



# Manuel du soudeur

Pour le soudage sous protection gazeuse et l'oxycoupage

Première édition en 2019.

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, stockée dans un système d'extraction ou transmise sous quelque forme ou moyen, électronique, mécanique, photocopie, enregistrement ou autre, sans autorisation préalable d'Air Products and Chemicals, Inc.

# Table des matières

## Introduction

Notions de soudage	2
Pourquoi souder ?	3
Quels procédés ?	4

## Soudage MIG/MAG

Principes	6
Procédés	7
Positions de soudage	8
Gaz pour le soudage MIG/MAG	10
Gaz Maxx® : nos meilleurs gaz de soudage	10-11
Gaz de soudage standard	11

## Soudage TIG

Principes	12
Procédés	12
Courant d'alimentation pour le soudage TIG	13
Choix du courant	14
Remplissage du cratère	14
Electrodes de tungstène	15
Torches	17
Gaz Maxx® : nos meilleurs gaz de soudage	18
TIG pulsé	19
Soudage TIG par point	19

## Soudage plasma 20

## Gaz de protection 21

## Soudure de tôles de faibles épaisseurs 22

## Soudure de tôles de moyennes et fortes épaisseurs

Recommandé pour la préparation des soudures bout à bout en acier carbone et acier inoxydable	24
--	----

## Soudage de tubes et de tuyauterie 27

## Défauts de soudure

Porosité	29
Manque de fusion/de pénétration	30
Caniveaux	31
Projections	31
Fissures de solidification	32

## Paramètres utiles pour le soudage MIG/MAG 33

Paramètres types pour le soudage MAG de l'acier au carbone et de l'acier au carbone-manganèse (135)	34
Paramètres types pour le soudage MIG/MAG avec fils solides	35
Paramètres de soudage types pour tous les fils fourrés rutilés tôle en acier	38
Plages d'intensité pour le soudage MAG de fil fourré en acier	39

## Données utiles pour le soudage TIG

Conditions types pour le soudage TIG avec un courant continu ou alternatif non pulsé	40-41
--	-------

## Procédés d'oxycoupage 42

Équipement	43
------------	----

## Sécurité pour l'utilisation de l'oxygène/acétylène

Mise en service et configuration initiale	44
Purge du système	46
Allumage du chalumeau	47
Arrêt du chalumeau	48

## Bouteille Integra® d'oxygène et d'acétylène 49

Variables essentielles pour la qualité d'une surface de coupe	51
Qualité de la coupe	52
Techniques du procédé	52
Paramètres de fonctionnement	54
Réglages pour le chalumeau	55

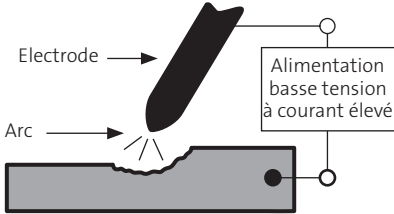
# Introduction

## Notions de soudage

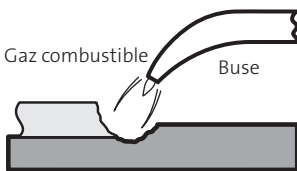
Le soudage par fusion implique une fusion localisée des matériaux à assembler. Une fois fondus, ces matériaux se mélangent dans le bain de fusion qui se solidifie formant ainsi une soudure.

Les deux sources de chaleur les plus utilisées sont :

### L'arc électrique



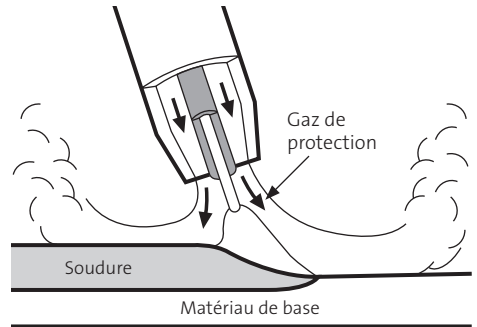
### La flamme



La résistance du joint soudé doit être supérieure ou égale à celle du matériau de base. La qualité est primordiale.

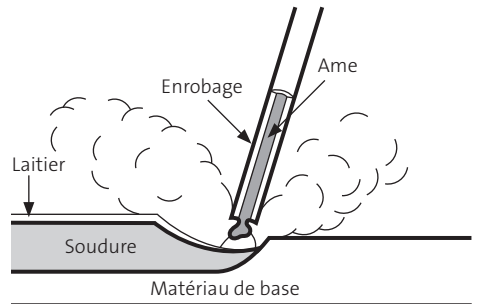
Le métal en fusion et la zone environnante doivent être protégés de l'atmosphère. Ceci est généralement réalisé à l'aide d'un procédé de soudage au gaz avec fil plein ou fil fourré (exemple ci-dessous).

### MIG - Métal Inerte Gaz / MAG - Métal Actif Gaz



Dans les procédés de soudage MIG / MAG, un gaz est utilisé.

### Soudage à l'électrode enrobée



Lors du soudage manuel à l'arc électrique (MMA), le laitier sert de protection pour la soudure.

## Pourquoi souder ?

Le soudage est utilisé parce qu'il est :

- l'une des méthodes les plus rentables pour lier des composants métalliques
- adapté pour une large gamme de matériaux et d'épaisseurs
- applicable à un large éventail de formes et de tailles

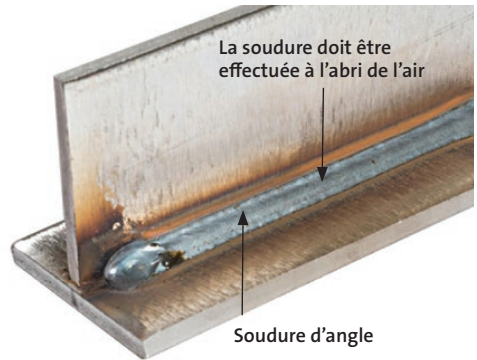
Les joints produits par la soudure sont :

- permanents
- résistants ; leur résistance étant généralement égale ou supérieure à celle des matériaux de base
- étanches
- reproductibles
- facilement inspectés par des techniques non destructives

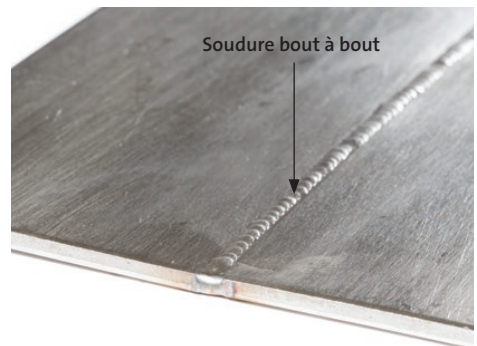
La soudure peut être effectuée :

- dans l'atelier ou sur site
- de manière manuelle, robotique ou mécanisée

## Joint en T / Soudure d'angle



## Joint en W / Soudure bout à bout



## Quels procédés ?

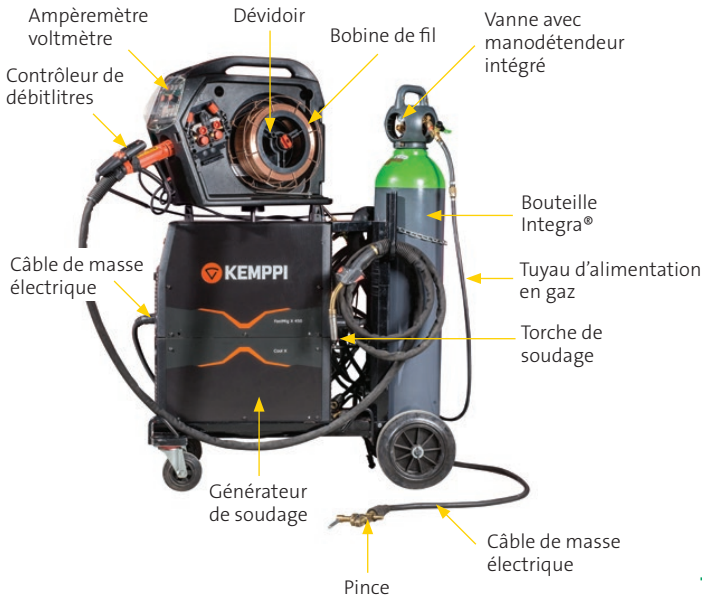
Plusieurs techniques et procédés de soudage sont disponibles. Les plus communs sont :

- **soudage manuel à l'arc électrique (MMA)** également connu sous le nom de **soudage à l'arc électrique sous protection (SMAW) ou soudage à l'électrode enrobée**
- **soudage Tungstène Inerte Gaz (TIG)** également connu sous le nom de **soudage TIG**
- **soudage Métal Inerte Gaz (MIG) / Métal Actif Gaz (MAG)** également connu sous le nom de **soudage MIG-MAG (GMAW)**

Il n'y a pas de procédé unique qui soit universellement meilleur qu'un autre ; chaque procédé a ses propres avantages et doit être adapté à l'application. Le choix du procédé le plus adapté exige un examen attentif d'un certain nombre de facteurs, y compris :

- type de matériau à souder
- disponibilité des consommables et des équipements
- configuration du joint et position
- épaisseur du matériau
- quantité de production
- pré-requis d'assurance qualité et de contrôle de la qualité
- compétences et qualifications de la main-d'œuvre disponible
- conditions de travail et environnement
- santé, considérations de sécurité et environnementales

## MIG/MAG



Les deux procédés de soudure à l'arc les plus communs - **TIG et MIG/MAG** - utilisent un gaz de protection pour protéger le métal fondu de toutes contaminations atmosphériques.

## TIG



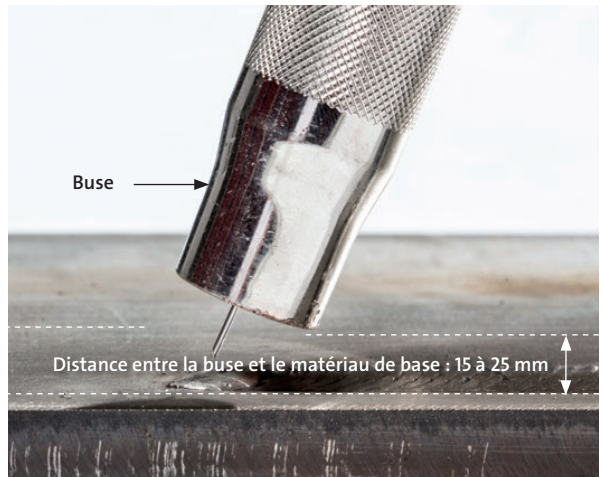


# Soudage MIG/MAG

## Principes

Il s'agit d'un procédé semi-automatique avec fil métallique qui convient pour la soudure manuelle, mécanisée et robotisée.

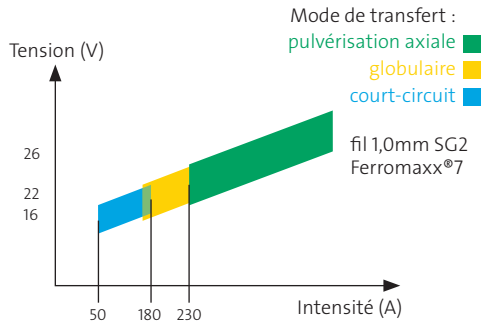
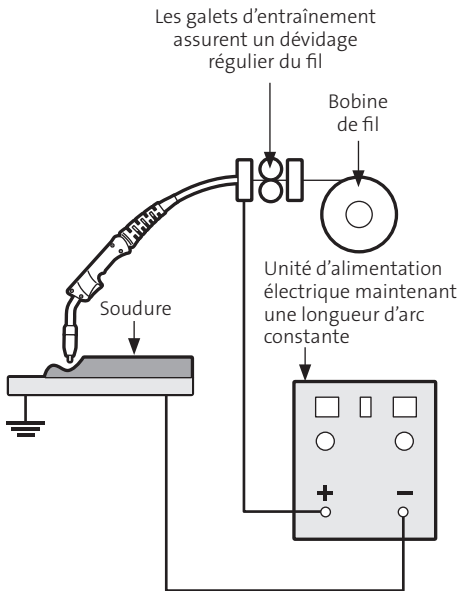
Un arc basse tension (12-45 V) et courant élevé (60-500 A) est établi entre l'extrémité du fil-électrode et le matériau, constituant à la fois un conducteur de courant et un métal d'apport aux opérations de soudage. Le fil-électrode consommable est alimenté en continu par la torche de soudage, se mélangeant avec le matériau de base, et formant un bain de fusion. Le bain de fusion et la zone environnante sont ainsi protégés des contaminations atmosphériques par ce procédé de soudure. Le gaz stabilise aussi l'arc et aide aux différents modes de transfert.



