

Le Guide de l'atelier

Soudure – Perçage – Découpe
Conseil généraux en atelier

www.latelierpaysan.org

forum.latelierpaysan.org

Tables des matières

Tables des matières	2
I. Introduction.....	3
II. Soudage à l'arc.....	3
a. Principe.....	3
b. Amorçage et entretien de l'arc	4
c. Réglage de l'intensité :	4
d. Polarité	4
e. Préparation.....	5
f. Pointage	5
g. Position de l'électrode	5
h. Contrôle de la soudure.....	6
i. Sécurité	7
j. Nettoyer son cordon	7
III. Le perçage	7
a. Les différentes perceuses	7
b. Les types de forets	8
c. Le foret	8
d. Montage du foret	9
e. Vitesse de rotation	10
f. Préparation du perçage.....	10
g. La lubrification.....	10
h. Le taraudage.....	11
i. Sécurité	11
IV. Conseils généraux en atelier.....	12
a. Le traçage	12
b. La découpe	12
c. Le Perçage	13
d. La soudure.....	14

I. Introduction

Rédigé par l'équipe de l'Atelier Paysan, ce guide se veut un outil théorique à destination des autoconstructeurs.

Non exhaustif, c'est néanmoins une base essentielle à assimiler pour acquérir des compétences en travail du métal. Vous trouverez les notions permettant d'avoir un premier regard sur les technologies et les phénomènes physiques qui interviennent lors du soudage, du perçage, de la découpe...

Il est essentiel de garder en tête les bases théoriques lors de vos travaux. Cependant, rien ne vaut l'observation et la pratique une fois que vous avez acquis les notions théoriques. Lors de vos travaux, tentez de vous poser les questions justes quand tout ne fonctionne pas comme la théorie le voudrait. Beaucoup de paramètres entrent en jeu sur un chantier : la météo, l'état du matériel, l'état de surface des métaux...

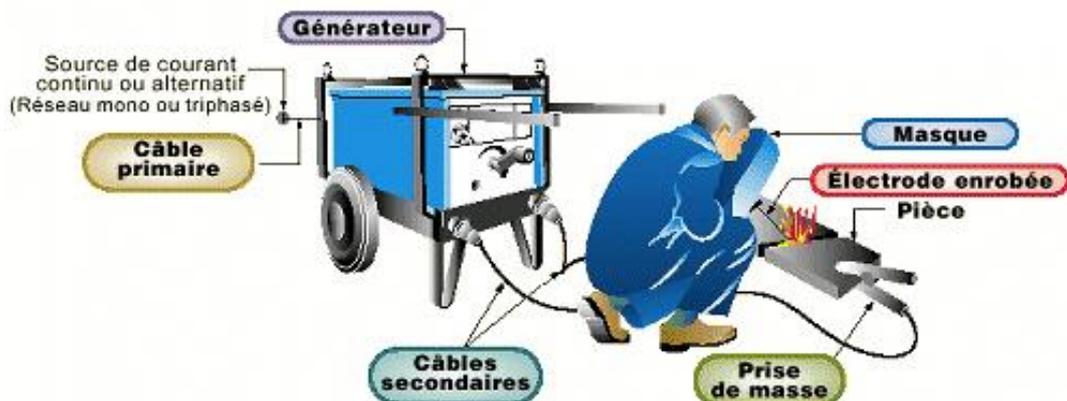
Vous avez les bases théoriques, nos stages vous initient à la pratique, vous avez donc toutes les cartes en main pour vous lancer dans l'autoconstruction !

