



# L'atelier paysan



## Le Guide de l'atelier

Découpe – Perçage – Soudage – Conseils généraux  
Glossaire – Équipements d'atelier – Quincaillerie  
Notions de métallurgie et de résistance des matériaux

[www.latelierpaysan.org](http://www.latelierpaysan.org)  
[forum.latelierpaysan.org](http://forum.latelierpaysan.org)

# TABLE DES MATIÈRES

	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>I.</b>	<b><u>Préparation du chantier</u></b>	<b>3</b>
	a. <u>Déroulé général</u> .....	3
	b. <u>Lecture des plans</u> .....	4
	c. <u>Traçage</u> .....	5
<b>II.</b>	<b><u>Découpe</u></b>	<b>5</b>
	a. <u>La tronçonneuse à lames carbures</u> .....	7
	b. <u>La tronçonneuse à disques composites</u> .....	8
	c. <u>Les scies à ruban</u> .....	9
	d. <u>Les meuleuses d'angle</u> .....	10
<b>III.</b>	<b><u>Le perçage</u></b>	<b>12</b>
	a. <u>Les différentes perceuses</u> .....	12
	b. <u>Les outils de coupe</u> .....	13
	c. <u>Vitesse de rotation</u> .....	16
	d. <u>Préparation du perçage</u> .....	17
	e. <u>La lubrification</u> .....	18
	f. <u>Le taraudage</u> .....	18
	g. <u>Sécurité &amp; précautions</u> .....	19
<b>IV.</b>	<b><u>Soudage à l'arc</u></b>	<b>20</b>
	a. <u>Principe</u> .....	20
	b. <u>Amorçage et entretien de l'arc</u> .....	21
	c. <u>Choix du diamètre de l'électrode</u> .....	21
	d. <u>Réglage de l'intensité</u> .....	21
	e. <u>Polarité</u> .....	22
	f. <u>Préparation</u> .....	23
	g. <u>Mise en position &amp; pointage</u> .....	23
	h. <u>Position de l'électrode</u> .....	25
	i. <u>Boucher/agrandir un trou</u> .....	27
	j. <u>Contrôle de la soudure</u> .....	28
	k. <u>Sécurité</u> .....	30
	l. <u>Nettoyer son cordon</u> .....	30
<b>V.</b>	<b><u>Compléments</u></b>	<b>31</b>
	a. <u>Quincaillerie</u> .....	31
	b. <u>Notion de prix d'équipement (€ HT)</u> .....	39
	c. <u>Résistance des matériaux</u> .....	40
	d. <u>Métallurgie de l'acier</u> .....	42
	e. <u>Glossaire technique</u> .....	44

# INTRODUCTION

Rédigé par l'équipe de l'Atelier Paysan, ce guide reprend le contenu de la théorie abordée durant les formations à l'auto-construction. Il est à destination des auto-constructeur-ices.

Non exhaustif, il 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 de la découpe, du perçage, puis du soudage.

Il est essentiel d'avoir en tête les bases théoriques lorsque l'on travaille le métal. Cependant, rien ne vaut l'observation et la pratique pour assimiler les techniques. Lors de vos travaux, tentez de vous questionner 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, le positionnement...

Vous avez les bases théoriques, nos formations vous initient à la pratique, vous avez donc toutes les cartes en main pour vous lancer dans l'auto-construction !

## I. PRÉPARATION DU CHANTIER

### a. Déroulé général

L'auto-construction d'une machine est le résultat de plusieurs étapes.

Tout commence par la préparation de nombreuses **pièces**, qui peuvent être :

- Confectionnées à partir de barres d'acier, découpées puis percées par exemple ;
- Confectionnées par des tiers en réponse à nos besoins spécifiques, en découpe laser sur des tôles, ou usinées sur un tour ou une fraiseuse. Ce sont des **pièces spéciales** ;

- Issues du commerce dans le cas des vis ou des pièces agricoles. Ce sont les **pièces standards**.

Une fois toutes préparées, ces pièces peuvent être soudées dans des **assemblages** mécano-soudés.

Et enfin, on procède au **montage** des **assemblages** et des pièces pour aboutir à notre machine !

## **b. Lecture des plans**

A l'Atelier Paysan, nous diffusons des plans pour faciliter l'auto-construction en partageant des machines déjà conçues. Ces plans sont réalisés pour être lus par des non initiés, ils sont donc à l'intermédiaire entre une notice de montage et un plan industriel. Nous nous sommes fixés quelques règles pour uniformiser ces documents.

Une machine a une abréviation, souvent à trois lettres, comme *BPO* pour *Barre Porte-Outil*. Chaque assemblage mécano-soudé de cette machine est nommé par une lettre : *A*, *B* ou *C*... Chaque pièce de cet assemblage mécano-soudé a un numéro : *1*, *2* ou *3*.

En accolant ces identifiants, on obtient un numéro unique pour chaque pièce : *BPO-B3* sera la pièce 3, de l'assemblage B, de la barre porte-outil.

Un tableau se trouve en bas de chaque page, c'est la **nomenclature**, et liste toutes les pièces nécessaires à la réalisation de l'assemblage. On y trouve des informations sur la pièce comme sa longueur (STD pour les pièces standards, SPE pour les pièces spéciales), les éventuels perçages, le profilé dont elle est issue, la quantité.

En compilant l'ensemble de ces nomenclatures on obtient la nomenclature générale, qui est la liste des courses pour venir à bout de notre machine.

## c. Traçage

Avant chaque découpe ou chaque perçage, on doit tracer nos pièces pour marquer la position de la coupe ou du perçage par exemple. Pour tracer, plusieurs outils sont disponibles :

- **Une pointe à tracer** au carbure pour marquer l'acier ;
- **Un mètre ruban** pour tracer une cote, avec un chapeau « V » ;
- **Une équerre à chapeau** pour tracer les lignes à 90° ;
- **Une équerre de charpente** pour tracer les lignes à 45° ;
- **Une jauge parallèle** pour tracer une ligne à une certaine distance d'une arête ;
- **Un trusquin** pour tracer une série de lignes à la même cote.

Pour vérifier la précision du trusquin ou de la jauge, 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.

## II. DÉCOUPE

Il existe plusieurs outils pour découper vos pièces. Il faudra donc choisir celui qui sera le plus adapté à votre pièce et à votre chantier.

Attention, quel que soit l'outil choisi, la lame de découpe a une épaisseur ! Donc si vous positionnez la lame *sur* votre trait, votre pièce risque d'être un peu trop courte ! Pensez à positionner la lame à l'*extérieur* de votre trait de coupe, du côté où se trouve la chute.

Après la découpe, il faut **toujours contrôler** les dimensions de la pièce coupée ! Cela permet d'éviter de reproduire une erreur.

