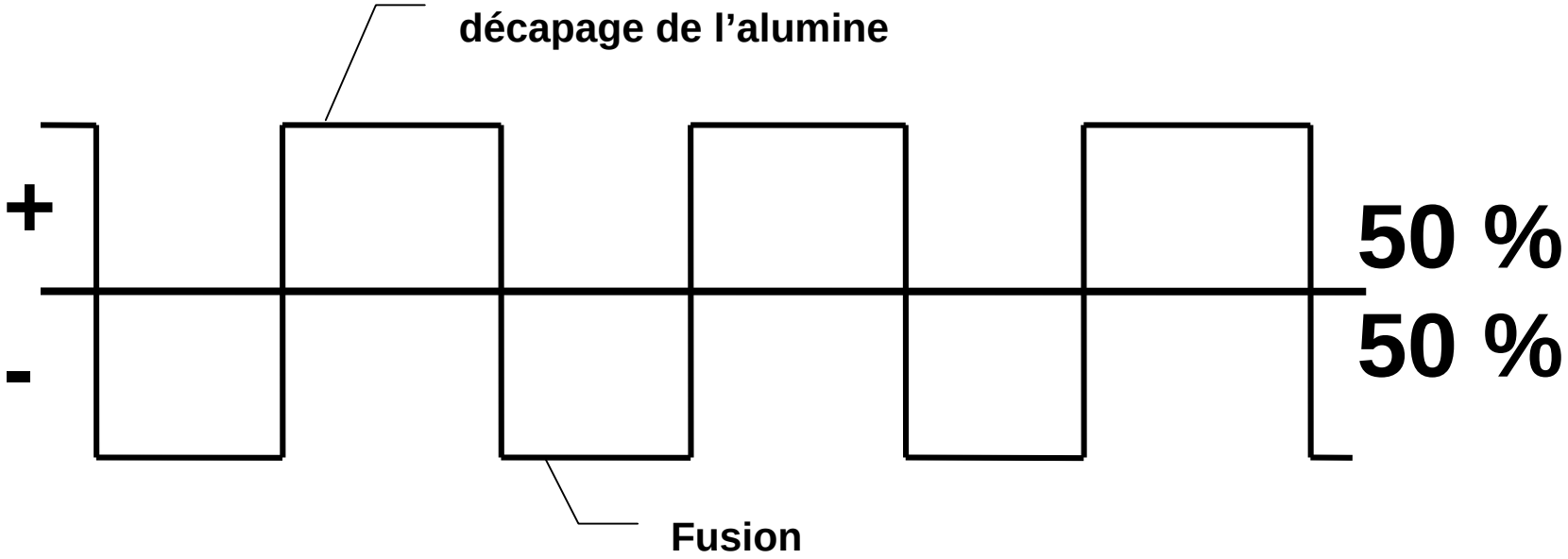
En augmentant la valeur on augmente le temps de l'alternance négative dans le temps total de la période et **on favorise donc l'apport d'énergie à la pièce**.

Valeur conseillée pour commencer = 75 %

Pour la forme de la pénétration du cordon voir réglage de la fréquence et gaz de soudage.