II. Soudage à l'arc

a. Principe

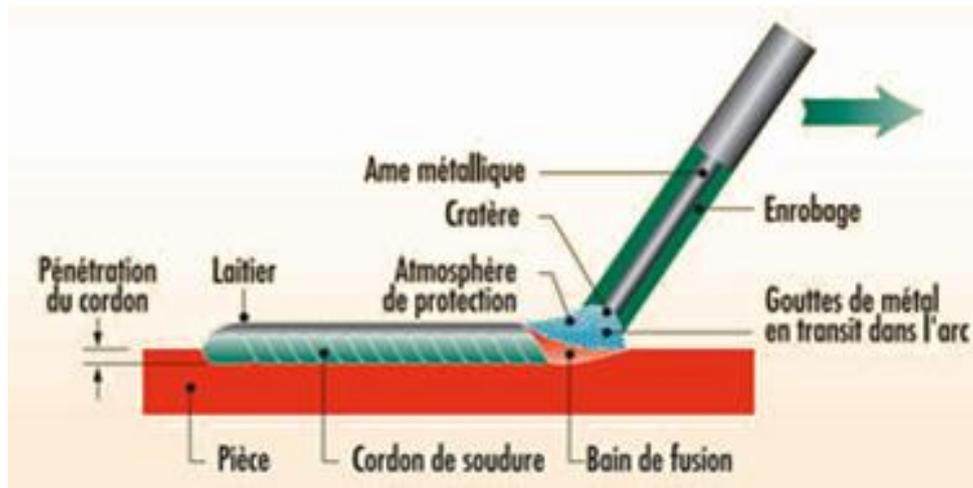
Le principe du soudage est de chauffer le métal de chaque pièce à assembler au-delà de sa température de fusion. Lors du refroidissement du bain de fusion, situé à la limite entre les deux pièces, il y aura continuité de la matière au niveau de la soudure. Les deux pièces ne feront alors qu'une.

Le soudage permet cette montée en température grâce à un **court-circuit entretenu entre les pôles + et -** du poste à souder (la pièce à souder et l'électrode enrobée), qui génère un **arc électrique** dégageant chaleur (3600 °C) et lumière intenses.



L'électrode enrobée est composée d'une **âme** qui sera le métal d'apport de la soudure, ainsi que d'un **enrobage** qui favorise le déclenchement de l'arc, **protège le bain de fusion et stabilise l'arc en se gazéifiant**. L'âme doit être faite du même métal que les pièces à assembler.

Il existe plusieurs types d'enrobages d'électrodes, leur conférant des caractéristiques et utilisations différentes. Les plus fréquentes sont les électrodes à **enrobage rutile (R)**, mais on trouve aussi des électrode à enrobages oxydant (O, belle apparence mais caractéristiques mécaniques faibles), acide (A, idem qu'oxydant, soudage de tôle mince), basique (bonnes caractéristiques technique mais étuvage impératif des électrodes).



b. Amorçage et entretien de l'arc

Pour amorcer l'arc, il suffit de **gratter la tôle avec l'électrode** en passant assez rapidement pour éviter de coller. Le collage est favorisé lorsque les électrodes sont humides ou que l'intensité est trop faible.

La stabilité de l'arc dépend de la **longueur de l'arc**, que l'on doit maintenir **le plus court possible**, et des caractéristiques du milieu et du courant.

c. Réglage de l'intensité :

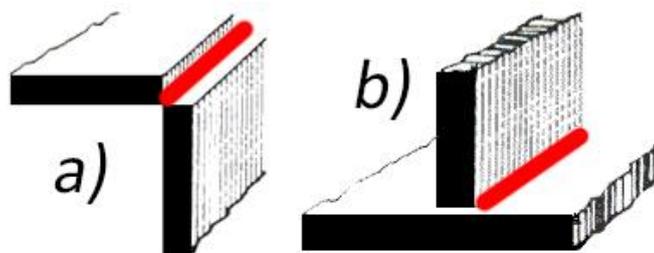
Le réglage de l'intensité dépend de **l'épaisseur des pièces à souder, du diamètre de l'électrode, de la position de soudage, du type d'assemblage,...**

Il existe des abaques pour choisir l'intensité optimale en fonction de certains de ces paramètres. En général, pour un soudage à plat, on peut se baser sur :

$$I = 50 * (\text{Diamètre}_{\text{électrode}} - 1)$$

On aura alors 110 A pour un diamètre de 3,2 mm et 75 A pour du 2,5.