## L'AUTOCONTROLE

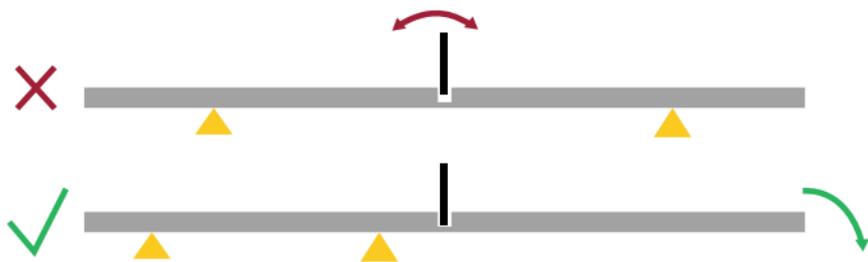
### l'assurance d'un chantier collectif réussi

**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.

Quel que soit l'outil, pour **votre sécurité**, assurez-vous que :

- la **pièce soit bien bloquée !**
- la lame attaque la matière à pleine vitesse.
- la découpe du profilé ne se fait pas entre deux points d'appui: les deux parties découpées risquent de pincer la lame. La chute de la pièce doit donc être possible et ne présenter aucun risque.



Une fois découpée et contrôlée, **marquer la désignation** (ex: BPO-B3 comme dans l'exemple vu plus haut) de la pièce pour pouvoir la retrouver aisément.

## a. La tronçonneuse à lames carbures



Des pastilles en carbure sont brasées sur les dents des lames.

Avantages: Aucune bavure, découpe très rapide, chauffe peu les pièces.

Inconvénients: Scie et lames très chères, bruyant, peu polyvalent (acier tendre en découpe droite uniquement).

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.** Si la pièce se décale pendant la découpe, les dents de la lame risquent de casser ;
- **Vérifier que le profilé est bien perpendiculaire à la lame** pour que la découpe soit d'aplomb
- **Faire pivoter les tubes carrés de 45°** pour attaquer la découpe sur une arête plutôt que sur une face plane. Les efforts sont ainsi diminués ;
- **Engager tout doucement** la lame carbure dans la matière ;
- **Changer la lame dès que la découpe est légèrement plus difficile.** Il est possible de réaffûter les lames. Mais en forçant, les pastilles carbure risquent de sauter, il faudra alors remplacer la lame ;

- **Ne pas découper d'acier étiré**, trop dur pour les pastilles carbure;
- **Ne pas découper d'acier en angle**, les pastilles sautent si elles attaquent de l'acier en angle.

## **b. La tronçonneuse à disques composites**



Avantages: Peu cher, polyvalent.

Inconvénients: Lent, bruyant, peu précis, fait chauffer les pièces, produit beaucoup d'étincelles.

**Ne pas hésiter à forcer la découpe** 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.

## c. Les scies à ruban



Il existe plusieurs types de scie à ruban de la plus simple à la plus complexe :

- Portatives
- À sec
- Lubrifiées
- À descente automatique

Avantages : Polyvalent, peu bruyant, découpe précise.

Inconvénients : Lent.

**Précautions** : Éviter les chocs lors de l'attaque du profilé, ne pas forcer sur la coupe.

## d. Les meuleuses d'angle



Avantages: solution la moins chère et la plus polyvalente.

Inconvénients: Peu précis, fait chauffer les pièces, produit beaucoup d'étincelles, bavures, outil dangereux.

Attention, c'est un outil très dangereux: **porter obligatoirement** des gants, des lunettes de protection des lunettes «très couvrantes vous même un casque visière intégral», des chaussures de sécurité et des vêtements résistants et ignifugés et éventuellement un masque respiratoire.

### **Les précautions à prendre :**

- Équipez votre meuleuse **d'un disque adapté** à ce que vous souhaitez faire ;
- **Trouver une bonne position stable** ( 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 maintenu entre deux appuis : le resserrement des pièces risque de faire éclater le disque et projeter les éclats à pleine vitesse ! La pièce coupée doit pouvoir tomber librement ;

- **Passer la soufflette sur les meuleuses** après chaque journée d'atelier pour éviter d'encrasser le moteur et les contacts électriques ;
- Éteignez bien la meuleuse lors de vos déplacements.

Pour avoir une découpe la plus précise possible :

- Tracer la ligne de coupe à l'aide d'une pointe carbure ;
- Faire une première passe de 2-3 mm de profondeur en suivant la ligne de coupe, les étincelles éclairent le trait ;
- Vérifier que la première passe est bien là où vous le souhaitez ;
- Faire une deuxième passe pour terminer la découpe ;
- Ébarber la pièce à l'aide d'un disque à ébarber.

Divers disques peuvent s'installent sur la meuleuse d'angle de diamètre 125 ou 230 mm en général. L'inscription se place côté meuleuse. Pour le travail du métal on utilise en général :

- Des **disques de tronçonnage**, d'épaisseur 2,5 mm (lent et durable) ou 1,6 mm (rapide et peu durable). On trouve des disques encore plus fins de 1 mm pour inox/acier. **Attention : n'utilisez ces disques que sur la tranche**, pas pour abraser : ils pourraient éclater ;
- Des **disques d'ébarbage**, d'épaisseur 5 à 7 mm, qui s'utilisent sur la tranche et le flanc, pour « sculpter » le métal (ex : chanfreins en bout d'axe) et/ou ébavurer les pièces ;
- Des **disques à lamelles** d'abrasif, pour poncer de la peinture, de la rouille.



### III. LE PERÇAGE

Pour réaliser un trou dans une pièce, 3 opérations sont nécessaires : le traçage, le pointage et le perçage.

**Étapes :**

1. Tracer l'emplacement du perçage.
2. Pointer à l'aide d'un pointeau et d'une masse.



3. Percer en choisissant l'outil de perçage et la vitesse de rotation les plus adaptés.

Suite au perçage, il peut être nécessaire d'ébavurer les pièces.

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, par exemple pour les emmanchements de tubes.

#### **a. Les différentes perceuses**

Il existe différents types de perceuses.

- Perceuses portatives :
  - Électriques :  $\varnothing_{\text{max}}$  : 13 mm, montage possible sur support pour perçage droit
  - Pneumatiques :  $\varnothing_{\text{max}}$  : 13 mm
  - Electromagnétiques :  $\varnothing_{\text{max}}$  : 50 mm, fixation sur la pièce à percer
- Perceuses à colonne :  $\varnothing_{\text{max}}$  : 50 mm

## b. Les outils de coupe

Il existe différents outils de coupe dont le foret (le plus connu) et la fraise à carotter.

### **Le foret**

Avantages: moins cher que les fraises, possibilité de le réaffûter soi-même, petits diamètres de perçage.

Inconvénients: plus long pour des perçages nécessitant un pré-perçage, le foret peut chasser = perçage de biais.