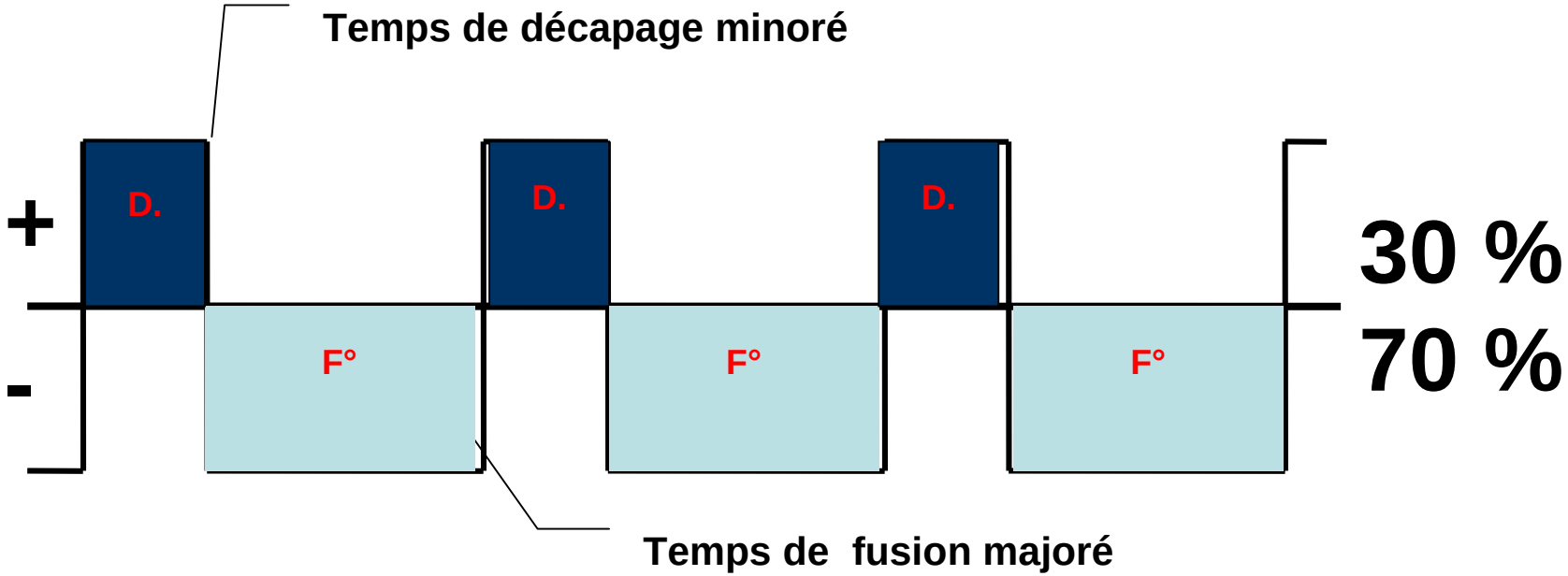
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Réglage de la balance AC neutre



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Réglage de la balance AC négatif