Pour un soudage en angle intérieur (b) on rajoute 20%, et on enlève 20% pour un soudage en angle extérieur (a).



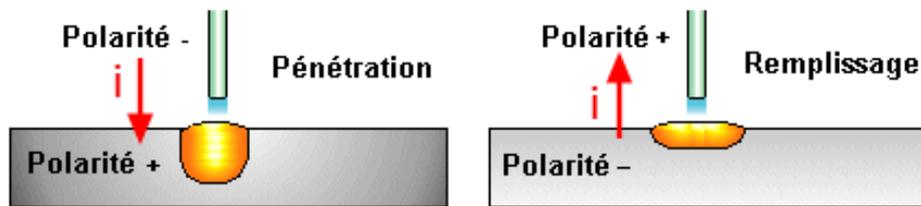
Une **intensité trop faible** provoquera un amorçage difficile, un **manque de pénétration** et une **inclusion de laitier**.

Une **intensité trop élevée** facilite l'amorçage mais la fusion de l'électrode est plus rapide, les **projections abondantes, le cordon s'effondre et l'enrobage se dégrade**.

d. Polarité

La polarité définit à quelle borne du poste est reliée l'électrode.

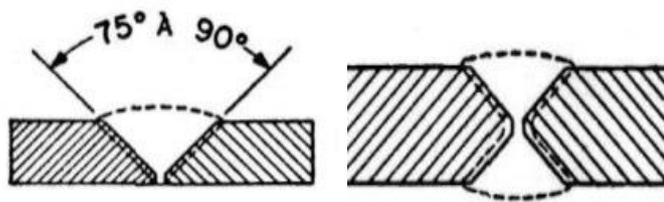
- L'électrode **est reliée au pôle négatif (polarité directe)**. Le bain de fusion est étroit est profond. Cette polarité favorise la pénétration et c'est la plus utilisée.



- L'électrode **est reliée au pôle positif** (polarité inverse). Le bain de fusion est large et peu profond, utile pour la soudure de plaque fine. L'électrode est très chaude.

e. Préparation

Avant de commencer la soudure il est préférable de **dégraisser la surface**, voire de la meuler jusqu'à ce que le métal soit apparent (dans le cas d'une surface peinte par exemple). Pour des soudures sur une **forte épaisseur il est recommandé de chanfreiner les pièces** à assembler : en V entre 4 et 15 mm d'épaisseur, et en X au-delà.

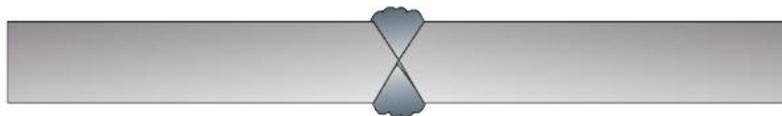


f. Pointage

Lorsque le métal se refroidit après une soudure, il se rétracte, ce qui peut alors déformer l'assemblage voulu.



Une déformation angulaire est causée par la soudure



La soudure au revers corrige cette déformation

Pour pallier à ce problème **on pointe d'abord l'assemblage** avant de faire les cordons en entier. C'est-à-dire que l'on va faire des points de soudure à différents endroits et le plus rapidement possible afin que les points précédents n'aient pas le temps de refroidir et se rétracter.

