

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**Université Mohamed Khider de Biskra**  
**Faculté des Sciences et de la Technologie**  
**Département de Génie Mécanique**

## **Support de Cours**

# **Matière : Technologie de Base**

**Pour les étudiants de 2<sup>ème</sup> année ST**

**Filières :**  
**Génie Mécanique**

**Métallurgie**

**Ingénierie des Transports**

**Génie Civil**

**Hydraulique**

**Travaux Publiques**

**Aéronautique**

**Dr. Adnane LABED**

Le présent document consiste à donner un aperçu sur les différents modes de fabrication des pièces. Il s'agit d'un support de cours de la matière "Technologies de base" destiné aux étudiants de la 2<sup>ème</sup> année de tronc commun du domaine des Sciences et Technologie (ST). Le cours est structuré selon le programme des enseignements du socle commun, 3<sup>ème</sup> semestre ST, défini par l'arrêté 562 du 23 Juillet 2014.

Le contenu de ce document est largement inspiré des documents et sources cités dans la liste des références bibliographiques. Dans cette matière l'étudiant(e) aura tout d'abord des définitions générales sur les matériaux métalliques et non métalliques, ensuite des informations sur les procédés d'obtention des pièces, avec et sans enlèvement de matière et enfin les techniques d'assemblage.

# Sommaire

---

## Sommaire

### *CH 01 : Matériaux*

1	Définitions .....	1
1.1	Métal pur .....	1
1.2	Alliage .....	1
1.3	Structure des métaux et alliages .....	1
2	Les métaux ferreux et leurs alliages .....	2
2.1	L'alliage fer-carbone : .....	2
2.2	Les éléments d'adition .....	2
2.3	Les aciers .....	3
2.3.1	Groupe 1 : .....	3
2.3.2	Groupe 2 : .....	3
2.4	Les fontes .....	4
2.4.1	Classifications et désignations des fontes : .....	4
3	Alliages non ferreux .....	5
3.1	Alliages d'aluminium .....	5
3.2	Alliages de cuivre : .....	7
3.3	Les alliages de Zinc .....	7
3.4	Les alliages de Nickel .....	8
3.5	Les alliages de Titane .....	8
3.6	Les alliages de Magnésium .....	8
4	Matériau composite .....	8
5	Matière plastique .....	9



# Sommaire

---

## *CH 02 : Procédés d'obtention des pièces sans enlèvement de matière*

1	Le moulage .....	10
1.1	Techniques de moulage .....	11
1.1.1	Avec moules permanents .....	11
1.1.2	Avec moules à usage unique .....	12
2	Le Cintrage (Roulage) : .....	13
3	Repoussage au tour .....	13
4	Le Laminage .....	14
5	Le tréfilage : .....	14
6	Le découpage .....	15
6.1	Le poinçonnage et l'emboutissage .....	15
6.2	L'Oxycoupage .....	16
6.3	La découpe jet d'eau .....	17
6.4	La découpe Laser .....	18
7	Le pliage.....	19
8	Frittage et métallurgie des poudres .....	20
9	Le forgeage .....	20
9.1	Le forgeage manuel : .....	20
9.2	Le matriçage et l'estampage.....	20



# Sommaire

---

## *CH 03 : Procédés de Fabrication par enlèvement de matière*

1	Le perçage: .....	23
2	Le Sciage .....	24
2.1	Scie à main: .....	24
2.2	Scie à ruban : .....	25
2.3	Scies alternatives: .....	25
3	Le limage: .....	25
4	Le tournage: .....	26
4.1	Opérations de tournage.....	27
4.1.1	Chariotage .....	27
4.1.2	Dressage .....	27
4.1.3	Rainurage .....	27
4.1.4	Chanfreinage .....	27
4.1.5	Tronçonnage .....	27
4.1.6	Filetage.....	27
4.1.7	Perçage .....	27
4.1.8	Alésage.....	27
5	Le fraisage:.....	27
5.1	Les opérations de fraisage .....	28
6	Le rabotage.....	29
6.1	L'Étau-limeur .....	30
6.2	La raboteuse .....	30
7	La rectification .....	30