## Procédés

Un moteur électrique alimente le fil dans l'arc et la source d'alimentation maintient la longueur de l'arc à une valeur prédéfinie. Cela permet au soudeur de se concentrer pour une complète fusion du joint soudé.

La plupart des sources d'alimentation pour les procédés de soudage MIG/MAG sont aussi connues sous le nom de **générateur de soudage à tension constante**.



Pour configurer un générateur de soudage MIG/MAG, trois paramètres clés sont à considérer :

- intensité / vitesse du fil
- tension d'arc
- vitesse de soudage

Les réglages corrects de ces paramètres dépendent du type de matériau de base, de l'épaisseur, du type de joint, de la position de soudage, du type de métal d'apport et du gaz de soudure. Des valeurs de références sont disponibles dans les tableaux de données fournis avec votre générateur de soudage ou par les fabricants de consommables.

Air Products fournit des procédures standards de soudage. Ces Spécifications de Procédures de Soudage (WPS) et dossiers de qualification de procédures de soudage (WPQR) contiennent tous les paramètres clés pour les joints soudés. Ils sont disponibles sur le site internet d'Air Products.

La combinaison de ces paramètres clés détermine la stabilité de l'arc, la taille de la soudure et l'apport de chaleur appliqué. L'apport de chaleur peut avoir besoin d'être contrôlé afin d'obtenir les propriétés mécaniques requises. Vérifiez votre WPS. Pour toute assistance et en l'absence de WPS approuvées, n'hésitez pas à contacter votre spécialiste application soudage Air Products ou un expert qualifié.

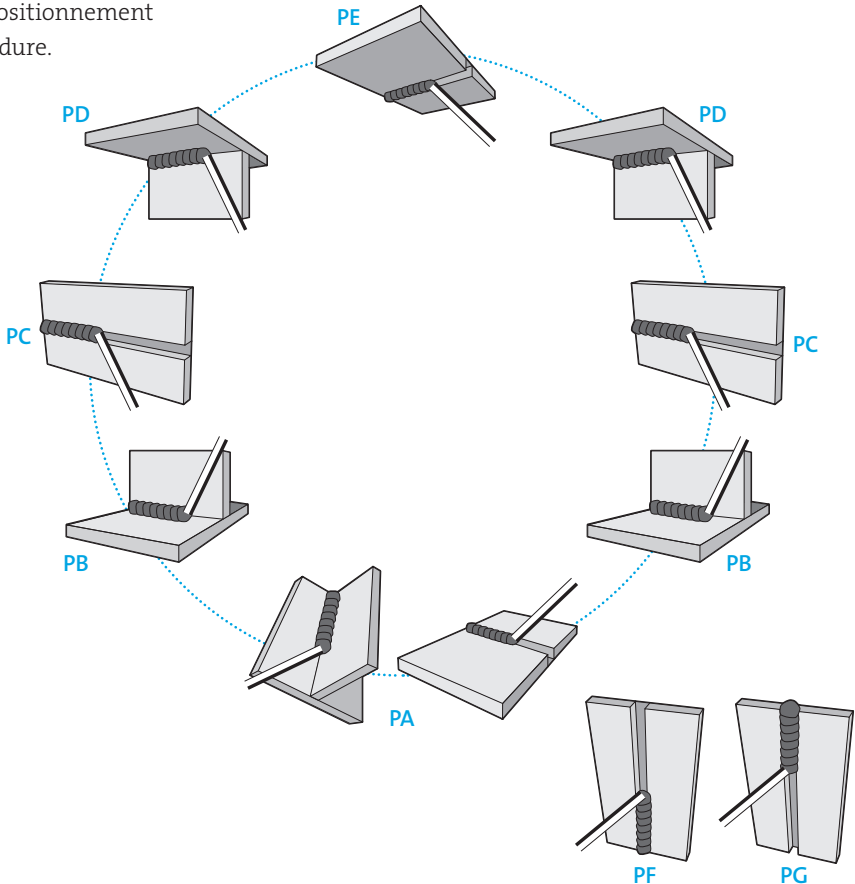
# Positions de soudage

Lors de la soudure, il est idéal d'orienter votre travail dans des positions où la gravité permet de contrôler le bain de fusion. Ce sont les positions PA et PB (voir schéma). Dans ces positions, le mode de transfert le plus productif est la pulvérisation axiale – “spray arc” Dans toutes les autres positions, les transferts court-circuit (“short-arc”) ou “pulse” sont généralement utilisés lors de la soudure avec un fil solide. Auquel cas, une gamme de fils fourrés est disponible pour aider lors du positionnement de la soudure.

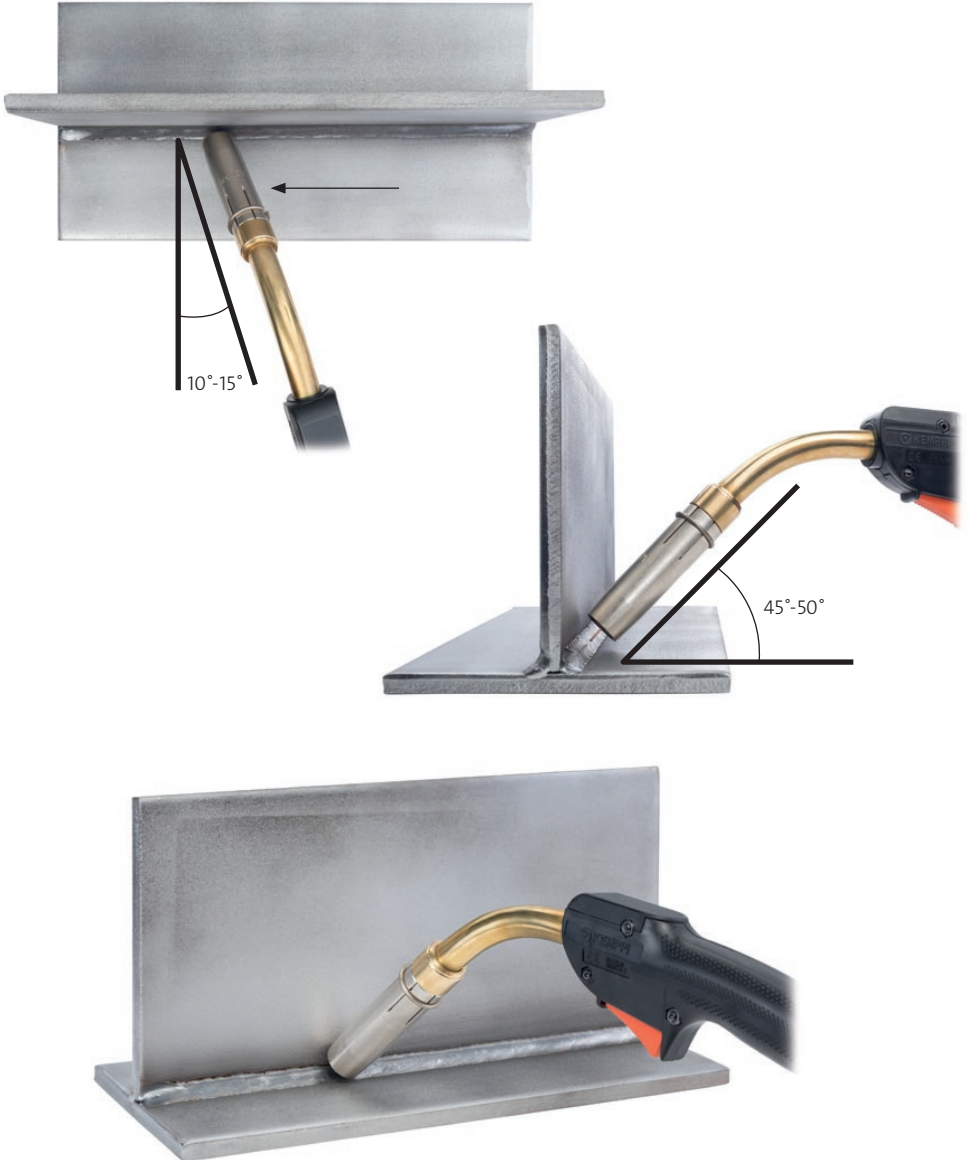


## Conseil d'expert

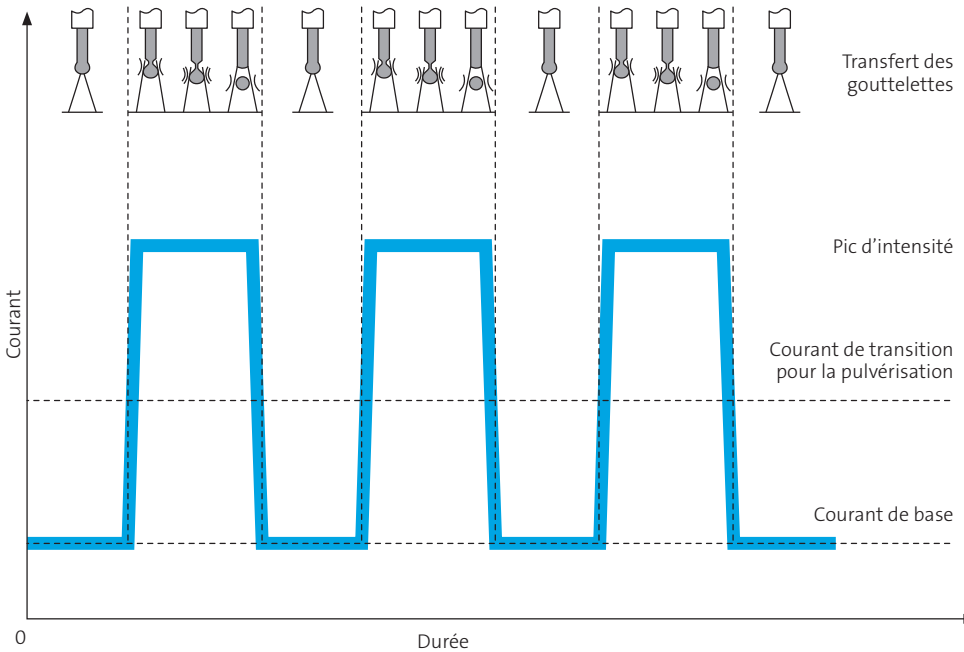
Des vitesses de déplacement plus rapides avec les gaz de soudage Ferromaxx®, Inomaxx® et Alumaxx® signifient des coûts réduits de soudage.



La technique de soudure la plus fréquemment utilisée est la soudure en poussant où la torche est orientée dans le sens du déplacement.



Le soudage MIG/MAG pulsé permet de contrôler les gouttelettes en fusion au moyen d'impulsion (fréquence en hertz). C'est un procédé stable et sans projections.



## Gaz pour le soudage MIG/MAG

Les gaz de soudage d'Air Products sont conçus pour offrir des performances optimales lors du soudage MIG/MAG. Tous ces gaz répondent aux exigences de la norme ISO14175 / AWS 5.32 - "Produits consommables pour le soudage - Gaz et mélanges gazeux pour le soudage par fusion et les techniques connexes."

Cette norme est largement utilisée dans l'industrie pour classer les gaz de soudage. Elle aide à la bonne sélection du gaz, au contrôle de qualité minimum et à l'exigence de l'étiquetage.

## Gaz Maxx® : nos meilleurs gaz de soudage

Ces gaz sont regroupés en trois familles afin d'assurer une sélection simple :

- Gaz **Ferromaxx**® - pour l'acier au carbone
- Gaz **Inomaxx**® - pour l'acier inoxydable
- Gaz **Alumaxx**® - pour l'aluminium et les alliages

# Gaz Maxx® : nos meilleurs gaz de soudage

Matériaux	Gaz de protection	Applications
Aciers au carbone et alliages	<b>Ferromaxx® Plus</b> - M20ArHeC20/12 <b>Le meilleur mélange gazeux pour un soudage MAG plus rapide et propre de l'acier au carbone</b>	Soudage MAG, très adapté au soudage mécanisé ou robotisé. Fils fourrés et solides.
	<b>Ferromaxx® 7</b> - M24ArCO7/2.5 <b>Le spécialiste pour l'acier au carbone aux épaisseurs fines et moyennes</b>	Soudage MAG, performances exceptionnelles sur les matériaux de faible et moyenne épaisseur. Transfert par court-circuit et pulvérisation axiale. Toute position de soudage. Fils solides.
	<b>Ferromaxx® 15</b> - M24ArCO15/2.5 <b>Le gaz polyvalent fiable pour un soudage MAG de l'acier au carbone</b>	Soudage MAG, toute épaisseur. Transfert par court-circuit et pulvérisation axiale. Toute position de soudage. Fils fourrés et solides.
Aciers inoxydables	<b>Inomaxx® Plus</b> - M12ArHeC35/2 <b>Le meilleur mélange gazeux pour un soudage MAG de l'acier inoxydable</b>	Soudage MAG, toute épaisseur. Transfert par court-circuit et pulvérisation axiale. Toute position de soudage. Fils fourrés et solides. Soudage manuel, robotique ou automatique.
	<b>Inomaxx® TIG</b> - R1ArH2 <b>Le meilleur mélange gazeux pour un soudage de l'acier inoxydable austénitique</b>	Soudage TIG, toute épaisseur. Toute position de soudage. Améliore la pénétration, la vitesse et la qualité. Soudage manuel ou automatique.
	<b>Inomaxx® 2</b> - M12ArC2 <b>Le mélange gazeux fiable pour un soudage MAG de l'acier inoxydable aux épaisseurs fines et moyennes</b>	Soudage MAG, toute épaisseur. Transfert par court-circuit et pulvérisation axiale. Toute position de soudage. Fils fourrés et solides.
Aluminium et alliage	<b>Alumaxx® Plus</b> - I3ArHe30 <b>Le meilleur mélange gazeux pour le soudage MIG et TIG de l'aluminium</b>	Soudage TIG/MIG, toute épaisseur. Transfert par courant pulsé. Soudage manuel, robotique ou automatique.