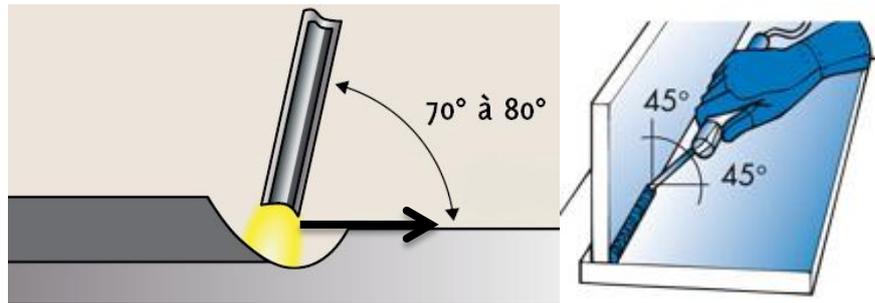
Une fois le pointage terminé **on contrôle l'assemblage** (distance, perpendicularité,...). Si la vérification est satisfaisante on peut passer aux cordons, sinon on fait sauter les points (à la meuleuse) et on recommence.

g. Position de l'électrode

La manipulation de l'électrode se définit par :

- **Les angles d'inclinaison** de l'électrode
- **La vitesse d'avancement** dans le sens du cordon
- Le mouvement oscillant autour du cordon
- La vitesse d'avancement dans le sens de l'électrode au fur et à mesure de sa fusion, qui permet de garder un arc de longueur constante (environ le diamètre de l'électrode)

Le soudeur effectue toujours son cordon **en tirant l'électrode vers soi**. L'électrode doit former un **angle d'environ 70°** avec le plan de la soudure. Cet angle évite l'inclusion de laitier dans le bain de fusion, qui aurait lieu avec un angle plus grand. Avec un angle plus petit, l'arc n'est plus orienté vers le métal, le bain de fusion sera superficiel et il y aura des projections.



Pour une soudure en angle, il faut que l'électrode soit au même angle des deux pièces à souder. Cependant, si une des pièces est plus épaisse que l'autre, on peut préférer diriger l'arc vers elle pour une meilleure pénétration, c'est-à-dire augmenter l'angle entre cette pièce et l'électrode.

L'électrode doit osciller dans le plan de soudure, autour de la limite entre les deux pièces à assembler. Ainsi le bain de soudure (et donc le futur cordon) s'élargit, et on s'assure une bonne continuité de la matière entre les deux pièces.

h. Contrôle de la soudure

Cordon normal	Sous-intensité	Surintensité
		
<ul style="list-style-type: none"> • Cordon harmonieux • Aspect propre et régulier • Pénétration optimale 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible pénétration • Forte surépaisseur du cordon • Inclusion de laitier • Risque de collage 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte pénétration • Formation de caniveaux • Projections métalliques • Effondrement du bain de fusion

Avance trop rapide	Avance trop lente	Arc trop long
		
<ul style="list-style-type: none"> • Mauvaise pénétration • Cordon étroit et irrégulier sous forme de stries allongées 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte pénétration • Effondrement du bain de fusion 	<ul style="list-style-type: none"> • Cordon large et plat • Aspect irrégulier • Projections fines

i. Sécurité

Radiations émises par l'arc : couvrir toutes les parties du corps, utilisez un masque de protection.

Le brûlures : utiliser des gants et vêtements épais, manipuler les pièces avec une pince.

Gaz émis par l'électrode et les pièces (vapeur nitreuse et oxydes) : système de ventilation ou d'aération.

Risque électrique faible car la tension l'est aussi. Plus de risque en condition humide et avec un genou à terre.

Champs magnétiques : placer la pince de masse au plus près de la pièce.

j. Nettoyer son cordon

Une fois le cordon terminé, il faut **enlever le laitier** qui s'est formé en surface et qui avait pour rôle de protéger le bain de fusion. Pour cela il existe un type de marteau spécial : le marteau à piquer. Ensuite un passage de brosse métallique sur le cordon permet d'évacuer les derniers morceaux de laitier.