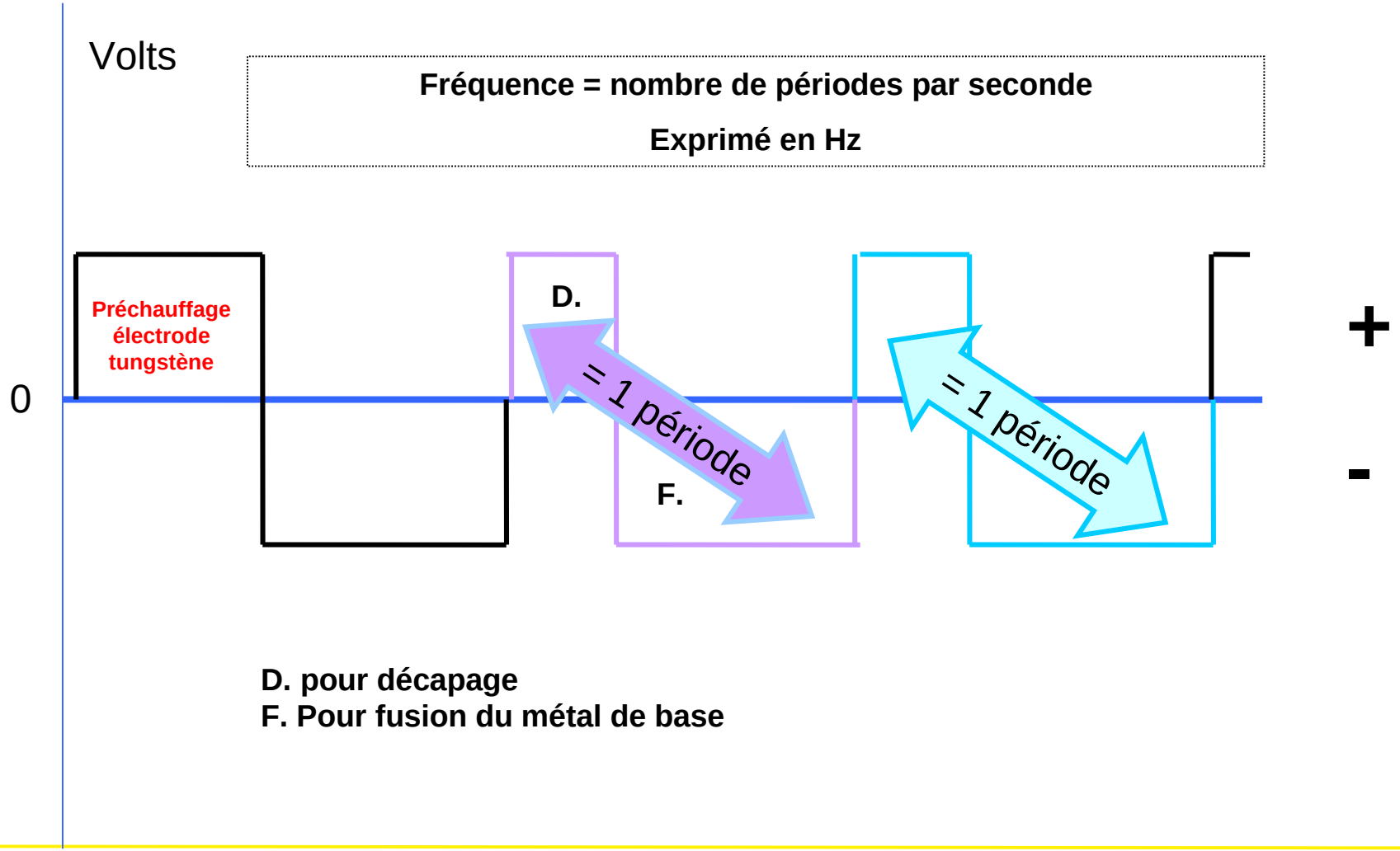


Balance réglable de 50 à 98 %

98% apporte plus d'énergie à la pièce

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Fréquence AC



D. pour décapage
F. Pour fusion du métal de base

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Fréquence AC : définition

Définition : nombre de fois par seconde où on a 1 période composée d'une tension négative et d'une tension positive en d'autres termes le **nombre d'allers et retours par seconde.**
100 Hz signifie 100 fois en polarité + et 100 fois en polarité – par seconde. Il change donc de polarité 200 fois par seconde.

Passage du 0 Volt
1 passage par 0 par demi période soit 2 passages par période complète
Donc 100 Hz signifie 200 passages par 0 V

Réglable	10 à 152 Hz (en fonction de la balance réglée)
valeur par défaut	65 Hz
incréments	0,2 ms

La fréquence intervient dans la largeur de l'arc et donc sur la forme de pénétration
Une fréquence élevé produit un arc plus étroit, plus rigide.
Les ondes de type carrés produisent un arc plus stable : voir Qwave™

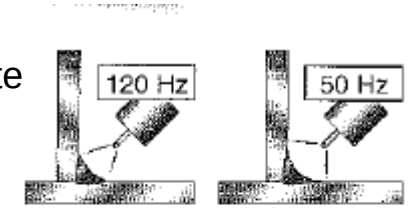
Valeur conseillée pour commencer : 100 Hz

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

La fréquence AC

<u>Une fréquence AC élevée produit</u> :

- un arc plus serré
- moins de déformation des pièces
- vitesse de soudage plus importante