## Gaz de soudage standard

Matériaux	Gaz de protection	Applications
Aciers au carbone et alliages	M20ArC8 M21ArC18 M24ArC7/3 M24ArC15/3	Soudage MAG, toute épaisseur. Transfert par cour-circuit, pulvérisation axiale et pulsée. Toute position de soudage. Fils fourrés et solides.
Aciers inoxydables	M12ArC2 M11ArCH3/1 M22ArO6 R1ArH2 (TIG) R1ArH5 (TIG)	Soudage TIG/MAG, toute épaisseur. Transfert par cour-circuit, pulvérisation axiale et pulsée. Toute position de soudage. Fils solides.
Aluminium et alliage	I1 Ar (100% Argon) I3ArHe30 I3HeAr25	Soudage TIG/MIG, toute épaisseur. Transfert par courant pulsé. Soudage manuel, robotique ou automatique.

# Soudage TIG

## Principes

Le procédé Tungstène Inerte Gaz est généralement appelé soudage TIG.

Le soudage est réalisé à partir d'un arc électrique entre l'électrode réfractaire de tungstène et la pièce à souder. Le métal d'apport est amené manuellement avec une baguette ou automatiquement avec une bobine de fil. L'électrode de tungstène et le bain de fusion sont protégés de l'air par un gaz inerte, évitant ainsi des contaminations atmosphériques. Le gaz utilisé est généralement de l'argon ou de l'hélium. Il est également possible de mélanger ces deux gaz pour des applications spéciales. Les mélanges argon-hydrogène peuvent être utilisés pour l'acier inoxydable austénitique.



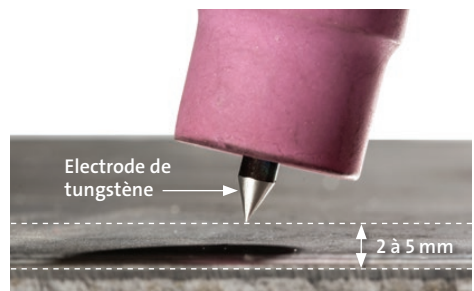
## Procédé

Dans le soudage manuel, le soudeur dirige l'électrode de tungstène vers la soudure à effectuer, créant un arc pour faire fondre le métal sur la longueur du joint. Si un métal d'apport est nécessaire, lors d'une soudure d'angle par exemple, il est ajouté dans le bain de fusion. Le métal d'apport est habituellement fourni sous forme de baguette d'environ 1 mètre de longueur.

**La longueur de l'arc** est contrôlée par le soudeur. Elle est généralement comprise entre 2 et 5 mm.

**La vitesse de déplacement** est ajustée pour correspondre au temps nécessaire pour faire fondre le joint et garder une taille constante du bain de fusion.

Le soudage TIG permet un contrôle indépendant de la chaleur de l'arc et de l'entrée du métal d'apport. Cela permet un excellent contrôle du bain de fusion. Ainsi, le soudage TIG est le choix optimal pour le soudage des matériaux de fine épaisseur, nécessitant une qualité de soudure supérieure.





## Conseil d'expert

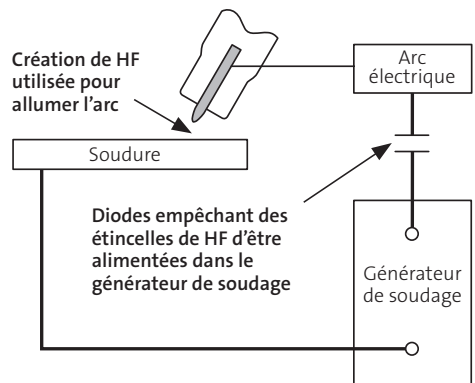
Les gaz de soudage contenant de l'hélium améliorent le transfert de chaleur aidant au soudage de métaux avec une conductivité thermique élevée tels que l'aluminium, le cuivre et leurs alliages.

## Courant d'alimentation pour le soudage TIG

Les courants d'alimentation à utiliser lors du soudage TIG peuvent être soit le courant alternatif (AC), soit le courant continu (DC) ; les deux doivent être en mesure de délivrer un courant constant à une valeur prédéfinie.

L'un des avantages du soudage TIG est qu'il permet de souder un large éventail de matériaux. Les sources d'énergie modernes combinent des caractéristiques de courant et de tension constantes et assurent une excellente stabilité de l'arc. Les générateurs de soudage allant de 5 A (micro-TIG) à plus de 500 A sont disponibles.

L'utilisation d'un arc de haute fréquence (HF) issu d'un générateur de soudage permet un contrôle stable de l'arc sans que l'électrode n'ait besoin de toucher la pièce.





## Choix du courant

Le courant continu (DC) comme le courant alternatif (AC) sont fréquemment utilisés lors du soudage TIG.

**Le courant continu** avec l'électrode reliée à la borne négative de la source d'alimentation est utilisé pour :

- les aciers au carbone
- le cuivre et ses alliages
- les aciers inoxydables
- le nickel et ses alliages
- le titane et ses alliages
- le zirconium et ses alliages

**Le courant alternatif** est utilisé pour :

- l'aluminium et ses alliages
- le magnésium et ses alliages
- le bronze d'aluminium

Les sources d'alimentation sont disponibles pour fournir un DC pulsé ou pour combiner AC et DC.

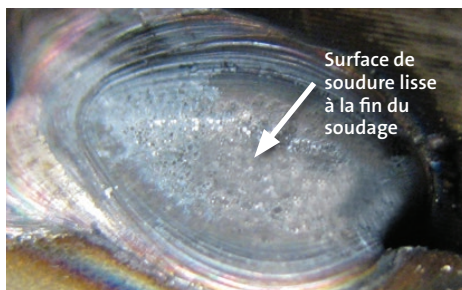
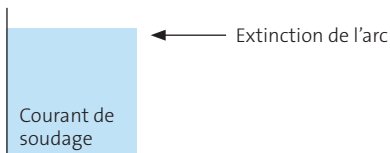


## Conseil d'expert

Utiliser uniquement des brosses et des racleurs en acier inoxydable pour nettoyer l'aluminium avant la soudure. Ne pas utiliser pour nettoyer d'autres matériaux.

## Remplissage du cratère

L'évanouissement progressif du courant à la fin d'une soudure permet d'éviter la formation d'un cratère.
























# Electrodes de tungstène

Des électrodes en tungstène pur peuvent être utilisées. Néanmoins, des versions au thorium et au zirconium viennent faciliter le démarrage et donner à l'arc une meilleure stabilité. De plus, il est préférable d'utiliser ce type d'électrodes. Les tungstènes au cérium ou au lanthane sont également disponibles (voir le tableau ci-dessous.)

**Les électrodes au thorium** contiennent un matériau radioactif et peuvent poser un risque pour la santé et l'environnement puisque la poussière issue de l'affûtage de ces électrodes est particulièrement dangereuse si elle est ingérée ou inhalée. Elles peuvent être remplacées par des électrodes avec du lanthane, du cérium ou du zirconium.

Pour plus d'informations, veuillez SVP vous référer à la norme NF EN ISO 6848.

Matériau	Type de courant	Tungstène
Aluminium, les alliages d'aluminium	AC	 Pur  Au zirconium  Au cérium  Au thorium  Au lanthane
	Ondes AC	 Au zirconium  Au cérium  Au thorium  Au lanthane
Le cuivre, les alliages de cuivre	DC	 Au cérium  Au thorium
Alliages de magnésium	AC	 Au zirconium  Au cérium  Au thorium  Au lanthane
Aciers au carbone	DC	 Au cérium  Au thorium  Au lanthane
Aciers inoxydables	DC	 Au cérium  Au thorium  Au lanthane

Le choix du diamètre de l'électrode est déterminé par rapport à l'intensité de soudage utilisé. Le courant maximal qu'une électrode de diamètre donné peut transporter est déterminé comme étant le courant au-delà duquel l'électrode surchauffe et fond. L'intensité minimum dépend de la stabilité de l'arc.

Diamètre des électrodes (mm)	Intensité (A)	Tungstène au zirconium et pur	Au cérium, au thorium et au lanthane
1,0	15 – 80	10 – 30	20 – 60
1,6	50 – 150	30 – 80	50 – 120
2,4	100 – 250	60 – 130	80 – 180
3,2	200 – 400	100 – 180	160 – 250

L'extrémité de l'électrode est affûtée avant utilisation avec une meule spéciale afin de lui donner l'angle le plus adapté.

Pour le soudage en courant continu, l'électrode doit être affûtée en pointe. Pour le soudage en courant alternatif, un petit biseau est nécessaire car l'extrémité de l'électrode s'arrondit quand l'arc est établi.



Tous les diamètres de soudage AC en mm

Diamètre de soudage DC  $\geq 3,2$  mm

Diamètre de soudage DC  $< 3,2$  mm

Tous les diamètres de soudage aux ondes AC en mm



## Conseil d'expert

Lors de l'affûtage des électrodes de tungstène, il est recommandé qu'une meule spécifique avec un système local d'extraction de la poussière soit utilisée. Le port d'un masque filtrant et de lunettes de protection est obligatoire.

# Torches

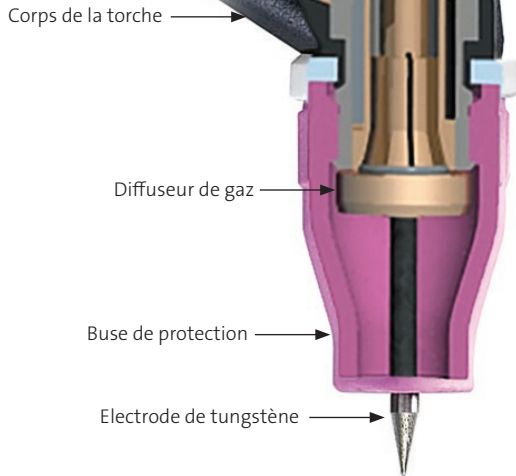
Les torches TIG sont classées suivant leur capacité à transmettre le courant sans surchauffer. Lors d'intensités supérieures à 250 A, le corps de la torche et la buse peuvent être refroidis à l'eau. Lors d'intensités plus faibles, le flux du gaz de soudage fournit un refroidissement suffisant.

## Torche semi-automatique



Une torche avec diffuseur de gaz fournit un débit de gaz laminaire permettant de régler l'électrode plus loin à partir de la fin de la buse afin d'améliorer la visibilité de l'arc et du bain de fusion tout en maintenant un bon niveau de protection.

## Torche à démarrage manuel



Les gaz de soudage d'Air Products sont conçus pour offrir des performances optimales lors du soudage TIG. Tous ces gaz répondent aux exigences de la norme ISO14175 / AWS 5.32 - "Produits consommables pour le soudage - Gaz et mélanges gazeux pour le soudage par fusion et les techniques connexes."

Cette norme est largement utilisée dans l'industrie pour classer les gaz de soudage. Elle aide à la bonne sélection du gaz, au contrôle de qualité minimum et à l'exigence de l'étiquetage.