III. Le perçage

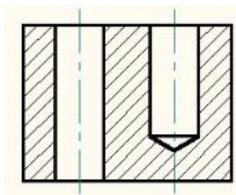
a. Les différentes perceuses

- Perceuses portatives :
 - Electriques : \varnothing_{\max} : 13 mm, montage possible sur support pour perçage droit

- Pneumatiques : \varnothing max : 13 mm
- Electro-magnétiques : \varnothing max. 30 mm, fixation sur la pièce à percer
- Perceuses à colonne : \varnothing max. 50 mm
 - Sensitives
 - A avance automatique
 - Radiales

b. Les types de forets

- Les forets hélicoïdaux



- Les forets à centrer



- Les fraises à chanfreiner



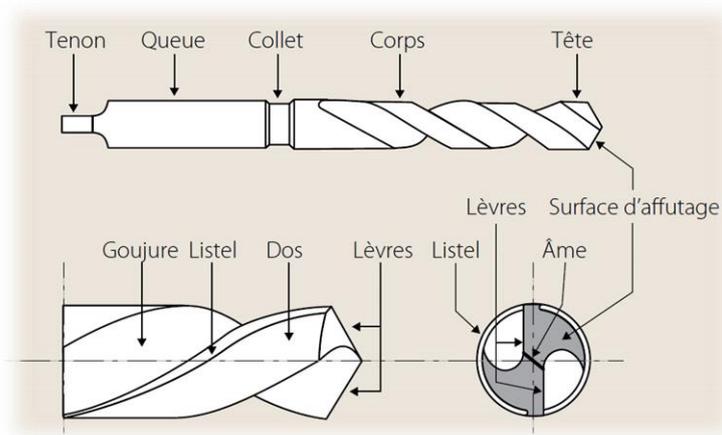
- Les fraises à lamer



c. Le foret

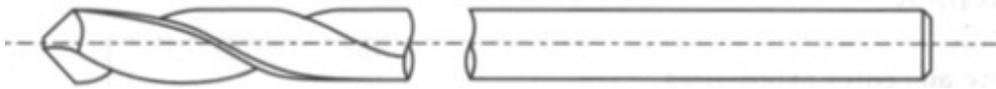
Un foret se définit par :

- Sa **forme**, selon le type de matière à percer (acier, béton, bois, verre)
- Sa **matière** : déterminant la qualité du foret
ARO : Acier Rapide Ordinaire
ARS : Acier Rapide Supérieur, (HSS = ARS)
- Son **diamètre**
- Son type de **queue**



Les queues de foret

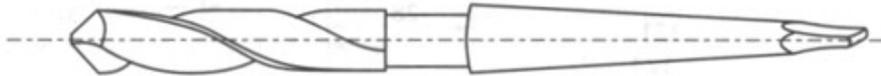
- Cylindrique : diamètre inférieur à 13mm



- Réduite : diamètre entre 13 et 35 mm

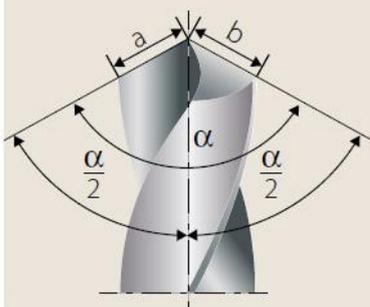


- conique : diamètre supérieur à 13mm



La tête (ou partie active)

Angle de pointe



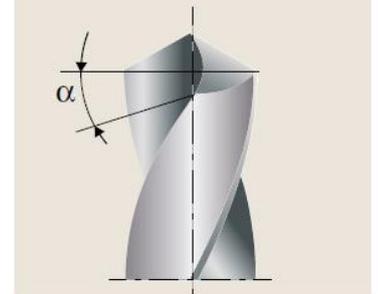
L'angle de pointe varie selon le matériau à percer :

- 90° : fibre de verre et plastiques
- 118° : acier allié, non allié, fonte
- 135° : acier inoxydable, titane

L'angle de dépouille doit être compris entre 3° et 10° (important pour l'aiguisage) :