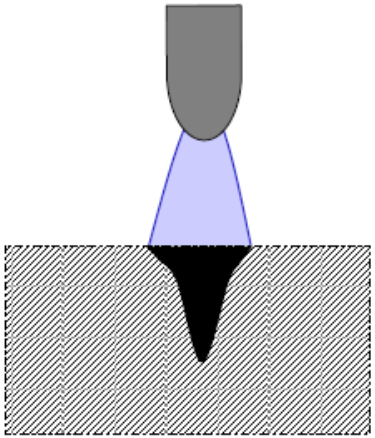
Balance AC réglable

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Fréquence AC : réglage

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Fréquence AC : rôle

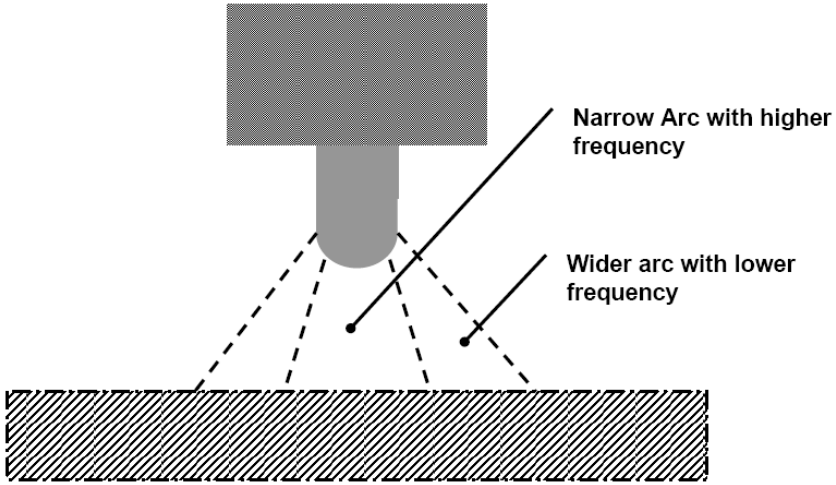


<u>avec une fréquence élevée</u>

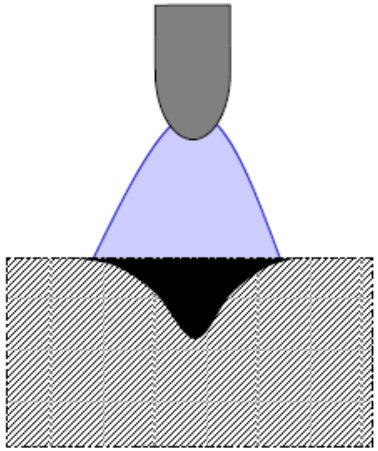
Apport de chaleur plus localisé et ZAT réduite en augmentant la fréquence (pinceau plus étroit)

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

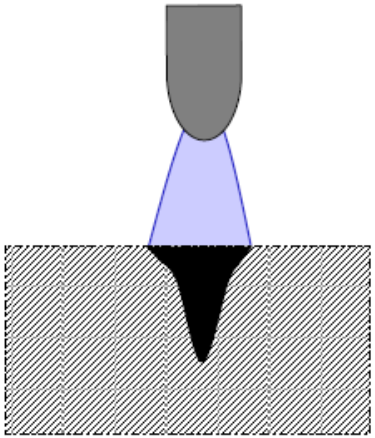
Fréquence AC détermine la largeur de l'arc



Wider arc with lower frequency



Narrow Arc with higher frequency



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Influence de l'augmentation de la fréquence AC

Réglable	10 à 152 Hz (en fonction de la balance
réglée)	
valeur par défaut	65 Hz
incréments	0,2 ms

<u>Influence de l'augmentation de la fréquence</u>

=> pincement de l'arc + important
=> arc + rigide et + concentré
=> arc + stable
=> bain plus fluide
=> le fil fond mieux
=> avance plus rapide
=> meilleur aspect de cordon

En fines épaisseurs une fréquence élevée est recommandée, l'apport de chaleur est plus localisé, ce qui permet de diminuer la ZAT
Mode opératoire : il faut impérativement apporter le métal au point de fusion

Si on travaille en fréquence basse, la zone de chauffe est plus large, l'avantage est que l'amenée de fil demande moins de précision par contre l'aspect du cordon est très moyen.

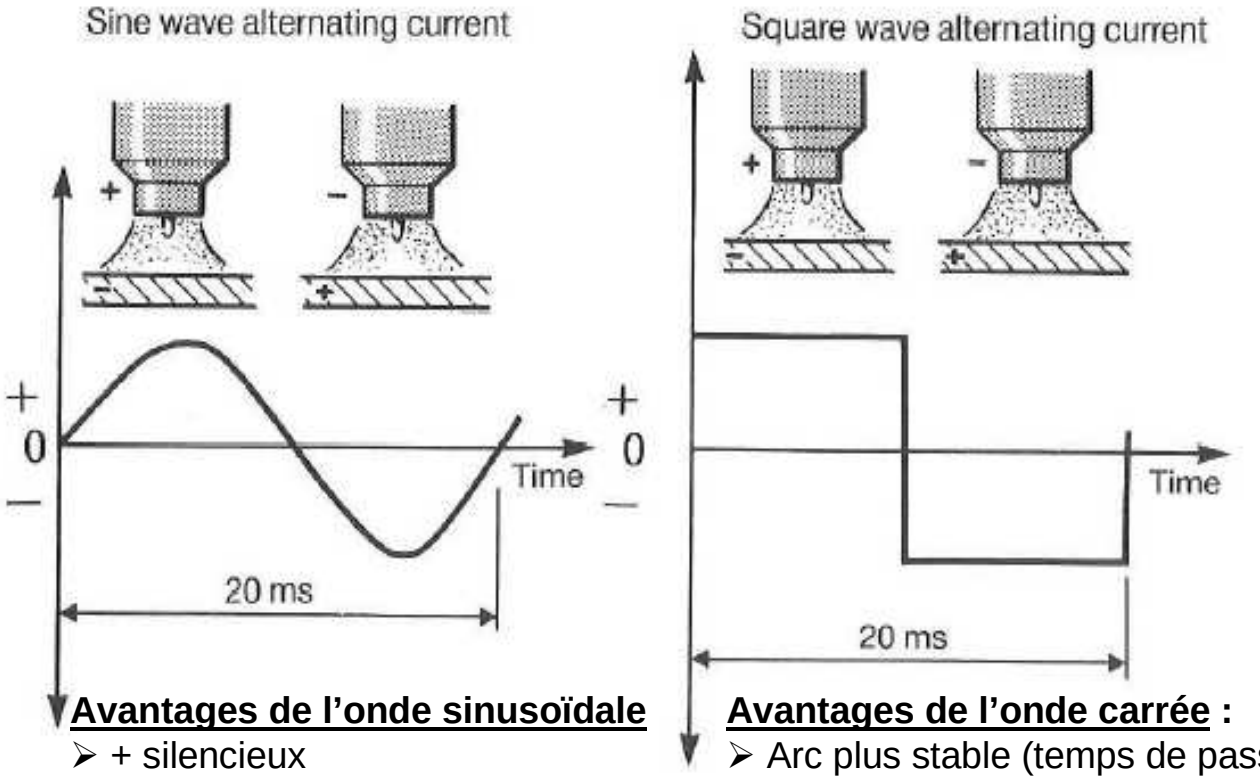
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Réglages en TIG AC