## Gaz Maxx® : nos meilleurs gaz de soudage

Ces gaz sont regroupés en trois familles afin d'assurer une sélection simple :

- argon - pour l'acier au carbone
- gaz Inomaxx® TIG - pour l'acier inoxydable
- gaz Alumaxx® Plus - pour l'aluminium et les alliages

Matériaux	Gaz de protection
Aciers au carbone et alliages	<p><b>Argon - I1Ar</b>  <b>Convient à toutes les opérations de soudage TIG sur tous les matériaux</b></p>
Aciers inoxydables	<p><b>Inomaxx® TIG - R1ArH2</b>  <b>Le meilleur gaz pour le soudage TIG de l'acier inoxydable austénitique</b></p> <p><b>Argon - I1Ar</b>  <b>Convient à toutes les opérations de soudage TIG sur tous les matériaux</b></p>
Aluminium et alliage	<p><b>Alumaxx® Plus - I3ArHe30</b>  <b>Le meilleur gaz pour le soudage TIG de l'aluminium et de ses alliages</b></p> <p><b>Argon - I1Ar</b>  <b>Convient à toutes les opérations de soudage TIG sur tous les matériaux</b></p>

## TIG pulsé

Lors du soudage TIG de matériaux de fine épaisseur, le contrôle du bain de fusion et de la pénétration devient plus difficile avec une soudure en courant continu. Le courant pulsé améliore le contrôle du bain de fusion grâce aux réglages des différentes fréquences en hertz hautes et basses. Les changements de l'arc TIG pulsé à partir d'un courant faible (de base), sont justes suffisant pour maintenir l'arc, permettant au bain de fusion de refroidir. Un pic d'intensité a été sélectionné pour atteindre le point de fusion nécessaire.



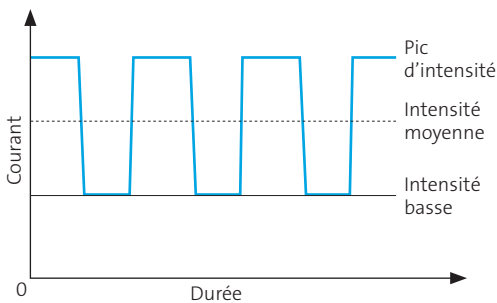
Les impulsions basses fréquences sont utilisées lorsqu'une finition esthétique de la soudure est nécessaire.

Les fréquences d'impulsions sont couramment utilisées pour une vitesse de soudage plus élevée.

Le soudage TIG pulsé peut être utilisé pour souder des matériaux tubulaires. Ceci évite le besoin d'augmenter une vitesse de déplacement pour garder une largeur de soudure uniforme, ce qui est un avantage important pour le soudage mécanisé.

## Soudage TIG par point

Le pointage avec le procédé TIG est nécessaire sur des tôles fines avant soudage complet de la pièce.



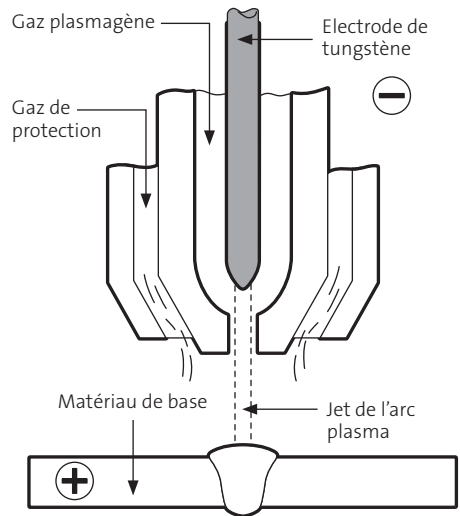
# Soudage plasma

Le soudage plasma est similaire au soudage TIG. La principale différence est que l'arc est transmis à travers une tuyère, ce qui resserre l'arc et positionne l'électrode à l'intérieur du corps de la torche. Le plasma a une concentration d'énergie beaucoup plus élevée que celle du TIG, créant ainsi des soudures plus profondes et plus étroites.

Le soudage plasma utilise couramment une technique automatique ou mécanisée, connue sous le nom technique de « soudage Keyhole » (trou de serrure).

Un trou est percé à travers le joint (keyhole) par le gaz plasmagène. La torche est déplacée le long du joint, le métal fond à l'avant du trou, tourbillonne vers l'arrière et se solidifie. Un remplissage supplémentaire de la soudure peut être parfois nécessaire.

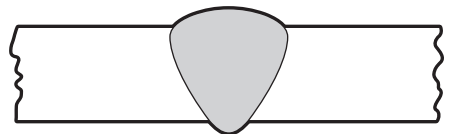
Une autre application commune de la soudure plasma est le rechargement dur ou de plaquage – c'est là qu'une poudre ou qu'un métal d'apport est utilisé pour constituer une couche d'usure ou de matériau résistant à la corrosion sur la surface d'un matériau, appelé le soudage plasma sous flux en poudre (PPAW).



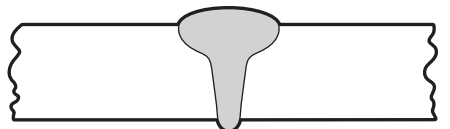
Le gaz de protection de l'électrode, est généralement de l'argon et le gaz plasmagène peut être de l'argon ou des mélanges argon/hydrogène ou argon/hélium.

L'hélium ou les mélanges argon/hélium peuvent être bénéfiques comme un gaz plasmagène pour les applications de rechargement dur ou de plaquage.

## Soudage TIG conventionnel



## Soudage plasma



# Gaz de protection

Lorsqu'il y a une soudure avec pénétration dans un joint bout à bout, celle-ci est exposée à l'air et s'oxyde. Cela peut causer une mauvaise qualité de soudure, en particulier avec l'acier inoxydable (rochage) et avec les métaux réactifs tels que le titane. La contamination peut être évitée en protégeant la pénétration de la soudure avec un gaz de protection envers.

Matériaux	Gaz de protection
Le carbone, ses alliages et l'acier inoxydable	<b>Azote</b> <b>Azote Hydrogéné</b> <b>Argon</b>
Aluminium et alliage	<b>Argon</b>

L'azote est plus couramment utilisé comme gaz de protection envers, cependant, les avantages de l'argon seront plus visibles lors du soudage de l'acier inoxydable. Des mélanges azote hydrogénés peuvent être sélectionnés. N5NH5 (5 % d'hydrogène dans l'azote) ou N5NH10 (10 % d'hydrogène dans l'azote) sont recommandés comme gaz de protection envers lors de la soudure de l'acier inoxydable. L'hydrogène récupère l'oxygène dans la zone protégée par le gaz autour de la pénétration réduisant souvent les temps d'inertage et la quantité de gaz de protection nécessaire, résultant ainsi en une meilleure finition de la soudure (moins d'oxydation).

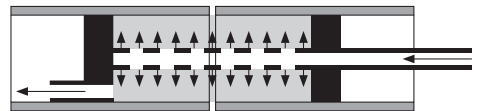
## L'inertage doit être effectué en 3 étapes :

- Inerter lentement avant de commencer à souder afin d'évacuer l'air. L'oxygène résiduel doit être inférieur à 50 parties par million (ppm).
- Maintenir l'inertage lors du soudage. Un débit minimal de gaz doit être maintenu pour conserver le niveau d'oxygène en dessous de 50 ppm.
- Maintenir l'inertage après la soudure. Un débit minimal de gaz doit être maintenu pour conserver le niveau d'oxygène en dessous de 50 ppm jusqu'à ce que la température ait chuté en dessous de 250 °C.

La technique d'inertage est déterminée par la densité du gaz de protection :

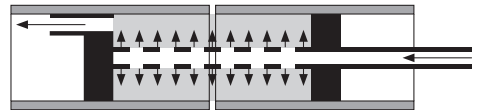
### Plus léger que l'air

- N5NH5
- N5NH10
- Hélium
- Azote



### Plus lourd que l'air

- Argon
- R1ArH5



## Conseil d'expert

Utiliser le gaz de protection envers pour la première passe. Le conserver éventuellement pour les passes suivantes de remplissage.



# Soudure de tôles de faibles épaisseurs

Les deux procédés TIG et MIG/MAG peuvent être utilisés pour souder des tôles. Le procédé TIG est généralement utilisé pour les faibles épaisseurs, inférieures à 3 mm. Lors du soudage MIG/MAG, vous pouvez utiliser différents modes de transfert.

Préparation des tôles avant soudage :

- à coupe droite
- exemptes de bavures
- propres et dégraissées
- exemptes d'oxydes

Lors de la soudure des tôles, il faut toujours s'assurer de l'accostage du joint de soudure. Les tôles doivent être maintenues dans l'alignement en étant bridées. Soudez des points à intervalles de 50 mm sur la longueur de la tôle. Lors d'une soudure bout à bout et lorsqu'une pénétration est nécessaire, laissez un écartement égal à 50% de l'épaisseur de la tôle avant soudage.

Les types de joints les plus courants sont les suivants :

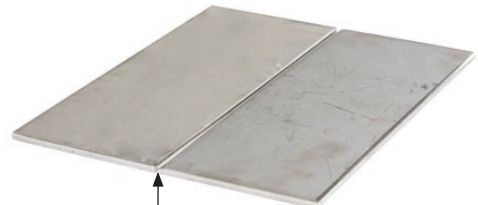
## Soudure d'angle (PB)



## Soudure d'angle extérieur

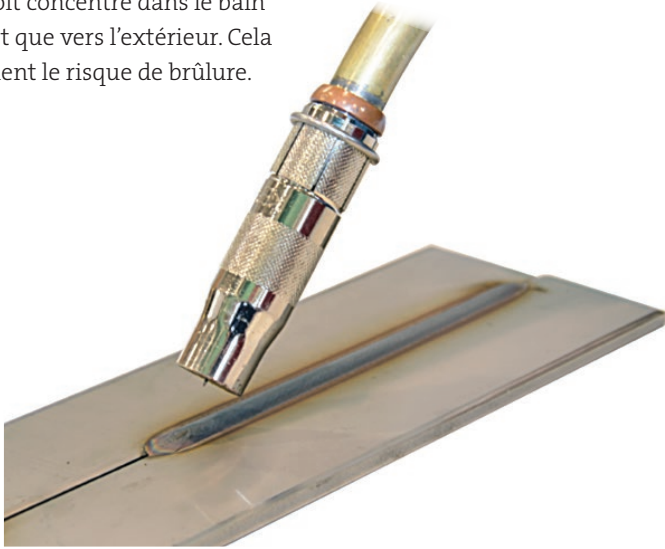


## Soudure bout à bout (PA)

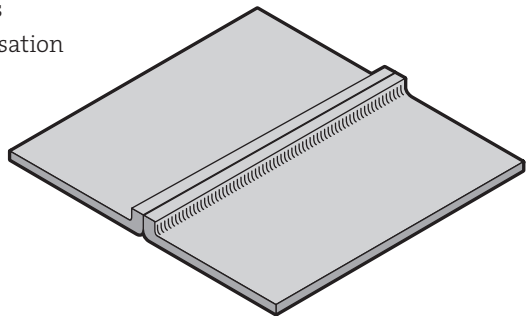


Écartement inférieur à la moitié de l'épaisseur de la tôle

Pour tous les types de joints, utilisez la même technique en poussant la torche. Le fil doit être dirigé au centre du joint et votre posture doit être ajustée de façon à ce que l'arc soit concentré dans le bain de fusion plutôt que vers l'extérieur. Cela réduira également le risque de brûlure.



Les tôles de moins de 1 mm d'épaisseur doivent être soudées en TIG. Les joints bout à bout peuvent être soudés sans écartement, ne nécessitant pas l'utilisation d'un métal d'apport.



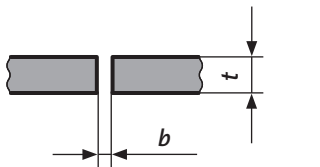
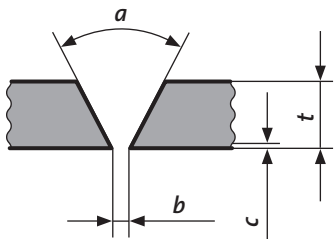
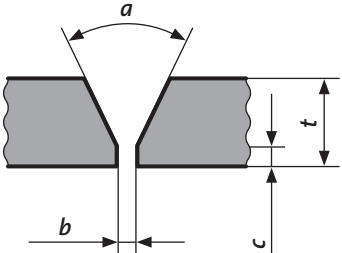
# Soudure de tôles de moyennes et fortes épaisseurs

Les deux procédés TIG et MIG/MAG peuvent être utilisés pour souder des tôles. Le procédé MIG/MAG est utilisé pour des épaisseurs supérieures à 3 mm. Pour les tôles jusqu'à 6 mm d'épaisseur, la préparation des bords peut s'effectuer sans chanfrein. A partir de 6 mm d'épaisseur, une préparation des bords avec chanfrein en V ou X (photo page 25) est nécessaire, ce qui requiert plusieurs passes de remplissage.

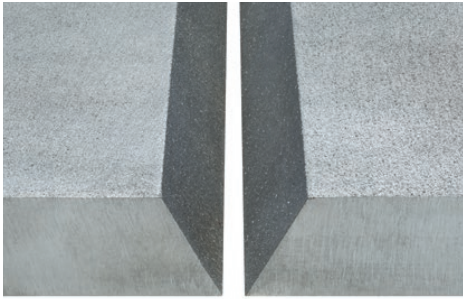
Les deux procédés TIG et MIG/MAG sont couramment utilisés : le TIG, pour la première passe de pénétration ; et le MIG/MAG, pour les passes de remplissage.