- < 3° : le foret talonne
- > 10° : l'engagement est trop important et fragilise l'arête de coupe

Angle de dépouille



d. Montage du foret

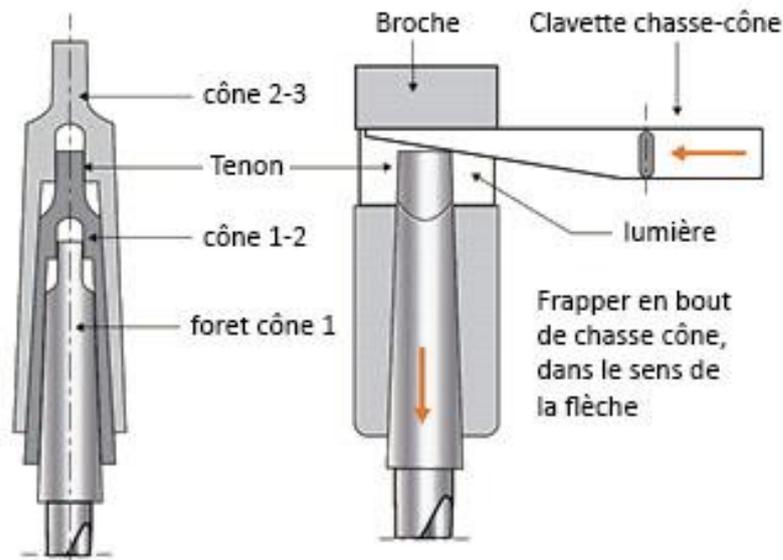


Le montage du foret dans la perceuse peut se faire par **serrage du mandrin sur le foret** via une clé de serrage. On trouve ce système jusqu'à un certain diamètre.

Il existe un système de serrage plus pratique et rapide : le **cône morse**. Le serrage se fait par frottement entre deux surfaces coniques, soit directement entre la perceuse et la queue du foret soit grâce à un cône adaptateur emmanché sur la queue du foret :

Øforet	3 à 15	16 à 23	24 à 32	33 à 50	51 à 75
N° du cône	1	2	3	4	5

Le cône se serre de lui-même au cours du perçage. Et il faut alors utiliser une clavette chasse-cône pour le démancher.



e. Vitesse de rotation

La vitesse de rotation (en tr/min) se calcule à partir de la vitesse de coupe du matériau (V_c , en m/min) et du diamètre du foret (D en mm) :

$$N = \frac{V_c \times 1000}{D \times \pi}$$

Par exemple pour usiner de l'acier on a : avec de l'ARS : $V_c = 15$ m/min, avec des outils carbure : $V_c = 60$ m/min.

Des abaques sont souvent installées sur près des postes de perçage. Elles permettent de repérer la vitesse de coupe en fonction du matériau et du diamètre du foret.

f. Préparation du perçage

Pointage (en 2 temps): à l'aide d'un pointeau et d'un marteau. Un premier coup de marteau léger, pour assurer la précision du pointage. Après vérification, un grand coup de marteau pour accentuer la marque du pointeau et faciliter le centrage du foret.

Avant-trou : faire un premier trou de la moitié du diamètre pour un diamètre de trou de plus de 10mm.

Perçage sur face inclinée ou sur rond :



g. La lubrification

Elle peut se faire à l'huile soluble, l'huile de coupe ou l'huile de colza. L'idéal est de **toujours garder l'endroit du perçage mouillé**.

La lubrification de la tête du foret sert à **limiter sa surchauffe et éviter son détrempage** (ce qui diminuerait sa dureté et le dégraderait). Elle facilite en plus la formation du copeau.

h. Le taraudage

Le **taraudage** est l'opération qui consiste à usiner un pas de vis à l'intérieur d'un alésage. Un **trou taraudé** est la forme complémentaire d'une vis ou tige filetée

L'instrument qui permet de manipuler les tarauds s'appelle un **tourne à gauche**

Les tarauds sont référencés d'après le **diamètre nominal** du taraudage (en mm) et de son **pas** (distance entre 2 filets).