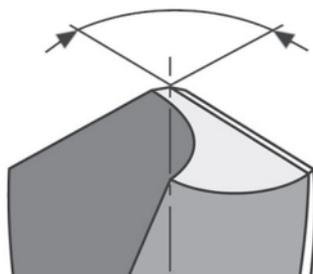
Un foret se définit par :

- 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)
  - Revêtement éventuel (titane, tungstène...)
  - Plaquettes carbures rajoutées
- Son **diamètre**
- Son type de **queue**

### **La tête du foret**

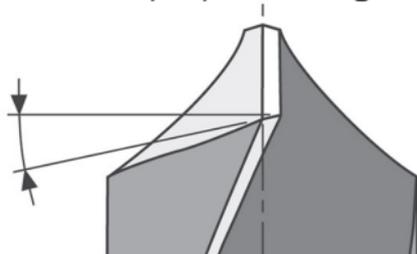
L'angle de pointe varie selon le matériau à percer :

- $90^\circ$  : fibre de verre et plastiques
- $118^\circ$  : acier allié, non allié, fonte
- $135^\circ$  : acier inoxydable, titane



L'angle de dépouille doit être compris entre  $3^\circ$  et  $10^\circ$  :

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



### Les queues de foret

- **Cylindrique** : diamètre inférieur à 13mm



- **Réduite** : diamètre entre 13 et 35 mm



Dans ces deux cas, le montage du foret dans la perceuse peut se faire par **serrage du mandrin sur le foret**. Il existe des mandrins auto-serrant et d'autres nécessitant une clé.



- **conique ou morse** : diamètre supérieur à 13mm



Il existe différentes tailles de cônes morse en fonction de la taille du foret.

La perceuse est équipée d'une seule taille, il faudra donc des adaptateurs.

<b>Ø foret</b>	3 à 15	16 à 23	24 à 32	33 à 50	51 à 75
<b>N° du cône</b>	1	2	3	4	5

Il faut alors utiliser une clavette chasse-cône pour le démancher.

### **La fraise à carotter**

Il est possible d'utiliser des fraises à carotter pour réaliser des perçages. Elles se composent de la fraise, et d'un **pointeau centreur** qui a plusieurs fonctions :

- Centrer la fraise sur le coup de pointeau
- Expulser la pastille
- Ouvrir la lubrification

Le pointeau limite la taille minimale des fraises à 15 mm de diamètre (13 mm pour des pointeaux réduits).

Avantages: Pas de pré-perçage, plus rapide, lubrification automatique, économique sur grosses tailles.

Inconvénients: Un peu moins précis, grosses tailles uniquement, ne s'affûte pas, perçages de 30 mm ou 55 mm de profondeur max, nécessite un mandrin spécial.



### c. Vitesse de rotation

Pour limiter la chauffe, et donc l'usure prématurée des forets ou fraises, on limite la vitesse de coupe. Dans le cas des perçages, plus le diamètre est grand et plus la vitesse en périphérie l'est aussi.

Donc 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) :

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

$V_c$  dépend du matériau à percer et du matériau de l'outil de perçage. Par exemple,

Outil/Pièce	Acier S235	Acier Étiré C60
Acier HSS	15 m/min	15 m/min
Carbure	60 m/min	40 m/min

Dans l'atelier, pour simplifier le perçage, on utilise une abaque qui nous donne la vitesse de perçage en fonction du diamètre.

Cette abaque est donnée pour des outils HSS, sur de l'acier de construction S235 (valable aussi pour de l'acier étiré A60).

Øforet (mm)	vitesse (tr/min)	Øforet (mm)	vitesse (tr/min)	Øforet (mm)	vitesse (tr/min)
5	955	17	281	29	165
6	796	18	265	30	159
7	682	19	251	31	154
8	597	20	239	32	149

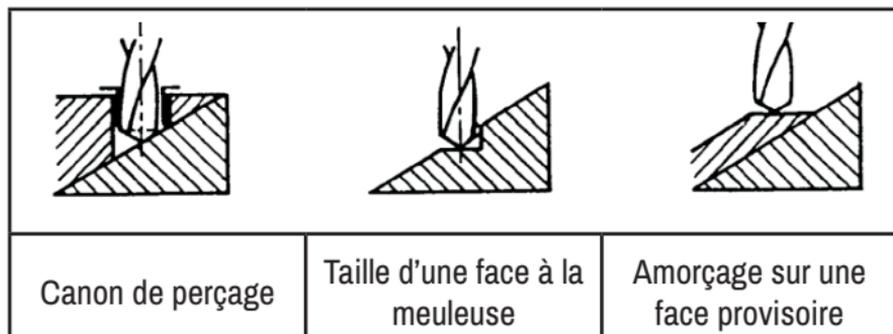
Øforet (mm)	vitesse (tr/min)	Øforet (mm)	vitesse (tr/min)	Øforet (mm)	vitesse (tr/min)
9	531	21	227	33	145
10	477	22	217	34	140
11	434	23	208	35	136
12	398	24	199	36	133
13	367	25	191	37	129
14	341	26	184	38	126
15	318	27	177	39	122
16	298	28	171	40	119

#### d. 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.

**Pré-perçage :** faire un premier trou légèrement plus grand que l'âme du foret final pour un diamètre de trou de plus de 8 mm.

**Perçage sur face inclinée ou sur rond :**



## e. 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.

## f. 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

<b>Pas métrique</b>	M6	M8	M10	M12	M14	M16
<b>Ø perçage</b>	Ø5	Ø6.8	Ø8.5	Ø10.2	Ø12	Ø14

- **Etape 2**: Les tarauds sont au nombre de 3: il y a 3 passes à faire pour tarauder. Il faut commencer par le plus grossier et terminer par le plus fin, en les insérant délicatement dans le perçage. Lubrifier!

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

## **g. Sécurité & précautions**

Le perçage est une étape qui peut être dangereuse! Voici donc quelques **règles de sécurité** à respecter :

- La pièce à percer doit être fixée au plateau de la perceuse (par un étau ou des brides), ou mise en butée pour bloquer son éventuelle mise en rotation ;
- Ne maintenez jamais les pièces à la main ;
- Portez des vêtements ajustés, nouez vos cheveux, ne portez pas de gants : il faut à tout prix éviter que quelque chose se prenne dans le foret en rotation ou les copeaux en formation ;
- Ne jamais prendre un copeau à la main ;
- Portez des lunettes de protection.

*Ne pas hésiter à dégager et réengager le foret lorsque le copeau devient trop long (donc dangereux).*

Quelques **précautions** pour des perçages plus précis :

- Tracez et pointez précisément ;
- Pour les tubes, essayer d'éviter que les perçages soient tracés sur le cordon de soudure du profilé : l'acier y est plus dur, il va davantage user les forets et peut dévier le foret ;
- Ne percez pas l'étau ! Le trou doit déboucher dans le vide et non sur l'étau ;
- Assurez-vous 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.

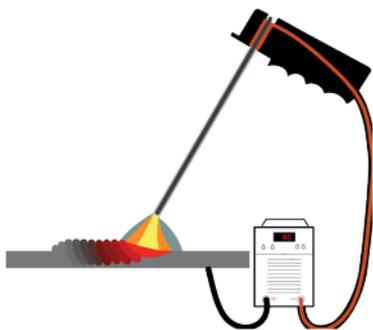
## IV. SOUDAGE À L'ARC

Tous les exemples et valeurs sont basés sur l'utilisation d'électrodes rutiles.