La pulvérisation axiale (Spray Arc) est très productive. Elle est utilisée pour les joints bout à bout en position à plat (PA) et pour les soudures d'angle en position horizontale (PB).

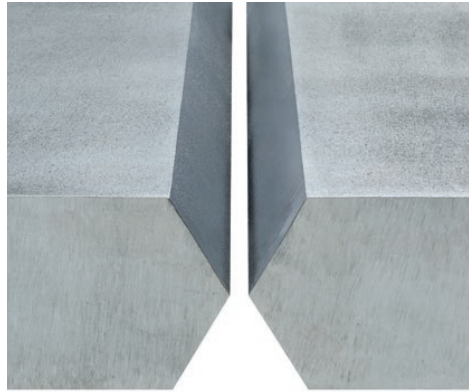
**Recommandé pour la préparation des soudures bout à bout en acier carbone et acier inoxydable**

	Epaisseur (t)	Angle <sup>a</sup> a, β	Ecartement <sup>b</sup> b (mm)	Epaisseur du talon c (mm)
	Jusqu'à 6 mm	—	~t	—
	4 à 12 mm	$40^\circ \leq a \leq 60^\circ$	≤ 4	≤ 2
	5 à 40 mm	a ≈ 60°	1 ≤ b ≤ 4	2 ≤ c ≤ 4

## Chanfrein en V



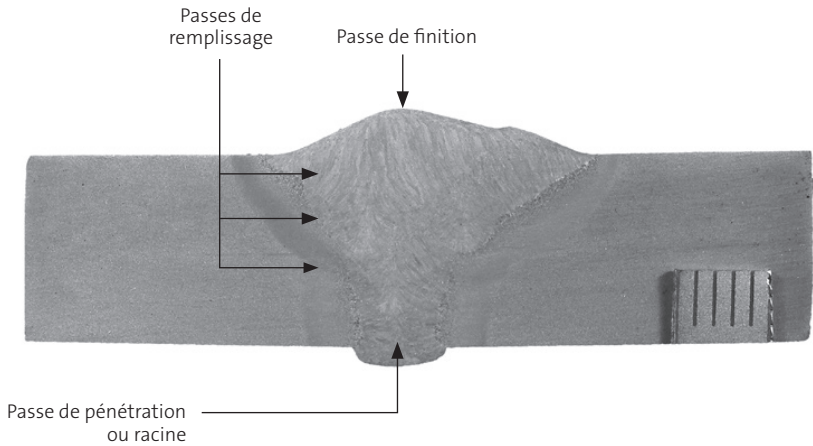
## Chanfrein en X



Les recommandations pour la préparation de la soudure de l'aluminium et de ses alliages peuvent être référencées dans l'ISO 9692-3 "Soudage et techniques connexes — Types de préparation des joints — Partie 3 : soudage TIG et MIG de l'aluminium et de ses alliages."

Section transversale	Epaisseur (t)	Angle <sup>a</sup> $a, \beta$	Ecartement <sup>b</sup> $b$ (mm)	Epaisseur du talon $c$ (mm)	Epaisseur du prép. $h$ (mm)
	> 12mm	$40^\circ \leq a \leq 60^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	$\leq 2$	$\approx t/2$
		$40^\circ \leq a1 \leq 60^\circ$ $40^\circ \leq a2 \leq 60^\circ$			$\approx t/3$

Le nombre de passes de remplissage dépend de l'épaisseur.



La passe de pénétration en court-circuit ou le régime pulsé rend le contrôle du bain de fusion plus facile.

Par ailleurs, la passe de pénétration peut être soutenue par une latte support en céramique, retirée après la soudure.

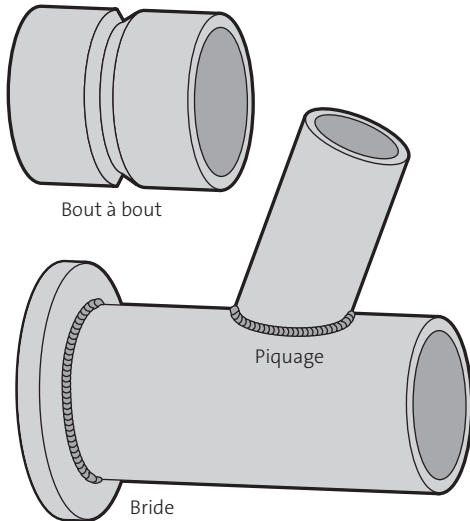
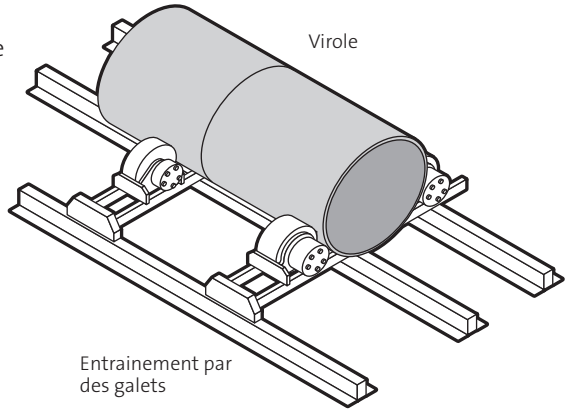
Celle-ci peut être réalisée avec le procédé MIG/MAG ou TIG.

# Soudage de tubes et de tuyauterie

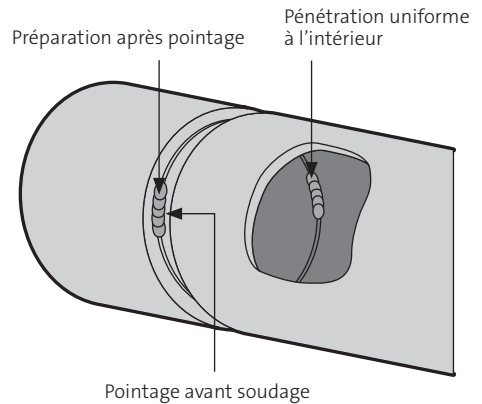
Il existe deux principaux types de soudure utilisés :

- bout à bout
- angle (piquage ou bride)

La tuyauterie ou le tube doit être, si possible, placé dans un vireur électrique en rotation afin que la soudure soit faite en position horizontale (PA, voir page 8) permettant ainsi un soudage plus adapté.

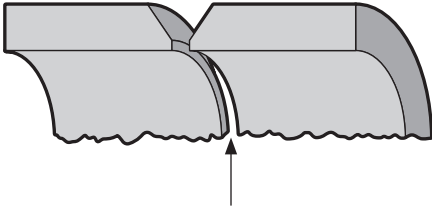


Avant de souder, les tubes peuvent être pointés pour maintenir l'alignement.



La passe de pénétration peut être réalisée en TIG ou MIG/MAG avec un courant pulsé et le tube peut être rempli d'un gaz de protection envers (voir page 21) ou avec une latte support.

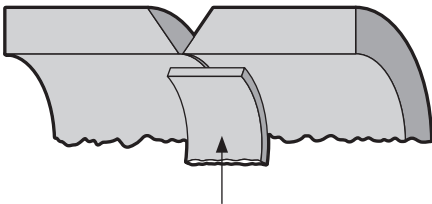
### Sans support envers



Ecartement du joint à souder uniforme

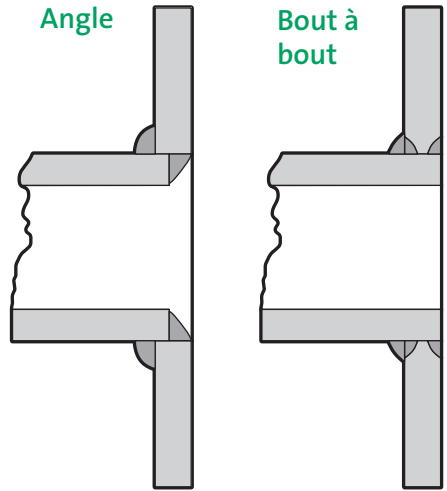
La préparation des joints peut être choisie conformément au tableau d'orientation présenté en page 24.

### Avec support envers

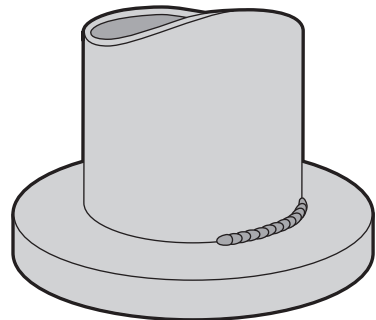


Latte support

Les joints des soudures de bride sont soit des soudures d'angle, soit des soudures bout à bout.



Lors de la soudure de bride, pour une question de facilité et de productivité, l'axe du tube doit être vertical et la bride en rotation.



Bride en rotation

# Défauts de soudure

## Porosité

La porosité peut être causée par :

- l'utilisation d'un gaz de soudage non approprié ou insuffisant
- la contamination de la préparation avant soudure ou des consommables
- la soudure sur des matériaux qui réagissent ou contiennent des gaz dissous
- des mauvais paramètres de soudage

Les méthodes de prévention sont :

- s'assurer de la propreté de la pièce. Retirer les impuretés telles que la graisse, l'huile, la peinture, la rouille, l'humidité et la saleté avant de souder
- éliminer la contamination des consommables de soudage
- choisir le bon mélange et le débit approprié du gaz de soudage
- éliminer les courants d'air
- disposer de matériaux de fournisseurs certifiés
- utiliser du métal d'apport avec suffisamment de désoxydants lors du soudage des aciers
- s'assurer que le mode d'approvisionnement en gaz de soudage ne soit pas contaminé et qu'il n'y ait pas de fuite



Pour éviter les porosités, les paramètres de soudage sélectionnés qui génèrent une fluidité dans le bain de fusion doivent être suffisants afin que les gaz ne soient pas enfermés.

Cela est important lors du soudage :

- soudures d'angles
- soudures bout à bout



# Manque de fusion/de pénétration

## Causes :

Cela se produit lorsque l'arc ne parvient pas à faire fondre le matériau de base. Elle peut être causée par un mauvais alignement des bords du joint, par une avance de soudage trop rapide ou par un mauvais réglage des paramètres.

C'est un problème commun lors de la soudure des matériaux à haute conductivité thermique, par exemple : l'aluminium et le cuivre.

**En fonction de l'emplacement précis du joint soudé, ce défaut est souvent caractérisé comme suit :**

- manque de fusion latérale (collage)
- manque de fusion entre les matériaux (collage)
- manque de pénétration

## Méthodes de prévention :

- maintenir l'angle de la torche correctement
- régler les paramètres de soudage afin d'éviter l'instabilité de l'arc dans le bain de fusion
- s'assurer que les bords des joints soient exempts d'excès de calamine
- modifier la conception du joint si nécessaire
- s'assurer du bon choix du gaz de soudage

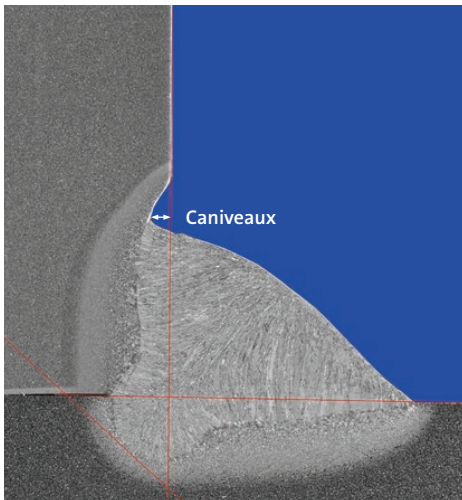
# Caniveaux

## Causes :

Le matériau de base est fondu par l'arc et un caniveau apparaît sous forme de rainure sur les bords du cordon de soudure. Il est souvent présent sous forme d'une discontinuité en pied de cordon, qui constitue un défaut s'il dépasse les limites spécifiées selon les normes en vigueur.

## Méthodes de prévention :

- réduire la vitesse de déplacement
- réduire la tension d'arc
- réduire l'intensité du soudage
- maintenir l'angle de la torche correctement
- s'assurer du bon choix du gaz de soudage



# Projections

## Causes :

Les projections sont causées par l'instabilité de l'arc au cours du transfert de métal, ce qui provoque l'expulsion de gouttelettes de métal (grattons) en fusion au niveau de l'arc.

## Méthodes de prévention :

- optimiser les paramètres de soudage en accordant une attention particulière à la tension d'arc
- s'assurer du bon choix du gaz de soudage
- s'assurer que l'équipement de soudage est en bon état
- s'assurer que le joint est propre et exempt d'excès de calamine et de scories
- maintenir l'angle de la torche correctement (technique de poussée)



# Fissures de solidification

## Causes :

Le liquide du bain de fusion se contracte lorsqu'il se solidifie pour former un cordon de soudure. La solidification commence depuis l'extérieur du bain de fusion et progresse vers l'axe central. Les fissures de solidification se produisent lors de la dernière étape de refroidissement, lorsque le liquide du bain de fusion n'a pas assez de résistances, générant ainsi des concentrations de contraintes dans le matériau.