•**Etape 1** : Pour réaliser un taraudage il faut percer un trou de diamètre légèrement inférieur :

$$\varnothing \text{ de perçage} = \varnothing \text{ nominal} - \text{pas}$$

•**Etape 2** : les tarauds sont au nombre de 3, il faut commencer par le plus grossier et terminer par le plus fin, en les insérant délicatement dans le perçage.

Conseil : évacuer régulièrement les copeaux en tournant en sens inverse et **lubrifier** le taraud.

i. Sécurité

- La pièce à percer doit être fixée au plateau de la perceuse (par un étau ou des brides)
- Ne maintenez jamais les pièces à la main
- Portez des vêtements ajustés
- Ne jamais prendre un copeau à la main
- Portez des lunettes de protection



IV. Conseils généraux en atelier

a. Le traçage

Méthode :

- **Utiliser la pointe carbure** pour marquer l'acier.
- **Utiliser une équerre** pour tracer les lignes à 45° et 90°.
- **Utiliser le trusquin** pour tracer une série de lignes à la même cote. Pour vérifier la précision du trusquin, tracer une ligne médiane sur l'un des côtés de la pièce en s'appuyant sur un côté adjacent, puis recommencer l'opération en s'appuyant sur le côté opposé : les deux traits doivent être confondus.

b. La découpe

1. La tronçonneuse à lames carbures : des pastilles en carbure sont brasées sur les dents des lames.

Avantages : aucune bavure / rapidité de coupe

Inconvénient : détérioration rapide des lames due aux vibrations, à l'effort de coupe important et à la faible vitesse de rotation de la tronçonneuse.

Il est **extrêmement important** de respecter les précautions ci-dessous pour ne pas détériorer trop rapidement les lames carbures :

- **Serrer fortement la pièce dans l'étau**, surtout pour les coupes d'angle. Si la pièce se décale pendant la coupe, les dents de la lame risquent de casser
- **Faire pivoter les tubes carrés de 45°** pour attaquer la coupe sur une arête plutôt que sur une face plane. Les efforts de coupe sont ainsi diminués
- **Engager tout doucement** la lame carbure dans la matière
- **Changer la lame dès que la coupe est légèrement plus difficile**. En forçant, les pastilles carbure risquent de sauter (il faut alors changer la lame)
- **Ne pas découper d'acier étiré**, trop dur pour les pastilles carbure
- **Lubrifier régulièrement les tampons en contact avec la lame**. Ces tampons permettent de réduire les vibrations de la lame
- **Vérifier que le profilé est à l'horizontal** pour que la coupe soit d'aplomb



2. La tronçonneuse à disques composites :

- Attention : Le filetage du boulon de serrage des disques est à gauche. Tourner dans le sens horaire pour dévisser.
- **Ne pas hésiter à forcer la coupe** tant que le moteur de la tronçonneuse tourne à pleine vitesse. La découpe doit être rapide pour éviter que le disque et l'acier ne chauffent trop.
- Si le moteur commence à ralentir, **relever immédiatement la poignée** pour reprendre de la vitesse.

3. Les meuleuses d'angle

Outils très dangereux : **porter obligatoirement** gants, lunettes de protection, chaussures de sécurité et vêtements résistants et ignifugés, éventuellement un masque respiratoire.

Les précautions à prendre :

- **Trouver la bonne position** (ne pas hésiter à solliciter le formateur). Inutile de forcer sur la meuleuse : trouver le bon angle d'attaque pour un tronçonnage efficace.
- **Maîtriser la direction des étincelles** : vérifier que personne ne se trouve sur la trajectoire des étincelles. Ne pas diriger les étincelles vers soi, même un tablier de cuir ne résiste pas longtemps à une gerbe d'étincelles de meuleuse.
- **Ne pas découper** un profilé serré entre deux étaux : les deux parties découpées risquent de pincer et de faire éclater le disque.
- **Passer la soufflette sur les meuleuses** après chaque journée d'atelier pour éviter d'encrasser le moteur et les contacts électriques.