### 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.

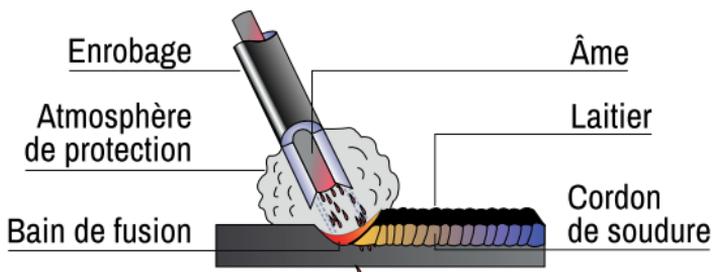
Le soudage permet cette montée en température grâce à un **court-circuit entretenu entre les pôles + et -** du poste à souder (la pièce à souder et l'électrode enrobée), qui génère un **arc électrique** dégageant chaleur (3600 °C) et lumière intenses.



#### Soudage MMA

Un arc électrique fond l'électrode et les pièces. L'enrobage qui s'évapore protège la soudure.

L'électrode enrobée est composée d'une **âme** qui est 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 utilisée est en général 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**, mais on trouve aussi des électrodes à enrobages oxydant (belle apparence mais caractéristiques mécaniques faibles), acide (idem qu'oxydant, soudage de tôle mince), basique (bonne tenue mécanique, un étuvage des électrodes peut être nécessaire).



## b. Amorçage et entretien de l'arc

Pour amorcer l'arc, il suffit de **gratter la pièce avec l'électrode** en passant assez rapidement pour éviter que l'électrode se colle. Entamer le soudage tant que l'électrode est rougeoyante facilite l'amorce de l'arc.

Les risques de collages augmentent lorsque lorsque les électrodes sont humides ou que l'intensité est trop faible.

La stabilité de l'arc dépend de la **longueur de l'arc** et des caractéristiques du milieu et du courant.

## c. Choix du diamètre de l'électrode

Le diamètre de l'électrode se choisit en fonction de l'épaisseur des métaux à souder, comme indiqué sur la boîte d'électrodes :

<b>Epaisseur pièce ( mm )</b>	< 1,5	De 2 à 3	De 3 à 5	De 5 a 8	> 8
<b>Ø électrode</b>	1,6	2	2,5	3,2	4

Pour combler un jour entre deux pièces, on pourra prendre une électrode plus épaisse afin de rajouter plus de matière.

## d. 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, de la chaleur de la pièce...**

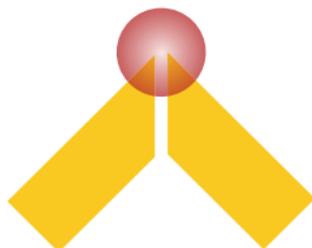
Il existe des abaques pour choisir l'intensité optimale en fonction de

certains de ces paramètres. En général, pour un soudage à plat, on peut se baser sur le tableau fourni sur la boîte d'électrodes :

Épaisseur pièce (mm)	< 1,5	De 2 à 3	De 3 à 5	De 5 à 8	> 8
Ø électrode	1,6	2	2,5	3,2	4
Intensité (A)	40	55	80	115	160

Pour un soudage en angle intérieur on rajoute 20 % ( car on a plus de matière à chauffer ).

Pour un soudage en angle extérieur, on enlève 20 % ( car on a moins de matière à chauffer ).



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**.

Il ne faut surtout pas hésiter à changer régulièrement son réglage d'intensité.

## e. Polarité

La polarité définit à quelle borne du poste est reliée l'électrode. Elle ne se change que sur les postes à souder à courant continu, dit « inverser », et a une influence minime. Pour les électrodes rutiles :

- Si l'électrode **est reliée au pôle négatif** ( polarité directe ). Le bain

de fusion est étroit et profond. Cette polarité favorise la pénétration et c'est la plus utilisée. « La main au moins, la pince au plus ».

- 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.

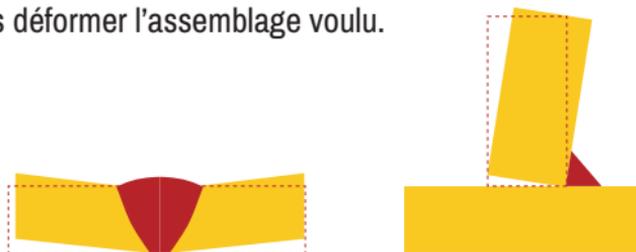
## f. Préparation

Avant de commencer le soudage, il est préférable de **dégraisser la surface**, voire de la poncer 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**.



## g. Mise en position & pointage

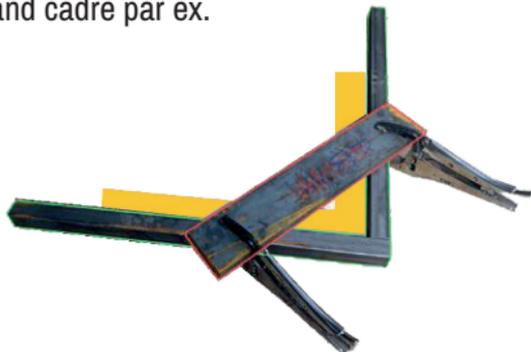
Lorsque le métal se refroidit après une soudure, il se rétracte, ce qui peut alors déformer l'assemblage voulu.



Pour positionner nos pièces avant soudage et les maintenir en position lors du soudage et du refroidissement, il existe de nombreuses solutions en fonction des situations :

- On peut utiliser des **gabarits** sur lesquels on vient maintenir les pièces dans la position voulue. Ces gabarits sont utiles lorsqu'un assemblage est répété. Il peut être réutilisable, ou à usage « unique » (soudé sur l'établi de soudage table par exemple).

- On peut utiliser un **montage « plaquette »**, qui consiste à utiliser un fer plat assez large et épais, la « plaquette », pour s'assurer de la coïncidence de deux faces de pièces à souder entre elles. Une fois le serrage effectué (ici avec des pinces-étaux), les deux pièces sont dans le même plan. Il suffit alors de vérifier l'équerrage. À privilégier quand on veut un montage plan : un grand cadre par ex.