## Méthodes de prévention :

- **Composition du bain de fusion** – les impuretés, comme le soufre et le phosphore, favorisent la formation d'oxyde avec des températures de fusion faibles et doivent donc être réduites au minimum. Des alliages de manganèse, de silicium et de nickel peuvent aider à réduire ce risque.
- **Forme du cordon de soudure** –
  - utiliser des conditions de soudure qui produisent un ratio profondeur/largeur de l'ordre de 0,5 - 0,8.
  - réaliser une soudure légèrement convexe.
  - éviter de trop grands écartements entre les passes de remplissage.
  - utiliser des mélanges de gaz de soudage haute performance contenant de l'hélium.
- **Vitesse de soudage** – Une vitesse de soudage excessive produit un bain de fusion important, ce qui peut accroître le risque de fissuration.

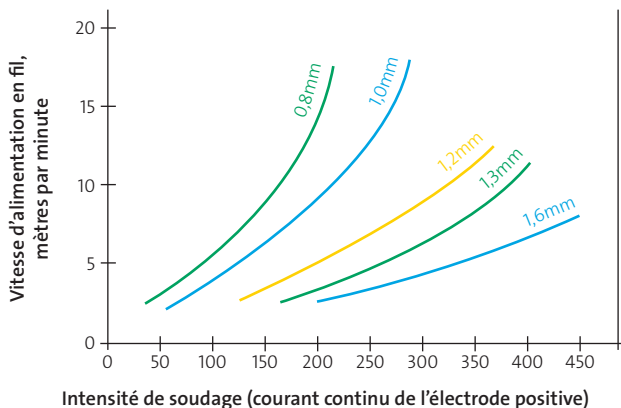
# Paramètres utiles pour le soudage MIG/MAG

## Les plages de courant optimales pour le fil d'acier solide

Diamètre du fil (mm)	Intensité de soudage (A)	
	Min	Max
0,8	60	200
1,0	80	300
1,2	120	380
1,4	150	420
1,6	225	550
2,0	300	650

## Poids au mètre du fil

Diamètre du fil (mm)	Poids au mètre du fil (g)	
	Acier au carbone et acier inoxydable	Aluminium
0,8	3,9	1,35
1,0	5,6	2,08
1,2	8,7	3,01
1,4	11,9	4,11
1,6	15,5	5,36
2,0	24,2	8,37



# Paramètres types pour le soudage MAG de l'acier au carbone et de l'acier au carbone-manganèse (135)

Les tableaux suivants résument les Spécifications de Procédures de Soudage (WPS) et dossiers de qualification de procédures de soudage (WPQR) disponibles pour les utilisateurs de la gamme de gaz Maxx® d'Air Products. **L'autorisation d'utiliser ces procédures standards suivant la norme ISO 15612-1 peut être obtenue via votre spécialiste application soudage d'Air Products.**

## Tableau WPQR WPS ; soudage MAG (135)

Matériau : Acier au carbone ; s355J2 ; groupe de matériaux 1.2 selon ISO 15608 ;

Fil ; G42 4 M2 3Si1 - ISO EN 14341-A

## Soudures bout à bout en position à plat (PA)

Épaisseur de la tôle (mm)	Diamètre du fil (mm)	Intensité de soudage (A)	Tension d'arc (V)	Vitesse de soudage (cm/min)	Gaz de soudage
1	1,0	50 – 60	14,5 – 15,5	35 – 40	Ferromaxx® 7
2	1,0	105 – 115	16,5 – 17,5	30 – 35	Ferromaxx® 7
3	1,0	100 – 110	17 – 18	20 – 25	Ferromaxx® 7
12 (racine)	1,0	100 – 110	17 – 19	12 – 14	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15
12 (couche 2-n)	1,0	250 – 270	29 – 31	30 – 35	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15

## Soudures d'angles dans la position PB

Épaisseur de la tôle (mm)	Taille de la gorge (sl/ml) (mm)	Diamètre du fil (mm)	Intensité de soudage (A)	Tension d'arc (V)	Vitesse de soudage (cm/min)	Gaz de soudage
1	2 (sl)	0,8	60 – 70	16 – 17	30 – 35	Ferromaxx® 7
6	4 (sl)	1,0	240 – 250	28 – 30	35 – 40	Ferromaxx® 7
10	5 (sl)	1,0	255 – 265	29 – 31	30 – 35	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15
10	5 (sl)	1,2	275 – 285	29 – 31	30 – 35	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15
10	7 (ml)	1,0	240 – 250	28 – 30	40 – 50	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15
10	7 (ml)	1,2	275 – 285	29 – 31	35 – 40	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15
30	15 (ml)	1,0	240 – 250	28 – 30	35 – 40	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15
30	15 (ml)	1,2	290 – 310	29 – 31	35 – 40	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15

# Paramètres types pour le soudage MIG/MAG avec fils solides

## Joint bout à bout en position à plat PA

### Acier au carbone - Ferromaxx® Plus / Ferromaxx® 15

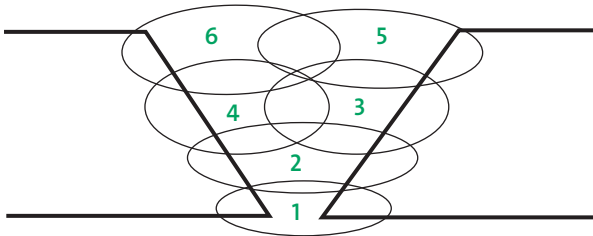
Passes	Diamètre du fil (mm)	Intensité de soudage (A)	Tension d'arc (V)	Vitesse d'alimentation du fil (m/min)
Pénétration	1	100 – 110	17 – 19	3,5 – 4,0
2 - n	1,2	290 – 310	29 – 31	9,5 – 10,5

### Acier inoxydable - Inomaxx® Plus

Passes	Diamètre du fil (mm)	Intensité de soudage (A)	Tension d'arc (V)	Vitesse d'alimentation du fil (m/min)
Pénétration	1	100 – 110	17 – 19	3,5 – 4,0
2 - n	1	210 – 220	25 – 27	13 – 14

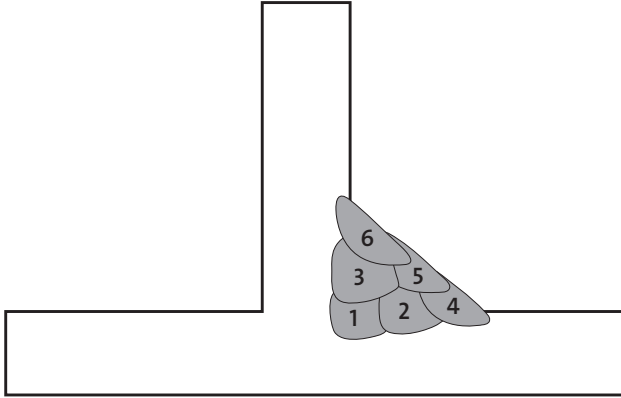
### Aluminium - Alumaxx® Plus ; angle de 90°- 110°, 1-2 mm pour la passe de pénétration ; sans écartement

Passes	Diamètre du fil (mm)	Intensité de soudage (A)	Tension d'arc (V)	Vitesse d'alimentation du fil (m/min)
Pénétration (pulsé)	1,2	230 – 240	24 – 25	14 – 15
2 - n (pulsé)	1,2	235 – 245	25 – 26	14 – 15

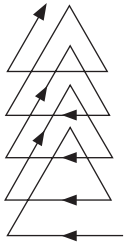


## Soudures d'angle en position PB

Taille de la gorge (mm)	Diamètre du fil (mm)	Intensité de soudage (A)	Tension d'arc (V)	Nombre de passes
5	1,2	275 – 285	29 – 31	1
7	1,2	275 – 285	29 – 31	3
15	1,2	290 – 310	29 – 31	10



## Soudures bout à bout et d'angles en position verticale montante PF

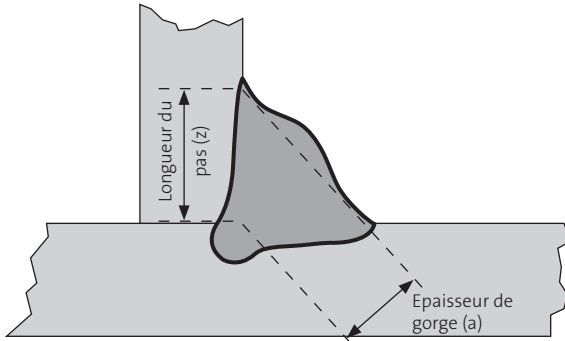


Utilisez la méthode triangulaire

Assurez la fusion à la racine

Longueur du pas (z)	Diamètre du fil (mm)	Intensité de soudage (A)	Tension d'arc (V)	Nombre de passes
6	1,0	80 – 95	17 – 18	1
10	1,0	70 – 180	19 – 20	1
12 <sup>(1)</sup>	1,0	80 – 95	17 – 18	2
12 <sup>(2)</sup>	1,0	70 – 180	19 – 20	2

La taille d'une soudure d'angle est définie par l'épaisseur de la gorge (a) ou par la longueur du pas (z).



La relation idéale entre l'épaisseur de la gorge et la longueur du pas est donnée par la formule suivante et est indiquée dans le tableau ci-dessous.  $z = \sqrt{2} \times a$ .

a-taille (mm)	z-taille (mm)	Surface de soudure (mm <sup>2</sup> )
2	2,8	4,0
2,5	3,5	6,3
3	4,2	9,0
3,5	4,9	12,3
4	5,7	16,0
5	7,1	25,0
6	8,5	36,0



# Paramètres de soudage types pour tous les fils fourrés rutilés tôle en acier - gaz de soudage Ferromaxx® 15 et Ferromaxx® Plus ; débit de gaz 18-20 l/min.

## Soudures bout à bout - position PA - angles de préparation de 50-60° et écartement jusqu'à 4 mm et lattes support en céramique

Passes	Diamètre du fil (mm)	Intensité de soudage (A)	Tension d'arc (V)	Vitesse d'alimentation du fil (m/min)
Pénétration	1,2	220 – 240	22 – 24	7,5 – 8,0
2 - n	1,2	260 – 280	25 – 27	9,5 – 10,0

## Soudures bout à bout - position verticale montante (PF) Angle de préparation de 50-60° et écartement jusqu'à 4 mm

Passes	Diamètre du fil (mm)	Intensité de soudage (A)	Tension d'arc (V)	Vitesse d'alimentation du fil (m/min)
Pénétration	1,2	150 – 170	21 – 23	5,0 – 5,5
2 - n	1,2	210 – 230	24 – 26	7,5 – 8,0

## Soudures d'angles - position PB en multicouche

Passes	Diamètre du fil (mm)	Intensité de soudage (A)	Tension d'arc (V)	Vitesse d'alimentation du fil (m/min)
Pénétration	1,2	250 – 270	26 – 28	10,0 – 10,5
2 - n	1,2	230 – 250	25 – 27	9,5 – 10,0

# Plages d'intensité pour le soudage MAG de fil fourré en acier

## Flux de base

Diamètre du fil (mm)	Intensité de soudage (A)	
	Min	Max
1,0	100	230
1,2	120	300
1,4	130	350
1,6	140	400
2,4	250	500

## Tous les fils fourrés rutiles

Diamètre du fil (mm)	Intensité de soudage (A)	
	Min	Max
1,2	150	350
1,4	150	350
1,6	150	450

## Fils fourrés métalliques

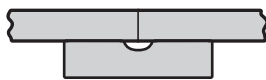
Diamètre du fil (mm)	Intensité de soudage (A)	
	Min	Max
1,2	100	360
1,4	150	380
1,6	150	450

Les fils fourrés d'un diamètre supérieur à 2,4 mm ne sont pas couramment utilisés pour le soudage manuel.