# Sommaire

---

## *CH 04: Techniques d'Assemblage*

1	Degré d'assemblage (voir cours : degrés de liberté) .....	32
2	Types d'assemblages.....	32
2.1	Assemblage permanent .....	32
2.2	Assemblage démontable.....	32
2.3	Assemblage direct .....	33
2.4	Assemblage indirect .....	33
3	Exemples d'assemblages.....	33
3.1	Soudage .....	33
3.1.1	Le soudage hétérogène (le Brasage) .....	34
3.1.2	Le soudage autogène.....	35
3.1.3	Exemples.....	35
3.2	Rivetage.....	37
3.3	Emmanchement à force.....	37
3.4	Arc-boutement.....	38
3.5	Assemblage conique.....	38
3.6	Vissage et Boulonnage .....	38
3.7	Goujons .....	40
3.8	Le clavetage.....	41
3.9	Le Clinchage .....	41
3.10	Le frettage .....	42
3.11	L'emboîtement élastique.....	43
3.12	Un embrèvement .....	43
3.13	Le sertissage .....	43



# *Chapitre 01*

# *Matériaux*

## 1 Définitions

Un alliage métallique se caractérise par une structure qui définit la façon d'organisation des atomes constituant cet alliage métallique.

### 1.1 Métal pur

Un métal pur est un métal exempt de toute impureté c'est-à-dire contenant une pureté de 100% d'une seule espèce. Cela n'existe pas mais il peut atteindre une pureté de 99,9% pour le nickel, 99,99% pour le cuivre et 99,998% pour l'aluminium.

Les métaux représentent 2/3 des éléments du tableau périodique et environ 24% de la masse de la planète. Ce qui distingue les métaux des non métaux est leurs liaisons interatomiques.

### 1.2 Alliage

Un alliage est un métal pur dans lequel on a introduit volontairement un ou plusieurs éléments d'addition. Il peut être binaire, ternaire ou quaternaire selon qu'il renferme deux, trois ou quatre éléments d'addition.

### 1.3 Structure des métaux et alliages

L'observation des métaux et des alliages montre que ceux-ci ont une organisation interne appelée **structure**.

La plupart des métaux comme la plupart des solides ont des structures cristallines cubiques (CC et CFC) ou hexagonales (HC).

Les alliages des métaux utilisés sont obtenus par cristallisation de deux ou de plus de deux métaux, parfois avec des inclusions d'éléments non métalliques.

Un alliage est constitué d'un nombre de phases solides distinct. Une phase est définie comme une part structurellement homogène du système qui est séparée des autres parties par une ligne de démarcation physique définie. Chaque phase a sa propre structure et ses propriétés associées. On distingue :

- Les alliages ferreux
- Les alliages non ferreux

## 2 Les métaux ferreux et leurs alliages

### 2.1 L'alliage fer-carbone :

Le métal de base est le fer, c'est le métal de base le moins cher. il dispose de trois variétés allotropiques :

Le fer  $\alpha$  (ferrite) présent jusque 906°C., de structure cubique centrée (C.C.).

Le fer  $\gamma$  (austénite) stable entre 906 et 1400°C., de structure cubique à faces centrées (C.F.C.).

Le fer  $\delta$  est stable entre 1400 et 1528°C., de structure cubique centrée (C.C.).

Le Carbone : Il fond à 3500°C., il dispose de trois variétés allotropiques (le graphite, le diamant, et le noir de fumée). Il est le composant essentiel (après le fer) des aciers et des fontes.

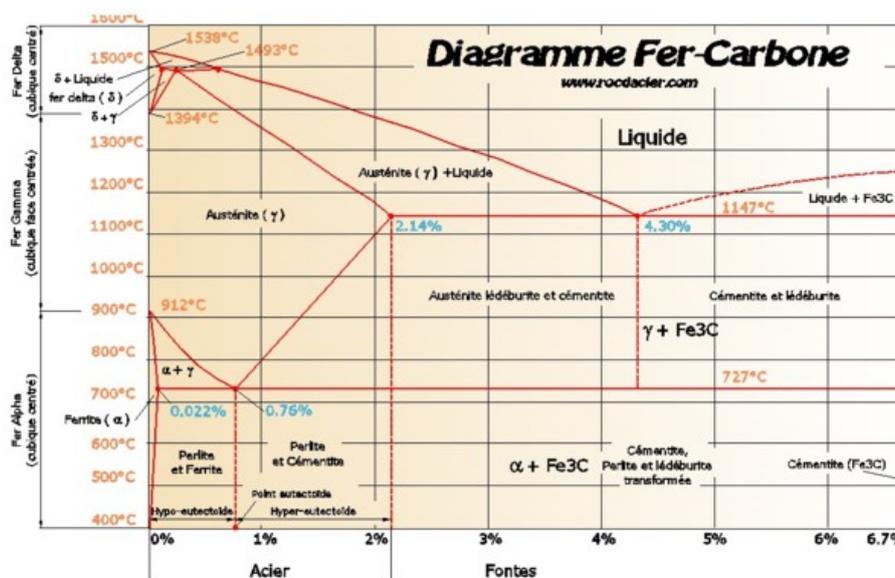


Fig.01. Diagramme fer-Carbone

### 2.2 Les éléments d'addition

L'objectif est de modifier les caractéristiques d'un alliage fer carbone. Ces modifications dépendent des éléments ajoutés et de leurs pourcentages.