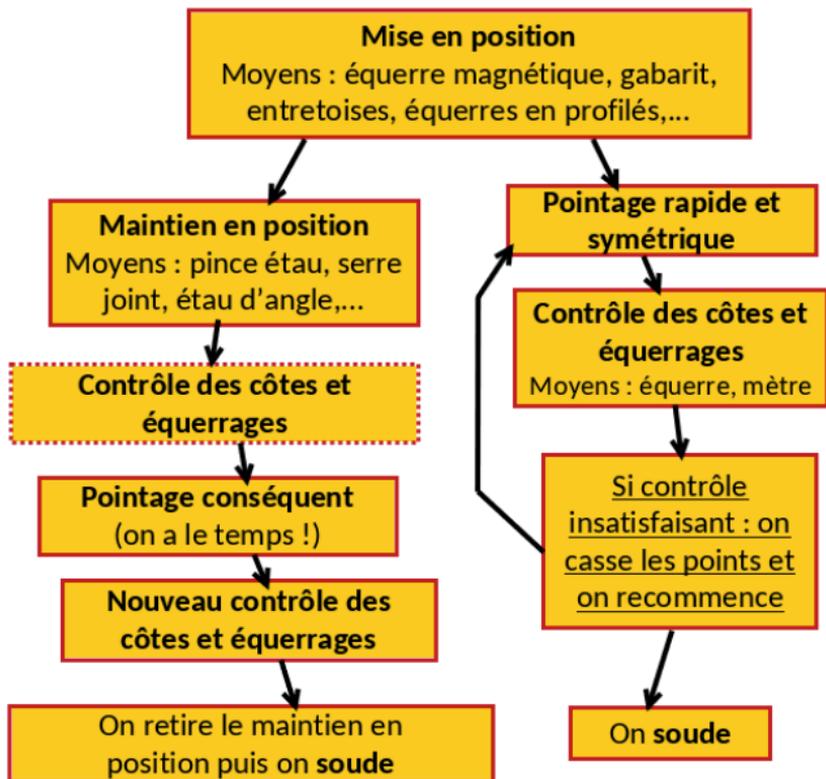
- On peut utiliser des **équerres** (fabriquées avec un profilé contenant un angle droit comme un gros tube carré par exemple) et serrer les pièces sur ses faces.

A noter que quand aucun positionnement précis n'est requis, on peut tenir légèrement, à la main, avec une cale, ou une équerre magnétique par exemple.

Une fois les pièces maintenues en position, **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.

Pour pointer, on augmente l'intensité de l'électrode de 20 % car on va chauffer la pièce peu de temps.

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



## h. Position de l'électrode

La manipulation de l'électrode se définit par :

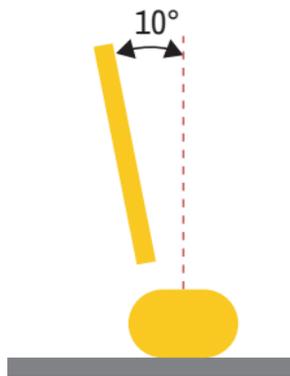
- **Les angles d'inclinaison** de l'électrode ;
- **La vitesse d'avancement** dans le sens du cordon ;
- Le mouvement oscillant autour du cordon ;
- La vitesse de **descente** au fur et à mesure de la fusion, qui permet de garder un arc de longueur constante (environ le diamètre de l'électrode).

Conseil aux débutant-es : Pour mieux cerner cette vitesse de descente (qui permet de compenser la fonte de l'électrode), on peut souder en

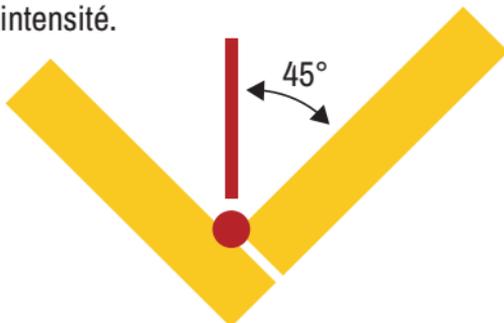
cherchant à maintenir le contact entre l'électrode et la pièce. Une fois plus à l'aise, il suffira de garder ce rythme d'avance avec un arc à la bonne longueur.

Attention, **plus l'arc est long**, plus il y a d'énergie libérée et donc **plus les pièces chauffent** !

En soudant à l'électrode enrobée, on effectue toujours son cordon **en tirant l'électrode vers soi**. L'électrode doit former un **angle d'environ 80°** 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.



Dans le cas d'une soudure dans un angle très fermé ( $< 30^\circ$ ), on peut augmenter l'inclinaison de l'électrode afin de favoriser la remontée du laitier. Dans ce cas, pour compenser le manque de pénétration généré, on augmente l'intensité.



Pour une soudure en angle, il faut que l'électrode soit dans la bissectrice de l'angle entre les deux pièces à souder (ex : ici à  $45^\circ$  pour deux pièces à  $90^\circ$ ). Si une des pièces est plus épaisse que l'autre, on peut préférer diriger l'arc vers elle pour une meilleure pénétration.

**Pour une soudure d'angle, il est important de prendre le temps de positionner son assemblage** pour que le cordon se retrouve à l'horizontale. Ainsi l'électrode est dans le plan vertical, le cordon est plus simple à tirer, et la gravité assure que le bain de fusion prend équitablement les deux pièces.

**L'électrode peut osciller** de part et d'autre de l'axe de la soudure. 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. Cette oscillation est optionnelle, mais devient indispensable quand il y a un jour entre les pièces à souder : pour éviter que l'arc ne souffle le bain de fusion dans le jour.



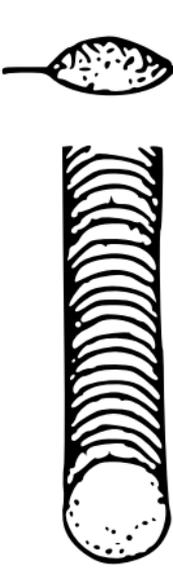
## **i. Boucher & agrandir un trou**

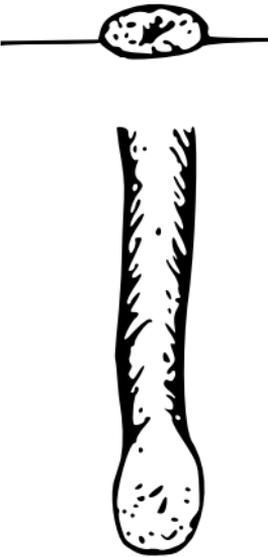
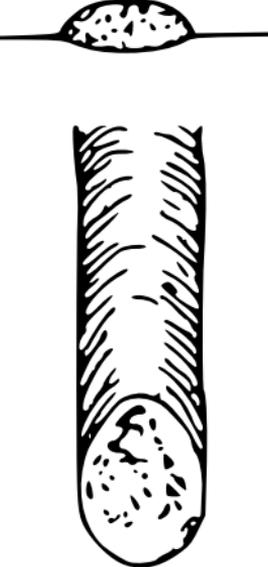
Pour **boucher un trou**, on se mettra en sous-intensité en choisissant l'intensité de l'électrode de taille inférieure, et on orientera la baguette vers la matière. Le plus simple sera de déclencher l'arc par à coup, afin que le bain de fusion ait le temps de refroidir un peu, et se tenir, avant de recommencer le soudage.

Pour **agrandir un trou**, on se règle en surintensité, et on oriente l'électrode vers le trou, pour souffler le bain de fusion dans le vide.

**Découpe grossière** : en prenant une électrode  $\varnothing 2.5$  mm à 160 A (par exemple), on peut même utiliser le poste à souder comme torche plasma, pour une découpe grossière ou pour faire des trous.