- **Pré-gaz** – nettoyage du conduit de gaz de la torche et protection gazeuse à l'amorçage
- **Pente de montée** – Pour éviter des projections et des dépôts
- **Courant de soudage**
- **Contrôle de la balance** - pénétration et casse de la couche d'oxydes
- **Contrôle de la fréquence** – règle la largeur de l'arc et influence la forme de pénétration
- **Pente de descente** – évite le cratère
- **Post-gaz** – protège le métal de l'oxydation pendant la phase de refroidissement

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Formes du signal possibles en AC



Avantages de l'onde sinusoïdale
- + silencieux

Inconvénients
- arc moins stable

Avantages de l'onde carrée :
- Arc plus stable (temps de passage du 0V + court)

Inconvénients
- + bruyant

ESAB a développé Qwave™ qui permet de combiner les avantages de chaque signal

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Coupures de courant en AC : du passé !

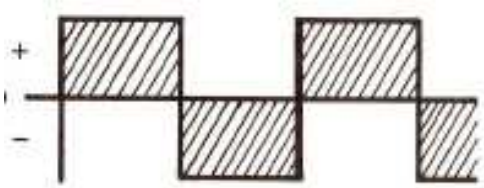
Des coupures peuvent se produire lorsque l'aluminium est trop décapé, en restant trop longtemps au même endroit, ou en soudant dans un chanfrein profond, du fait que le ½ cycle de polarité positive ne s'enclenche pas.
Cela entraîne souvent un crachat de l'électrode de tungstène

"clipping" can occur when Aluminium is too clean, welding a long time in one place or when welding in a deep groove, due to reverse polarity half cycle not igniting. Often followed by surge causing Tungsten spitting!

Les ondes carrées éliminent ce phénomène

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

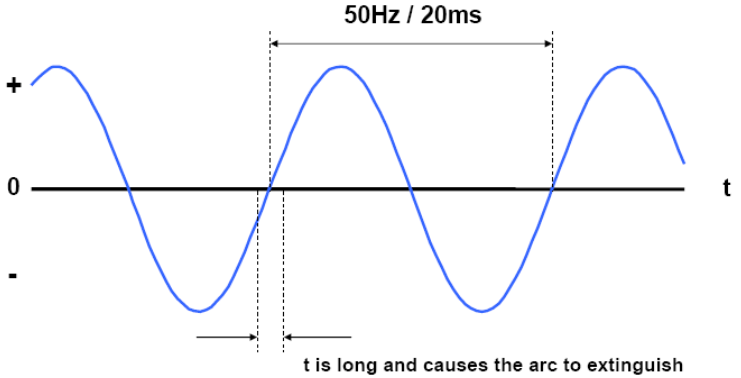
Signal carré en AC : les avantages



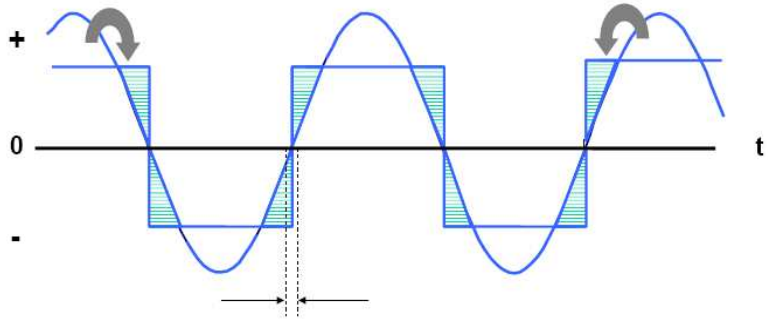
Avantages de l'onde carrée

- Le temps nécessaire au passage du 0 est réduit et l'arc est maintenu
- Produit un arc plus stable que l'onde sinusoïdale
- Réduit le risque de surchauffe de l'électrode tungstène
- Moins de pertes et pour un même courant, donne plus d'énergie à l'arc électrique que les ondes sinusoïdales

Courbe sinusoïdale



Signal carré



L'onde carré est produite en limitant les pics de courant ou en produisant une forme spéciale par la source de courant à contrôle électronique.