# Données utiles pour le soudage TIG

## Conditions types pour le soudage TIG avec un courant continu ou alternatif non pulsé

### Soudures bout à bout (position PA)



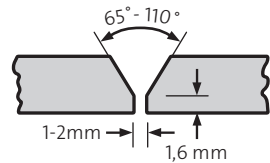
Latte support

Jusqu'à 3,2 mm



Sans écartement

Jusqu'à 3,2 mm



4,8 mm et plus

Épaisseur du métal (mm)	Diamètre des électrodes (mm)	Diamètre du métal d'apport (mm)	Courant de soudage (A)	Débit de gaz de protection (l/min)
1,6	2,4	1,6	60 – 70	6
3,2	3,2	2,4	125 – 145	7
4,8	4,0	3,2	180 – 220	10
6,0	4,8	4,8	235 – 275	12

### Aluminium - courant alternatif - électrode au zirconium

Épaisseur du métal (mm)	Diamètre des électrodes (mm)	Diamètre du métal d'apport (mm)	Courant de soudage (A)	Débit de gaz de protection (l/min)
1,6	1,6	1,6	60 – 70	5
3,2	2,4	2,4	70 – 95	6
4,8	2,4	3,2	100 – 120	7
6,0	3,2	4,0	135 – 160	8

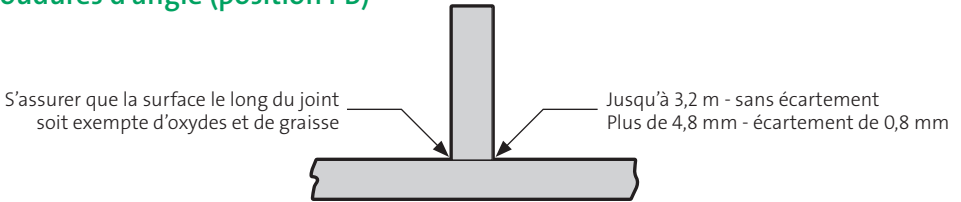
### Acier inoxydable - courant continu - électrode négative - électrodes au lanthane

Épaisseur du métal (mm)	Diamètre des électrodes (mm)	Diamètre du métal d'apport (mm)	Courant de soudage (A)	Débit de gaz de protection (l/min)
1,6	1,6	1,6	60 – 70	5
3,2	2,4	2,4	75 – 95	6
4,8	2,4	3,2	110 – 130	7
6,0	3,2	4,8	155 – 175	8

### Acier au carbone - courant continu - électrode négative - électrodes au lanthane

# Conditions types pour le soudage TIG avec un courant continu ou alternatif non pulsé

## Soudures d'angle (position PB)



Épaisseur du métal (mm)	Diamètre des électrodes (mm)	Diamètre du métal d'apport (mm)	Courant de soudage (A)	Débit de gaz de protection (l/min)
1,6	2,4	1,6	60 – 80	5
3,2	3,2	2,4	125 – 145	6
4,8	3,2 ou 4,0	3,2	195 – 230	7
6,0	4,0 ou 4,8	4,8	260 – 295	10

## Aluminium - courant alternatif - électrode au zirconium

Épaisseur du métal (mm)	Diamètre des électrodes (mm)	Diamètre du métal d'apport (mm)	Courant de soudage (A)	Débit de gaz de protection (l/min)
1,6	1,6	1,6	50 – 70	5
3,2	2,4	2,4	85 – 105	5
4,8	2,4	3,2	120 – 145	6
6,0	3,2	4,0	165 – 180	7

## Acier inoxydable - courant continu - électrode négative - électrodes au lanthane

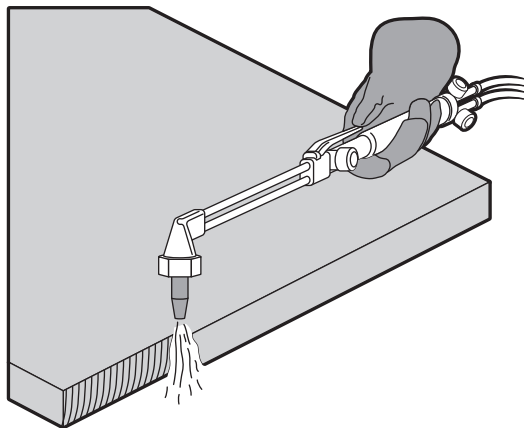
Épaisseur du métal (mm)	Diamètre des électrodes (mm)	Diamètre du métal d'apport (mm)	Courant de soudage (A)	Débit de gaz de protection (l/min)
1,6	1,6	1,6	50 – 70	5
3,2	2,4	2,4	90 – 120	5
4,8	2,4	3,2	135 – 175	6
6,0	3,2	4,8	170 – 200	7

## Acier au carbone - courant continu - électrode négative - électrodes au lanthane

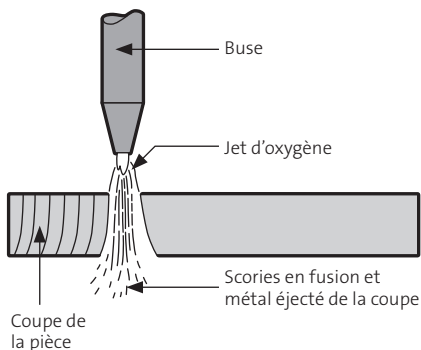
# Procédés d'oxycoupage

L'oxygène, combiné avec un gaz combustible tel que l'acétylène ou le propane, peut être utilisé pour de nombreux procédés incluant le soudage, le coupage et le brasage. Seul le gaz combustible à base d'acétylène est adapté pour le soudage. Ce procédé est facilement transportable, polyvalent, sûr et facile à mettre en oeuvre. Cependant, il doit être utilisé par du personnel formé.

Lors du coupage, tous les gaz de combustion peuvent être utilisés avec l'oxygène pour couper des métaux ferreux. Le procédé peut être automatisé afin d'accroître la productivité et la précision de la coupe. L'acétylène est le seul gaz combustible couramment utilisé permettant différentes configurations des bords dans la préparation des chanfreins sur les plaques et tubes. Toute préparation des bords nécessite le meulage de la surface de coupe avant le soudage pour éliminer la couche d'oxyde.



Le découpage repose sur une réaction chimique entre l'oxygène et le fer dans l'acier. Une flamme préchauffée est utilisée pour augmenter la température de la surface du métal jusqu'à l'atteinte de la température à laquelle la réaction a lieu. La chaleur issue de la réaction fait fondre le métal qui est éjecté de la coupe par un jet d'oxygène.



# Équipement

Le matériel indispensable pour le coupage est détaillé ci-dessous :



**Il est essentiel que l'équipement de sécurité présenté soit installé, testé et régulièrement entretenu conformément aux normes nationales. N'hésitez pas à consulter notre site internet : [airproducts.fr](http://airproducts.fr)**

# Sécurité pour l'utilisation de l'oxygène/acétylène

## Toujours ...

- Fixer les bouteilles en position verticale pendant le transport, l'utilisation et dans la zone de stockage.
- Utiliser un chariot adapté pour déplacer les bouteilles.
- Rester en conformité avec les règles de sécurité relatives à l'utilisation des bouteilles d'oxygène/d'acétylène et des équipements associés.
- Port des EPI (équipements de protection individuelle) obligatoire.
- Il est interdit de transporter une bouteille d'acétylène en position horizontale. Auquel cas, assurez-vous qu'elle ait été mise en position verticale pendant au moins 24 heures avant l'utilisation.
- Utiliser un système d'allumage approprié (voir page 46).

## Assemblage et configuration initiale

- S'assurer que l'équipement est approprié. Les détendeurs des bouteilles ne doivent pas avoir plus de 5 ans à compter de la date de fabrication/dernière date de test.

- **Les détendeurs des bouteilles doivent être utilisés seulement pour leur gaz spécifié. Exemple : ne pas utiliser un détendeur propane sur l'acétylène, etc.**
- **Utiliser un raccord adapté par type de gaz.**

- Vérifier votre équipement avant toute utilisation. Pour tout dommage constaté, remplacer l'équipement défectueux.
- S'assurer que tous les équipements soient exempts d'huile et de graisse.
- Lors de l'utilisation de bouteilles standards, serrer :
  - Le détendeur au raccord de la bouteille,
  - l'anti-retour après le détendeur,
  - et brancher le tuyau correspondant au gaz spécifié.

- Tuyau bleu sur le raccord d'oxygène
- Tuyau rouge sur le raccord d'acétylène

- Lors de l'utilisation des bouteilles Integra®, il faut connecter le connecteur rapide anti-retour à la sortie de la bouteille Integra®.
- Mettre en place un anti-retour à chaque connexion sur la poignée du chalumeau et fixer les tuyaux sur les anti-retours.
- Sélectionner une buse appropriée pour le type de gaz combustible et pour l'épaisseur du matériau à couper.
- Serrer toutes les connexions avant de pressuriser le système.
- Ouvrir les robinets des deux bouteilles.

Avant d'allumer le chalumeau, purger chaque tuyau séparément pour s'assurer qu'il n'y ait que de l'oxygène ou du gaz combustible dans le tuyau concerné.



## Purge du système

- Tourner la vis de réglage de pression dans le sens horaire sur le détendeur d'oxygène pour régler la pression en sortie requise en fonction du type de buse. La pression de sortie requise est normalement fournie par le fabricant de buses.
- Ouvrir le robinet d'oxygène sur le chalumeau. La pression chutera légèrement. Régler la pression d'oxygène indiquée sur le détendeur.
- Fermer le robinet sur le chalumeau. Purger le tuyau d'oxygène.
- Répéter les étapes ci-dessus pour la bouteille de gaz combustible.
- Contrôler avant utilisation l'étanchéité de tous les joints à l'aide d'un liquide homologué de détection des fuites compatible avec l'oxygène.

**Cette opération doit être effectuée dans un endroit bien ventilé et à distance de toute source de chaleur.**

**Ne jamais ouvrir les deux robinets du chalumeau en même temps lors de la purge du système.**

Il est essentiel que le système soit purgé après chaque période de non-utilisation prolongée (voir la procédure d'extinction en page 47).

# Allumage du chalumeau

- Utiliser un grattoir à coupelle pour allumer la flamme. Les allumettes ou les briquets à gaz ne doivent pas être utilisés.



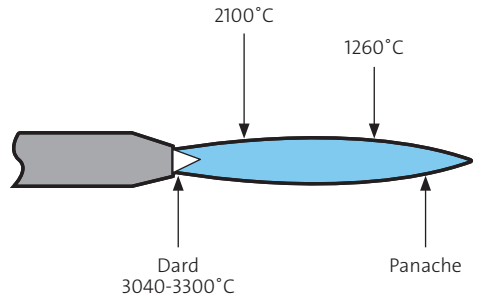
- Ouvrir d'abord lentement le robinet du chalumeau du gaz comburant.
- Ensuite, ouvrir lentement le robinet du chalumeau d'acétylène (rouge) puis enflammer le gaz, et enfin le régler jusqu'à avoir une flamme neutre.
- Vous êtes maintenant prêt à commencer le coupage.

**Dans le cas peu probable d'un retour de flamme, vous devez d'abord fermer le robinet du chalumeau d'oxygène (bleu), puis le robinet du chalumeau de gaz combustible puis refermer soigneusement les robinets des deux bouteilles.**

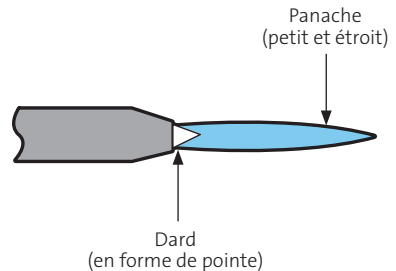
**Si de l'acétylène est utilisé, vérifier soigneusement si la bouteille dégage de la chaleur avec la paume de la main (en prenant les précautions nécessaires). Si une chaleur localisée est détectée, traiter la bouteille comme s'il y avait eu un incendie : évacuer la zone et ensuite contacter les services d'urgence pour les informer d'un cas présumé d'incendie lié à l'acétylène.**

**Pour plus d'information sur la procédure, consulter le livret sécurité.**

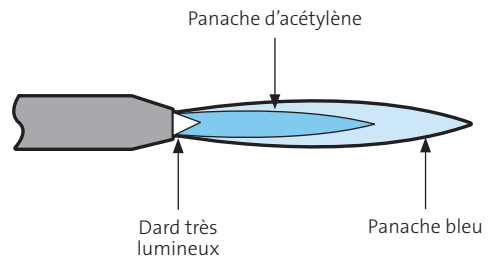
## Flamme neutre



## Flamme oxydante



## Flamme comburante



# Arrêt du chalumeau

Il y a deux éventualités pour arrêter le système, (i) un **arrêt de courte durée**, par exemple lors du repositionnement entre les coupes, etc. ou (ii) **extinction** par exemple lors d'arrêt (pause, changement de bouteille, ...).

## Arrêt de courte durée :

- Fermer le robinet du chalumeau du gaz combustible.
- Fermer le robinet du chalumeau de l'oxygène (bleu).
- Ranger les tuyaux de façon sûre et veiller à ce que la buse du chalumeau ne soit pas en contact avec l'un des tuyaux ou les systèmes de sécurité y compris les bouteilles.