## j. Contrôle de la soudure

Cordon normal	Sous-intensité	Surintensité
		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cordon harmonieux</li><li>• Aspect propre et régulier</li><li>• Pénétration optimale</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Faible pénétration</li><li>• Forte surépaisseur du cordon</li><li>• Inclusion de laitier</li><li>• Risque de collage</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Forte pénétration</li><li>• Formation de caniveaux</li><li>• Effondrement du bain de fusion (trous ou gouttes sous la pièce)</li></ul>

Avance trop rapide	Avance trop lente	Arc trop long
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faible pénétration</li> <li>• Cordon étroit et irrégulier sous forme de stries allongées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forte pénétration</li> <li>• Effondrement du bain de fusion (trous ou gouttes sous la pièce)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cordon large et plat</li> <li>• Aspect irrégulier</li> <li>• Projections fines</li> </ul>

## k. Sécurité

Le soudage à l'arc est un procédé qui implique de prendre des mesures de sécurité.

- **Radiations émises par l'arc**: couvrez toutes les parties du corps, utilisez un masque de protection.
- **Chaleur**: peut occasionner **des brûlures**. Utilisez des gants et vêtements épais, manipuler les pièces avec une pince.
- **Gaz émis** par l'électrode et les pièces (vapeur nitreuse et oxydes): soudez dans un espace ventilé ou aéré, idéalement avec un système d'extraction des fumées.
- **Champs magnétiques**: placer la pince de masse au plus près de la pièce.
- **Le risque électrique** est faible car la tension est faible. Attention toutefois en condition humide et avec un genou à terre.

## l. Nettoyer son cordon

Quand la soudure refroidit, le laitier se forme en surface pour protéger le bain de fusion de l'oxydation.

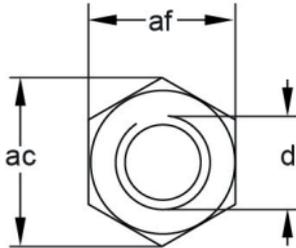
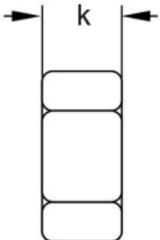
Une fois le cordon terminé, il faut **enlever le laitier pour contrôler la qualité de la soudure** !

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. Attention, le nettoyage des soudures avec le marteau engendre des projections de particules brûlantes. Utiliser impérativement des lunettes ou la cagoule.

Quand un cordon se fait en plusieurs étapes, il faut impérativement nettoyer la partie précédente pour éviter les inclusions de laitier. Il faut ensuite démarrer la suite du cordon en **recouvrant le cordon existant** d'au moins 1 cm pour assurer la continuité de matière.

# V. COMPLÉMENTS

## a. Quincaillerie

<b>Ecrous</b>		
Brut		
Zingué		
Frein ou Autobloquant		

Ex: M10 M = Système Métrique d ≈ 10mm

## Vis Hexagonale

Partiellement  
Filetée



Ex: M12x30 PF M = Système Métrique  $d = 12\text{mm}$   
 $L = 30\text{mm}$ (sous la tête) PF = Partiellement Filetée

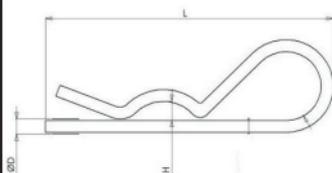
Entièrement  
Filetée



Ex: M10x40 M = Système Métrique  $d = 10\text{mm}$   
 $L = 40\text{mm}$ (sous la tête)

## Goupilles

Goupille  
épingle



Ex : Goupille épingle ( ou bêta) d'axe 15x70 Ø3  
 $H=15\text{mm}$   $L=70\text{mm}$   $D=3\text{mm}$

Goupille  
fendue



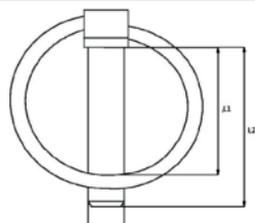
Ex : Goupille fendue 8 x 90  
 $d =$  pour trou de diamètre 8mm  $L = 90\text{mm}$

Goupille  
élastique



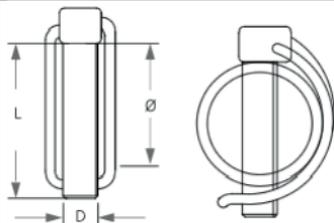
Ex: Goupille élastique 10x100  
d = pour trou de diamètre 10mm  
L = 100mm

Goupille clips



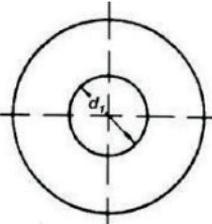
Ex: Goupille clips Ø6  
d = 6mm  
Goupille clips pour tube  
Ex: Goupille clips 10x50 pour

Goupille clips  
pour tube



D = 10mm L = 50mm Diamètre du tube = 45mm

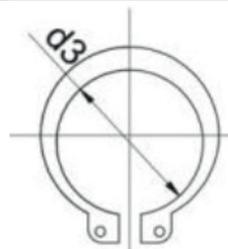
## Rondelles

<p>MU = M avec chanfrein</p>		    <p>s - épaisseur  d1 - diamètre intérieur  d2 - diamètre extérieur</p>
<p>LU</p>		
<p>LLU</p>		
<p>Grower</p>		
<p>Eventail</p>		

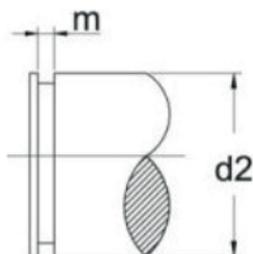
Ex: Rondelle M16 MU Zinguée M = Système Métrique  
d1(intérieur) = 16mm MU = Largeur Moyenne

## Circlips

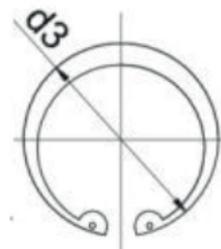
Circlips  
extérieur pour  
arbres



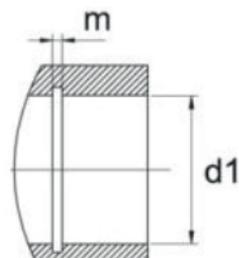
Ex: Circlips extérieur  
diamètre arbre 25mm  
 $d_2 = 25\text{mm}$   
 $d_3 = 23,2\text{mm}$



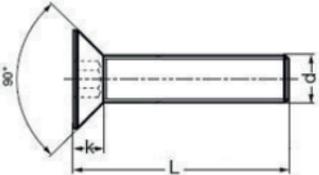
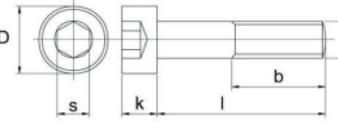
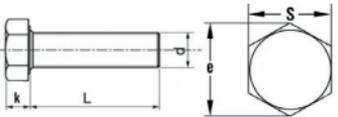
Circlips  
intérieur pour  
alésages