QWave™ est un développement de l'onde carré.
L'onde carré a une plus grande faculté à casser la couche d'oxyde.

priété d'ESAB - reproduction interdite

Q-wave ™ : fonctionnement et avantages

Fonctionnement

Automatique, la machine adapte la forme de l'onde à chaque situation (intensité, balance, fréquence afin d'optimiser le soudage tout en réduisant les nuisances sonores.

Avantages pour le soudeur

- 1 paramètre de moins à régler car en principe sur les machines TIG AC, le soudeur doit sélectionner une onde carrée ou sinusoïdale.
- Arc plus stable
- Plus de confort au niveau auditif
- Une plus belle soudure avec moins d'efforts

Bénéfice pour l'entreprise qui opte pour Q-wave™

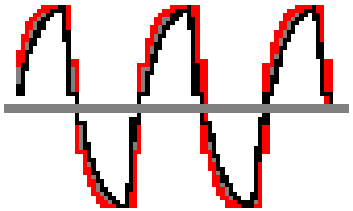
Plus de confort => amélioré la productivité
Gain de temps => gain d'argent

Conclusion :

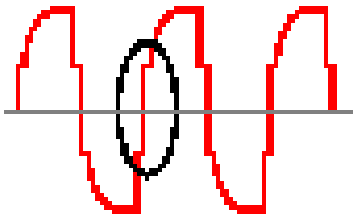
Q-wave ™ améliore le soudage tout en minimisant le bruit.
Q-Wave est un élément d'amélioration de la productivité du soudage TIG.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Q-wave ™ : une nouvelle forme d'onde



QWave™ adapte la forme de l'onde en créneau à l'intensité sélectionnée, garantissant un meilleur transfert de chaleur vers le matériau.



L'amorce arrondie de l'onde carrée réduit considérablement le niveau sonore. Grâce à la courbe en créneau, la section de la sinusoïdale entourée d'un cercle est passée plus rapidement et l'arc est stable, ce qui réduit encore le niveau de bruit.

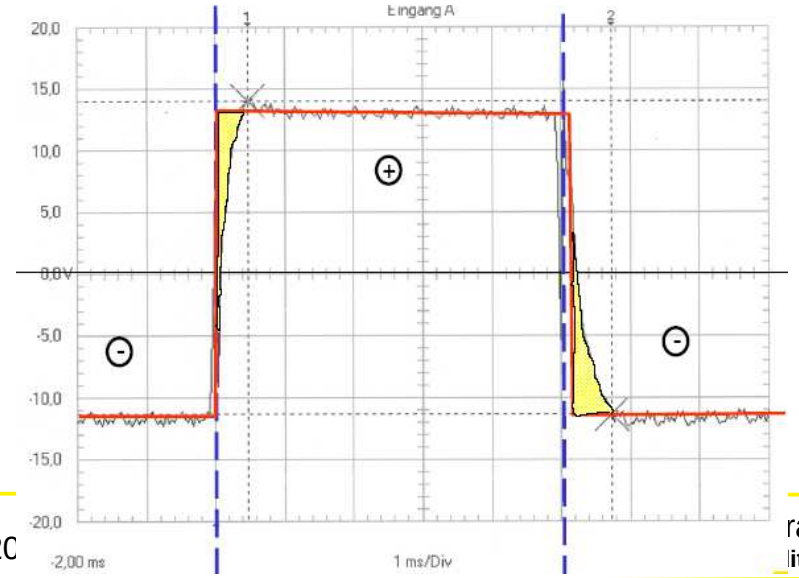
Propriété d'ESAB - reproduction interdite

QWave™

- Moins bruyant
- Arc plus stable que les ondes carrées
- Ne nécessite pas de HF pendant le passage du 0 volt
- *beaucoup de concurrents proposent des machines qui nécessitent une HF permanente*

Comment cela fonctionne t-il ?