Méthode :

- tracer la ligne de coupe à l'aide de la pointe carbure
- Faire une première passe de 2-3 mm de profondeur en suivant la ligne de coupe, les étincelles éclairent le trait
- Faire une deuxième passe pour terminer la découpe
- Ébarber la pièce à l'aide d'une petite meuleuse équipée d'un disque à ébarber

4. *Précautions générales*

- Toujours attaquer la matière avec l'outil tournant à pleine vitesse
- S'assurer que la chute de la pièce après la découpe ne présente aucun risque

- Marquer chaque série de pièces découpées à l'aide du crayon jaune et remplir le tableau d'avancement
- Contrôler les cotes, la qualité de la coupe la quantité de pièces découpées

c. *Le Perçage*

Pour réaliser un trou dans une pièce, 3 opérations sont nécessaires : le traçage, le pointage et le perçage. A chacune de ces opérations, il y a **un risque d'erreur sur la précision**.

La plus grande difficulté dans le perçage est donc de **respecter les cotes indiquées sur les plans**. Les cotes les plus importantes sont généralement les entraxes et **l'alignement des trous pour les emmanchements de tubes carrés**.

Méthode (voir la partie Perçage p.13 pour plus d'infos) :

- **Tracer** à l'aide du trusquin ou des pointes carbures
- **Pointer**
- **Régler la vitesse de rotation** de la perceuse en fonction du diamètre du foret.
- **Percer**: en vérifiant que le foret est bien centré sur la marque du pointeau.
- **Lubrifier régulièrement**
- **Meuler les bavures**.

Précautions :

- Pour les tubes carrés, **s'assurer que les perçages n'ont pas été tracés sur le cordon de soudure** du profilé.
- Lors du changement du foret, **ne pas le laisser tomber** : risque de casser la tête du foret.
- **Toujours tenir l'étau pendant le perçage**. En cas d'engagement excessif dans la matière, le foret peut brutalement entraîner l'étau et la pièce avec lui : risque de blesser quelqu'un. Conseil : Placer les pièces de grande longueur en butée contre la colonne de la perceuse.
- **NE PAS PERCER L'ETAU** : s'assurer que le trou débouche dans le vide et non sur l'étau

- S'assurer que le trou à percer soit **le plus proche possible du centre de l'étau** : un perçage trop déporté risque de faire basculer la pièce, et le trou ne sera pas d'aplomb.
- Ne pas hésiter à **dégager et réengager le foret lorsque que le copeau devient trop long** (donc dangereux).

d. *La soudure*

Précautions :

- **Protéger les yeux** et le visage des rayonnements de l'arc.
- **Allumer la ventilation.**
- **Porter un masque lors du piquage du laitier** : risque de lésions de la cornée en cas de projections dans les yeux.
- **Manipuler** les pièces venant d'être soudées **avec des gants ou une pince.**
- Consommer les électrodes entièrement pour éviter le gaspillage
- Ne pas faire fondre la pince porte-électrode, préserver le matériel.
- Pointer et contrôler l'assemblage avant d'effectuer le cordon de soudure complet.

Méthode : voir la partie soudage à l'arc p.5

L'AUTOCONTROLE

- **L'équerre et le mètre** doivent toujours être à portée de main pour vérifier la conformité des pièces avec les plans.
- **Alignement, orthogonalité, parallélisme,...** autant de paramètres à contrôler systématiquement.

Pour aller plus loin :

- Soudure montante
- Soudure multi-passe pour recouvrement
- Auto-certification
- Sablage et peinture