Ex: Circlips intérieur  
diamètre d'alésage 25mm  
 $d_1 = 25\text{mm}$   
 $D_3 = 26,9\text{mm}$



## Désignation de Vis

Type de têtes		
Tête fraisée : F		
Tête cylindrique : C		
Vis Hexagonale : H		

Système d'entraînement		
S Fente		
PH Philips		
PZ Pozidriv		
X Torx		

H 6 pans		
Hc 6 pans creux		

### **Exemple de vis**

<b>CHC:</b> Vis à tête Cylindrique Hexagonale Creuse	
<b>TFCC:</b> Vis à Tête Fraisée à Collet Carré	
<b>FHC:</b> Vis à tête Fraisée à Hexagonale Creuse	
<b>TRL:</b> Vis à Tête Ronde Large	
Vis à Ailette	
Vis Autoforeuse	

## Qualité de vis

**1er Nombre :** Résistance de rupture à l'acier (x 100 MPa )

**2ème Nombre :** Rapport entre limite élastique et résistance à la traction

**Ex :** Nombre 10.9  
Résistance rupture = 1000MPa  
Résistance élastique =  $1000 \times 0,9 = 900\text{MPa}$



Qualité Standard : 8.8

Vis

Ecrou



+



=

Boulon



## b. Notion de prix d'équipement

Les tarifs indiqués sont ceux constatés en 2024, affichés HT. Des références recommandées sont indiquées. Celles-ci peuvent être commandées via l'Atelier Paysan.

### Découpe :

Scie à ruban à sec (*Optimum SP 13 V*) : 600 €

Lame scie à ruban : 20 €

Tronçonneuse lame carbure (*FEIN MKAS 355*) : 800 €

Lame carbure : 140 €

Affûtage lame carbure : 30 €

Meuleuse Ø 125 (*Metabo WEQ 1400-125*) : 80 €

Disque de meuleuse : coupe 2 € | meulage 5,5 € | ponçage 4,5 €

### Perçage :

Perceuse magnétique (*Metabo MAG 50*) : 1700 €

Perceuse d'établi (*Optimum DQ 22*) : 520 €

Foret Ø 15 : 14 € | Fraise Ø 15 : 35 € | Foret Ø 30 : 52 € |

Fraise Ø 30 : 57 €

Taraud machine 1 passe M14 : 24 €

Kit de tarauds 3 passes M8 : 15 € | M14 : 27 €

### Soudage :

Poste à souder (*Magmaweld Megastick 200i*) : 360 €

Bouteille de gaz pour MIG/TIG S11 : 350 €

Boîte d'électrodes : 29 €

### Outils à main :

Équerre magnétique : 7-15 €

Pince étau (*Facom 501A*) : 46 €

Trusquin sur table : 120 €

Jauge bord parallèle (*Vogel ME336230*) : 60 €

Équerre à chapeau (*Facom DELA125704*) : 26 €

## c. Résistance des matériaux

La résistance des matériaux permet de faire le lien entre les sollicitations mécaniques d'une structure (forces appliquées) et son comportement local (contraintes et déformations). Cela permet de trouver un compromis solidité/poids/prix à la conception, ou de prévoir la rupture d'un élément dans certaines conditions.

On peut décomposer l'état interne d'une structure en une somme des contraintes élémentaires suivantes :

- Traction (ex : Câble de contreventement)
- Compression (ex : Pilier d'un pont)
- Cisaillement (ex : Boulon de rupture)
- Torsion (ex : Serrage d'une vis)
- Flexion (ex : Grue)

C'est la somme de ces contraintes en tout point de la structure qui permet de déterminer son comportement en service.

Lorsque l'on conçoit une pièce ou un assemblage il est donc toujours bon de se demander quelles seront les principales contraintes en fonction des efforts existants !

La réaction est liée aux caractéristiques mécaniques du matériau (acier doux, acier dur, aluminium...) mais également à la géométrie de la section ! Exemple : un fer plat sur son chant résistera mieux à la flexion que sur son plat, un tube sera plus résistant à la torsion qu'un fer plat de masse égale, etc.

Dans le cas de l'acier, et de manière générale pour les calculs de structures, c'est la flexion qui sera la plus contraignante. Les calculs ne sont pas simples, mais il existe des formulaires de calcul accessibles en ligne.

## Grandeurs usuellement rencontrées :

**Module d'élasticité :** (ou module d'Young) Noté « E » (en GPa). Caractérise l'élasticité d'un matériau : soit le lien entre la force appliquée et sa déformation. Plus cette valeur est grande et plus le matériau est « raide ». Par exemple : Acier  $E = 210$  GPa, Aluminium  $E = 70$  GPa, Caoutchouc  $E = 0,1$  GPa.

**Limite élastique :** Souvent notée  $R_e$  (en MPa), il s'agit de la contrainte admissible par un matériau pour qu'il reste dans son domaine de déformation élastique. C'est-à-dire que, passé la contrainte  $R_e$ , la pièce ne va pas revenir à sa forme initiale mais sera déformée de manière irréversible.. Pour l'acier de construction standard S235,  $R_e = 235$  MPa.

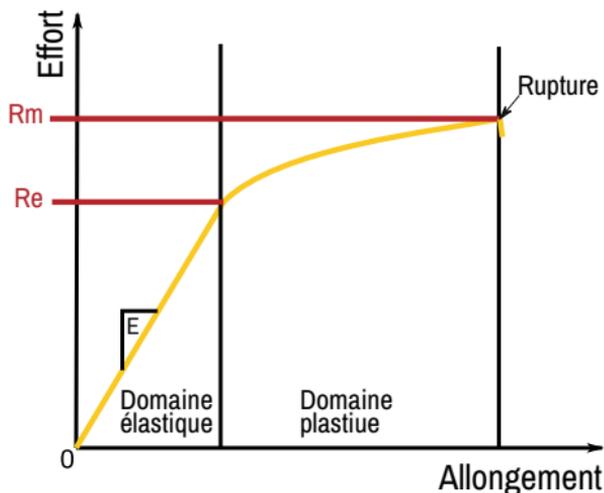
**Limite de rupture :** Souvent notée  $R_m$  (en MPa), il s'agit de la contrainte admissible par un matériau avant rupture. Pour l'acier de construction standard S235,  $R_m = 340$  MPa.

**Déformation élastique :** Domaine de déformation pour lequel le matériau reprendra sa forme initiale si l'on retire le chargement (ex : ressort de suspension).

**Déformation plastique :** Domaine de déformation pour lequel le matériau conservera une déformation résiduelle si l'on retire le chargement (ex : tôle pliée).

**La ductilité** désigne la capacité d'un matériau à se déformer plastiquement sans se rompre. C'est sa capacité à résister à la propagation de fissure. Un matériau non ductile sera dit fragile (ex : du verre).