- Le courrant passe par le zéro très rapidement
- Peu après le 0 volt l'onde s'arrondie
- La différence par rapport à l'onde carrée ordinaire est représentée en jaune
- Les harmoniques peuvent difficilement passer dans la demi période ⇒ soudage plus silencieux



Dissipation de la chaleur

L'énergie calorifique est distribuée par la torche de façon uniforme le long du joint et il est donc nécessaire qu'elle soit dissipée de façon non moins uniforme.
Il est indispensable de se préoccuper avant de commencer à souder de la façon dont se fera cette évacuation de la chaleur et du chemin qu'elle prendra.
Il est en général préférable de la canaliser dans les directions perpendiculaires au joint soudé vers la face supérieure des tôles.

Pour réaliser pratiquement cette évacuation de chaleur, on réalisera les supports à l'envers avec un matériau peu conducteur de chaleur, tandis que les organes de serrage supérieurs sont, au contraire, bon conducteurs.
Ces précautions sont surtout nécessaires pour les faibles épaisseurs.

Lorsque les pièces présentent des surépaisseurs, on compense parfois ces inégalités locales par des blocs de cuivre servant de refroidisseurs.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Une gamme complète en TIG AC/DC

- Caddy™ Tig 2200i AC/DC, TA33AC/DC et TA34 AC/DC.
- Origo™ Tig 3000i AC/DC, TA24 AC/DC.
- Origo™ Tig 4300i AC/DC, TA24 AC/DC.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Gamme TIG AC/DC

Onduleurs portables mono

- ❑ CaddyTig 2200i TA33 AC/DC
- ❑ CaddyTig 2200i TA34 AC/DC

Epaisseurs ≤ 5 mm en alu
Epaisseurs ≤ 6 mm en acier/inox

Onduleurs portables triphasés

- ❑ OrigoTig 3000i TA24 AC/DC

Epaisseurs ≤ 10 mm

- ❑ OrigoTig 4300i TA24 AC/DC

Toutes épaisseurs

Accessoires

- ❑ Chariots
- ❑ commandes à distance

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Les métaux d'apport

Une large gamme de métaux d'apport TIG est disponible dans la gamme des métaux d'apport non conducteurs tréfilés, appelés aussi fils de soudage ou fils d'apport.

Les métaux suivants peuvent être soudés avec fil d'apport :

- aciers alliés et faiblement alliés,
- aciers à haute résistance à la corrosion,
- aciers spéciaux contenant du titane, du zirconium, du molybdène et autres constituants,
- aluminium et ses alliages,
- manganèse et ses alliages,
- cuivre et ses alliages,
- nickel et ses alliages.

Les éléments d'alliage de ces fils sont spécifiques au soudage TIG.

Métal TIG sous forme de baguettes :

- de 700 à 1000 mm de longueur
- diamètres de 1,6 mm à 5,0 mm

Ces baguettes de fil sont emballées dans des tubes plastiques ou dans des boîtes en carton.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Soudage de métaux dissemblables

Il est souvent utile dans une construction soudée d'assembler des métaux ou alliages de nature différente. Ceci n'est pas toujours possible car il peut se former dans la zone de liaison des composés intermédiaire fragiles.
Dans ce cas on a parfois recours à un troisième métal par exemple cuivre, nickel ou argent, qui ne présente pas d'incompatibilité avec l'un et l'autre des métaux de base.
Cet alliage intermédiaire s'emploi comme métal d'apport soit sous forme d'un beurrage des bords.

	Ni	**Cu-Ni**	**laiton**	**Cu-Al**	**Cu**	**Inox**	**Acier carbone**
acier au carbone	R	R	R	P	P	P	R
Acier inox	R	P	N	P	P	R	
Cu	R	R	P	R	R		
Cu-Al	P	P	P	R			
Laiton	N	N	R				
Cu-Ni	R	R					
Ni	R						

N = non soudable
P = possible
R = recommandé

Des métaux différents ont des conductibilités calorifiques différentes. L'opérateur devra diriger l'arc de préférence vers le métal le plus conducteur et, au besoin, le réchauffer.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Défauts de soudure TIG

Défauts observés	causes et remèdes
Cordon grisâtre	métal d'apport non décapé protection d'argon insuffisante (rentrée d'air, vent)
Ondes en forme de V allongé	courant trop intense, vitesse trop grande
Cordon creux	baguette d'apport de diamètre trop petit
Caniveaux	baguette de diamètre trop petit, chanfrein trop fermé en montante courant trop fort
Pénétration inexistante	courant trop faible vitesse trop élevée bain de fusion insuffisant au départ
Pénétration irrégulière	vitesse d'avancement irrégulière inclinaison irrégulière de la torche chanfrein irrégulier (talon de hauteur variable)
Manques de pénétration	soudures de pointage mal refondues (elles doivent se présenter en cuvette) début du cordon non repris