## Extinction :

- Fermer le robinet du chalumeau du gaz combustible.
- Fermer le robinet du chalumeau de l'oxygène.
- Fermer les robinets des deux bouteilles.
- Ouvrir le robinet du chalumeau du gaz combustible, purger le tuyau et fermer le robinet.
- Ouvrir le robinet du chalumeau d'oxygène, purger le tuyau et fermer le robinet.

## Ne jamais ouvrir les robinets du chalumeau en même temps, pendant la purge des tuyaux.

- Tourner complètement la vis de réglage de pression dans le sens inverse des aiguilles d'une montre sur chaque détenteur de bouteille. Les détenteurs de pression doivent désormais indiquer zéro.
- Ranger les tuyaux de façon sûre et veiller à ce que le chalumeau encore chaud ne soit pas en contact avec les tuyaux et les systèmes de sécurité y compris les bouteilles.

# Bouteille Integra® d'oxygène et d'acétylène

## Protection de vanne

Empêche tout dommage accidentel et rend la bouteille plus maniable. Sécurité testée indépendamment. Dépasse les exigences de la norme EN ISO 11117. Protège tous les équipements intégrés et préserve l'accès au raccord, à la vanne d'ouverture/fermeture et aux indicateurs de niveau.

## Indicateur de niveau

Visualisation permanente du contenu restant dans la bouteille, même quand la bouteille n'est pas en cours d'utilisation !

## Détendeur intégré

Etalonné et entretenu par Air Products. Régule la pression de sortie et offre une commande variable de la pression (0-8 bar). Adapté à toutes les applications de coupage, de soudage et de brasage.

## Sortie de gaz à raccord rapide

Permet de changer la bouteille de gaz rapidement et en toute sécurité. Le dispositif de sécurité à la sortie de la vanne veille à ce que le gaz ne puisse pas s'échapper si le raccord n'est pas posé sur la vanne.

### Raccord à connexion rapide avec un dispositif de sécurité intégré

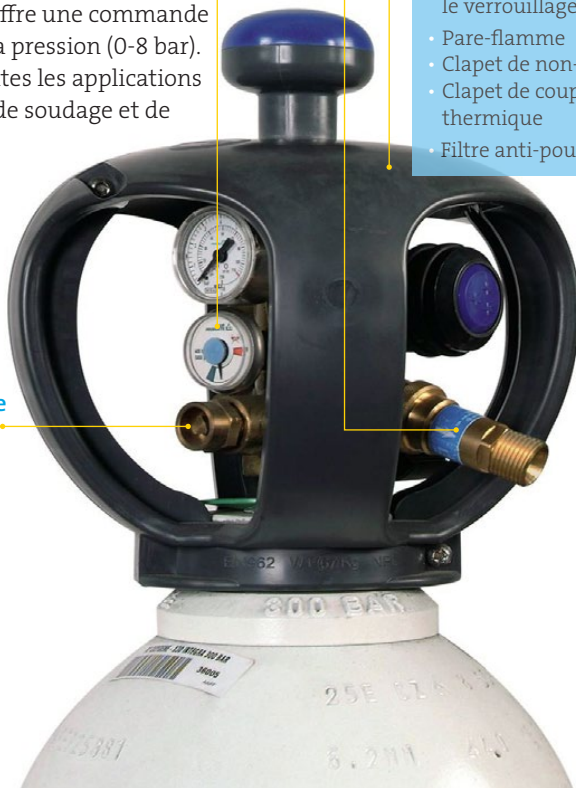
Garantit une connexion ultra sûre à chaque utilisation de la bouteille. Raccord à connexion rapide (plus besoin de clé de serrage). Dispositif supplémentaire de verrouillage/débloquage empêchant le démontage accidentel.

Dispositifs intégrés de sécurité :

- Mécanisme de sécurité pour le verrouillage/débloquage
- Pare-flamme
- Clapet de non-retour
- Clapet de coupure thermique
- Filtre anti-poussière



## Connexion de remplissage



De nombreux gaz combustibles sont disponibles tels que l'acétylène, l'éthylène, l'hydrogène, le méthane, le propane, le propylène et des mélanges. Chaque gaz a différentes caractéristiques et avantages.

Les plus courants sont :

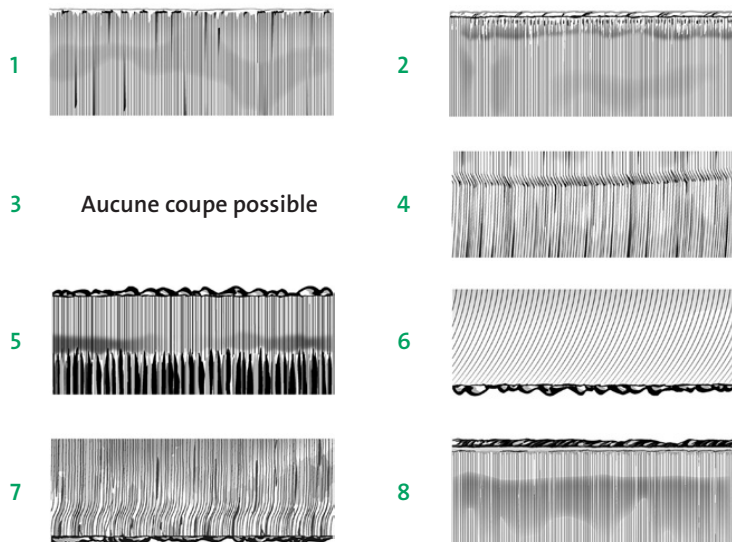
- L'acétylène est plus léger que l'air. Il est incolore et inodore à l'état pur. Cependant, l'acétylène a une légère odeur d'ail. Il est également sélectionné en raison de sa polyvalence car il convient aussi bien pour le soudage que pour le coupage.
- Le gaz de coupe Apachi® ; propylène, un gaz de pétrole liquide, qui est exclusivement disponible chez Air Products. Il est plus lourd que l'air.
- Le propane, un gaz de pétrole liquide, est également plus lourd que l'air.

### Critères de sélection de gaz combustible

Facteur pour le choix	Acétylène	Apachi	Propane
Temps de chauffe avant la coupe	•••	••	•
Vitesse de coupe	•••	••	•

••• = meilleur choix • = également adapté

# Variables essentielles pour la qualité d'une surface de coupe

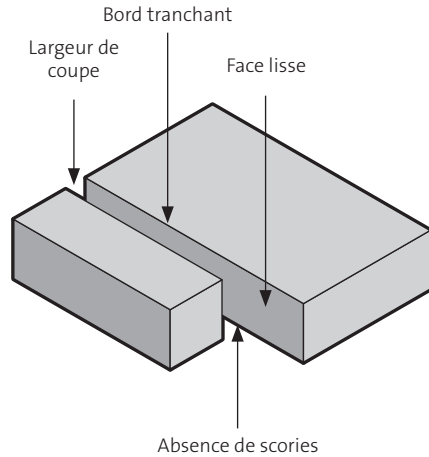


Variable	Circonstance	Impact
Distance entre la tôle et la buse	1 trop faible	bord supérieur arrondi
	2 trop élevée	création de sillons
Pression d'oxygène de coupe	3 trop faible	(pas de coupe possible)
	4 trop élevée	face irrégulière ; largeur variable
Vitesse de coupe	5 trop faible	fusion excessive ; scories adhérent à la face
	6 trop élevée	sillons ; scories sur la face inférieure
Flamme de préchauffage	7 trop faible	interruption de la coupe
	8 trop élevée	bord supérieur très bombé

## Qualité de la coupe

L'objectif est de produire une coupe avec :

- largeur de coupe
- des bords bien définis
- des faces lisses
- pas de scories adhérentes



## Techniques du procédé

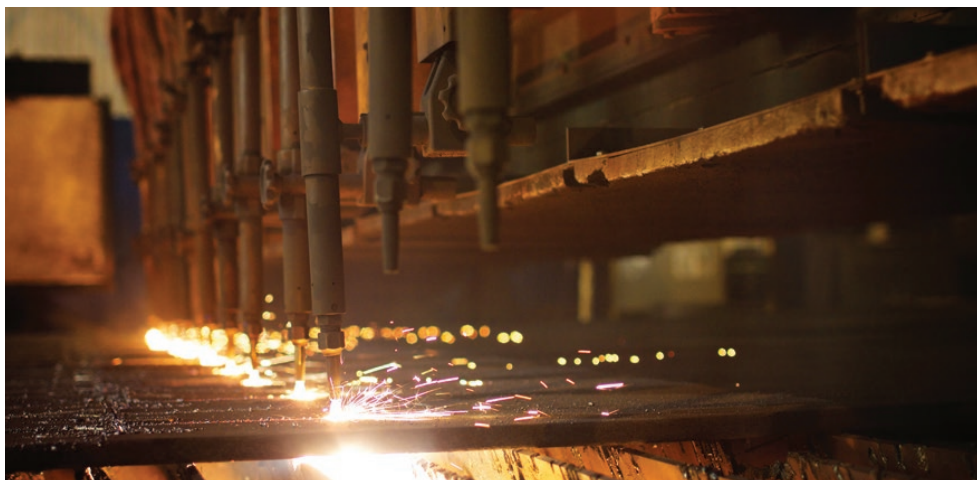
Le coupage manuel est utilisé dans de nombreux secteurs, y compris la construction et la réparation, le recyclage et le secteur automobile/la réparation et l'entretien de machines.

Il est difficile de parvenir à une coupe uniforme avec des techniques manuelles. Les variations de la vitesse de déplacement et la distance de la buse à la tôle donnent des faces de coupe irrégulières.

De meilleurs résultats peuvent être obtenus en utilisant des guides pour des lignes droites et des barres arrondies pour les cercles.

Avec des coupes de bonne qualité, les pièces doivent se séparer les unes des autres proprement.





Le coupage mécanisé produit une qualité de coupe supérieure.

Plusieurs machines de déplacement mécanisées sont disponibles.

Elles peuvent être utilisées pour préparer les bords de la tôle avant le soudage.

Plusieurs coupes peuvent être faites en même temps.





# Paramètres de fonctionnement

## Réglages pour le chalumeau

### Coupage

Taille de buse pouces	Epaisseur de la tôle mm	Pression d'acétylène bar	Pression d'oxygène bar
1/32	Entre 3,0 et 6,0	0,15	Entre 1,5 et 2,0
3/64	6.0 - 20.0	0,15	Entre 2,0 et 3,0
1/16	20.0 - 75.0	Entre 0,15 et 0,2	Entre 3,0 et 4,0

### Soudage et brasage

Taille de buse Numéro	Epaisseur de la tôle mm	Pression d'acétylène bar	Pression d'oxygène bar
1	0,9	0,15	0,15
2	1,2	0,15	0,15
3	2,0	0,15	0,15
5	2,6	0,15	0,15
7	3,2	0,15	0,15
10	4,0	0,2	0,2
13	5,0	0,3	0,3
18	6,5	0,3	0,3
25	8,0	0,4	0,4
35	10,0	0,6	0,6

Pour la coupe manuelle, il est recommandé d'utiliser des chalumeaux à buses mixtes puisqu'ils réduisent considérablement le risque d'interception.

Un chalumeau à injection est généralement utilisé lors de la coupe mécanisée ou réalisée par une machine.

## Chalumeaux à injection

### Coupage

Epaisseur de la plaque mm	Pression d'acétylène bar	Pression d'oxygène bar
3,0 - 10,0	0,5	2,0 - 3,0
10,0 - 25,0	0,5	3,0 - 4,0
25,0 - 75,0	0,5	4,0 - 5,5

### Soudage et brasage

Epaisseur de la plaque mm	Pression d'acétylène bar	Pression d'oxygène bar
0,5 - 1,0	0,2 - 0,25	2,5
1,0 - 2,0	0,2 - 0,25	2,5
2,0 - 4,0	0,2 - 0,25	2,5
3,0 - 5,0	0,2 - 0,25	2,5
4,0 - 6,0	0,2 - 0,25	2,5
6,0 - 9,0	0,2 - 0,25	2,5
9,0 - 14,0	0,2 - 0,25	2,5

\* Les informations figurant dans ce document sont à titre indicatif.  
Les recommandations des fabricants de chalumeaux et/ou de buses devraient également être consultées. Veuillez noter que les recommandations peuvent varier selon les fabricants.

.....

**Pour plus d'informations :**

**Air Products SAS**

45 Avenue Victor Hugo  
Bâtiment 270 Parc des Portes de Paris  
93300 AUBERVILLIERS  
France  
T. 0800-480-030  
E. [frinfo@airproducts.com](mailto:frinfo@airproducts.com)



**tell me more\***  
[airproducts.fr/Products/Gases/  
WeldingCutting-Gases.aspx](https://airproducts.fr/Products/Gases/WeldingCutting-Gases.aspx)

\*pour en savoir plus

Ferromaxx®, Inomaxx®, Alumaxx®, Apachi+®  
sont des marques déposées d'Air Products and Chemicals, Inc.