**La résilience** est une mesure définissant le comportement plus ou moins fragile en présence d'un choc.



## d. Métallurgie de l'acier

### Composition de l'acier :

L'acier est un mélange de Fer et de Carbone (0,2 à 1.75 %) quand il est non-allié. Il peut être allié à d'autres éléments, comme par exemple pour l'acier inoxydable : 10% de Chrome et parfois du Nickel ou du Molybdène.

### Dénomination :

Il existe énormément de dénominations d'acier. L'acier de base pour la construction métallique est l'acier **S235** : 235 indiquant sa limite élastique en MPa. L'étiré pour la réalisation d'axes est du **C60**, avec une limite d'élasticité plus importante.

### ACIER A60 ou C45 ?

Il existe deux désignations pour qualifier quasiment le même alliage, mais avec des propriétés garanties par les constructeurs différentes :

**C45** : garantit un pourcentage de carbone à 0,45 %

**A60** : garantit l'allongement pour cent noté « A% », qui correspond à

la capacité d'un matériau à s'allonger avant de rompre lorsqu'il est sollicité en traction.

Les dénominations S ou E garantissent leur résistance ou leur élasticité.

Il existe donc des tableaux comparatifs entre ces différentes désignations. Par exemple, du S235 peut s'apparenter à du A40.

### **Obtention :**

Les barres d'acier sont le plus souvent laminées à chaud (LAC), c'est-à-dire passées à haute température entre des rouleaux imposant la dimension du profilé.

Les tubes les plus courants sont obtenus à partir d'une tôle formée par un passage dans une série de rouleaux qui vont lui donner peu à peu son profil (rond, carré, rectangulaire, ...) puis qui sera soudée à la jonction (d'où le cordon de soudure dans les tubes). Une couche de calamine se forme lors du refroidissement.

Les profilés étirés (tubes ou pleins) sont passés dans une filière qui impose la dimension extérieure, ce qui a plusieurs conséquences : la précision de la dimension est très bonne, l'état de surface est bon et le profilé subit un écrouissage (devient plus dur), absence de calamine.

On peut distinguer des profilés laminés ou étirés notamment en contrôlant la précision des dimensions. Par exemple, sur un profilé carré, les arêtes seront vives sur de l'acier étiré et en congés sur du LAC.

### **Les traitements thermiques :**

Ils servent à modifier la structure moléculaire d'un métal pour changer ses caractéristiques mécaniques.

- **La trempe :** après une montée à une certaine température, à cœur de la pièce, on refroidit rapidement le métal (en le plongeant dans

l'eau, l'huile,...). Cela a pour effet d'augmenter la dureté, la limite élastique mais aussi la fragilité. Tous les aciers ne prennent pas la trempe: il faut une teneur en carbone suffisante, par exemple l'acier standard de construction S235 ne prend pas la trempe.

- Le **recuit** ou **normalisation**: il réduit la dureté, augmente la ductilité et élimine les contraintes internes. On fait un recuit sur un acier traité thermiquement pour le « remettre à zéro » et ainsi faciliter son usinage.
- Le **revenu**: intervient après la trempe. On remonte la température pour la laisser redescendre doucement. Cela rend le matériau moins fragile, mais aussi un peu moins dur.

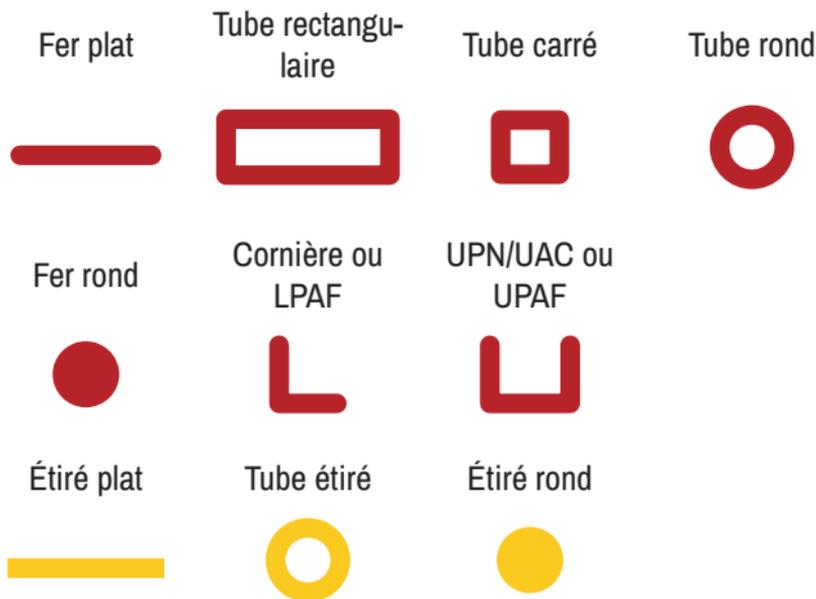
## e. Glossaire technique

**Profilé**: Produit métallurgique de grande longueur et de **section constante**, obtenu par laminage à chaud ou étirage à froid.

**Tube**: profilé à section creuse. *Attention à l'abus de langage courant: un tube n'est pas un profilé rond creux ou plein. Il y a des tubes ronds mais aussi des tubes carrés.*

**Section**: face extrudée du profilé, les dimensions de la section servent à définir le profilé, par exemple: fer plat 30x10: section rectangulaire de 30mm x 10mm (en clair sur l'image).





### Formes et Dénominations des profilés courants

**Chant :** face la plus petite d'un profilé.

**Plat :** face la plus grande ( en foncé sur l'image ).

**Congé :** arrondi sur une arête



**Chanfrein :** coupe oblique sur une arête pour la casser



**Alésage :** forme contenant ( trou ), cylindrique ou non.

**Boulon :** ensemble composé d'une vis et d'un écrou, parfois même d'une rondelle.

**Entretoise :** pièce maintenant un écartement.

**Tolérance :** c'est la plage dans laquelle la cote réelle doit absolument se trouver pour satisfaire la conception. Ex: la mesure réelle correspondant à la cote suivante  $10 \pm 0,01$  doit être située entre 9,99 et 10,01.

**Calamine :** mélange d'oxyde de fer qui se dépose à la surface des aciers chauffés à une température supérieure à  $575^{\circ}\text{C}$ . On en retrouve donc sur les aciers laminés à chaud.

**Écrouissage :** c'est le durcissement d'un métal sous l'effet de sa déformation plastique. Ex: quand on plie un fer, et qu'on essaie de le redresser, un nouveau pli se forme à côté du premier: car le 1er pli est écroui, donc plus dur, et ne va donc pas plier en priorité.  
L'inconvénient est la réduction de sa résilience. Un sablage permet un écrouissage de surface causé par les multiples déformations surfaciques causées par le sable.

**Méplat :** surface plane sur une pièce de section circulaire.



**Trou oblong :** trou plus long que large, terminé par deux demi-cylindres.







# L'atelier paysan



[www.latelierpaysan.org](http://www.latelierpaysan.org)  
[forum.latelierpaysan.org](http://forum.latelierpaysan.org)

Date de dernière mise à jour  
13/09/2024