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Défauts de soudure TIG

Défauts observés	causes et remèdes
Manque de liaison à l'envers malgré des bourrelets importants	carres non abattues (alliages légers) mauvais décapage à l'envers mauvais accostage dénivellation des bords
Inclusions de tungstène	diamètre d'électrode insuffisant qualité de l'électrode mal choisie électrode entrée en contact avec le bain de fusion
Fissurations longitudinales au milieu du cordon	mauvais choix de l'alliage d'apport cordon insuffisamment rechargé bridage exagéré refroidissement excessif par les supports (cas des tôles minces bridées).
Fissurations Longitudinales sur les bords du cordon	alliage impropre au soudage apport de chaleur excessif bridage excessif sans préchauffage

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Aspects environnementaux

Radiation de l'arc très élevée

- rayonnement UV : 3 à 4 fois plus important que l'électrode enrobée.
- Infra rouges : 1,5 fois plus intense qu'en électrode enrobée.

Inhalation de l'aluminium et des autres fumées doit être évitée.

Production d' Ozone (O_3).

Eviter les solvants chlorés utilisés avant soudage pour le nettoyage des pièces.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Domaine de fréquences audibles

Les sons se caractérisent par :

- l'intensité,
- la hauteur
- le timbre

Fréquence

Plus la fréquence du fondamental est élevée, plus le son est aigu.

Les fréquences audibles se situent entre 20 Hz et 18 kHz.

Le timbre dépend lui de la fréquence et des intensités respectives des harmoniques ainsi que de leurs transitoires d'attaque et d'extinction.

Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Domaine de fréquences audibles

1 Domaines de fréquences audibles

L'oreille humaine normale perçoit les sons dont la fréquence est comprise entre 20 Hz et 18 kHz (on mémorise plus facilement l'intervalle 20 Hz - 20 000 Hz).

Les sons de fréquence inférieure à 20 Hz sont appelés **infrasons** ; les sons de fréquence supérieure à 20 000 kHz sont les **ultrasons**. Beaucoup d'animaux perçoivent des ultrasons.

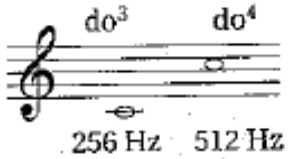
Le seuil de perception (niveau sonore à partir duquel un son est perçu) n'est pas le même pour toutes les fréquences.

2 Hauteur d'un son

La hauteur d'un son est caractérisée par sa fréquence.

Plus une note est aiguë, plus sa fréquence est élevée **(fig. 11)**.

Le rapport des fréquences de deux notes séparées d'une octave est 2.



Propriété d'ESAB - reproduction interdite

Timbre d'un son

a. Harmoniques

Une onde sonore quelconque de fréquence f peut toujours s'interpréter comme étant la somme de plusieurs ondes sinusoïdales.

Dans cette décomposition, l'onde sinusoïdale de fréquence la plus basse correspond au mode **fondamental**. Sa fréquence est celle de l'onde sonore, soit f.

Les autres fréquences, supérieures à f, sont les **harmoniques**.

Si une même note est produite par deux instruments différents, les tensions, visualisées sur un oscilloscope, correspondant aux signaux sonores captés par un microphone ont des allures très différentes parce que les harmoniques sont différentes (**fig. 12**) mais la fréquence est la même (celle du fondamental).

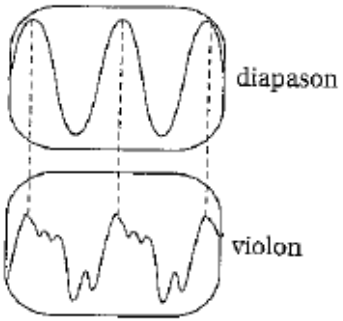
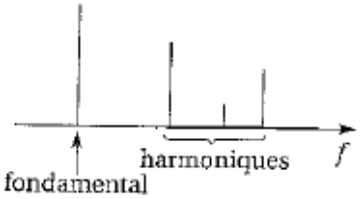


Fig. 12

On peut réaliser le spectrogramme d'un son.

La **figure 13** indique les fréquences du fondamental et des harmoniques, et donne leur importance relative.

Les spectrogrammes de deux notes de même nom produites par des instruments différents ont en commun la position du fondamental. Cependant, les harmoniques ne sont pas toujours les mêmes et l'importance relative de chacune d'elles est différente.



Propriété d'ESAB - reproduction interdite