Exemple : Nickel, manganèse, molybdène, cobalt, chrome, silicium, phosphore, tungstène, titane, vanadium...

- L'aluminium augmente légèrement la trempe.
- Le chrome augmente la résistance à la corrosion et à l'oxydation.

- Le plomb améliore l'usinabilité
- Le soufre est considéré comme impureté

## 2.3 Les aciers

Pour des raisons industrielles, la norme (NF) a retenu deux groupes de désignations :

### 2.3.1 Groupe 1 :

Les aciers S et E (anciennement A) d'usage générale et de construction mécanique (façonnage ultérieur, fils tôles,..)

Le chiffre qui suit la lettre S/E indique la valeur minimale de la limite d'élasticité en MPa (N/mm<sup>2</sup>).

#### Exemple :

S240 : acier de construction mécanique ayant une limite élastique minimale de 240MPa

Il existe d'autres lettres H,P,D, L, B,Y...

Un acier moulé sera précédé par la lettre G ( GS 200 ou GE 240).

### 2.3.2 Groupe 2 :

Nous distinguerons 3 cas :

**Les aciers non alliés C** : (anciennement XC) : le pourcentage de manganèse est inférieur à 1% (la teneur en carbone est multipliée par 100). Exp : C32

Un acier moulé sera précédé par la lettre G. Exp : GC32

**Les aciers faiblement alliés** : La teneur en manganèse est supérieure à 1% et aucun élément d'addition ne doit dépasser 5% en masse.

Exemple : 32Cr Mo 4-2 (la valeur 32 représente le pourcentage de carbone multiplié par 100, Cr Mo sont des symboles chimiques des éléments d'addition placés dans l'ordre décroissant, valeurs 4-2 indique la teneur % en masse des éléments d'addition depuis le premier symbole, cette valeur étant multiplier par un facteur donné. Voir tableau).

Eléments d'adition	Facteur de multiplication
Cr, Co, Mn, Si, W	4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
Ce, N, P, S	100
B	1000

Tableau 1 : Facteurs de multiplication des différents éléments d'addition

**Les aciers fortement alliés :** dont la teneur d'au moins un des éléments est supérieure ou égale à 5% (cette catégorie comporte deux sous groupes : aciers fortement alliés, et les aciers à coupe rapide)

La désignation commence par la lettre X suivie de la même désignation que pour les aciers faiblement alliés.

**Exemples :**

**X 8 Cr Ni 18-9** (X précise que l'alliage est un acier fortement allié).

**HS 7-4-2-5** (HS précise que l'alliage est un acier à coupe rapide, 7 valeur correspond au % de tungstène, 4 est le % de molybdène, 2 est le % de vanadium, 5 est le % de cobalt).

## **2.4 Les fontes**

La fonte, en métallurgie, est un alliage de fer riche de 2,1 à 6,67 % de carbone (6,67 % étant le maximum). Leur grande coulabilité permet d'obtenir des pièces de fonderie aux formes complexe. Le pourcentage élevé de carbone rend les pièces assez fragiles et inadaptées aux déformations à froid (forgeage, laminage...).

### **2.4.1 Classifications et désignations des fontes :**

#### **2.4.1.1 Fonte grise :**

- Les fontes à graphite lamellaire FGL

C'est la plus courante des fontes grises. Le graphite s'y trouve sous forme de lamelles.

Les principales qualités des fontes GL sont :

- facilité d'usinage ;
- très bonne résistance à la corrosion et à la déformation à chaud ;
- très bonne absorption des vibrations ;
- stabilité dimensionnelle (réalisation de machine outil silencieuse et stable géométriquement) ;
- excellente coulabilité ;
- prix du métal peu élevé ;

Les principaux défauts :

- relativement fragile comparé aux aciers et aux fontes GS

Les principales utilisations :

- toutes pièces mécaniques (différentes grades de résistance) ;
- bâtis de machines outils, bonne résistance aux vibrations ;

- tuyaux et canalisation (il est possible de couler des tubes de grande taille via le coulage par centrifugation).

**Désignation** : FGL valeur de la résistance minimale à la rupture par extension

- Les fontes à graphite sphéroïdale FGS

Fonte dans laquelle le graphite se trouve sous forme de nodules (sphéroïdes). Cette microstructure particulière est obtenue par l'ajout de magnésium dans la fonte peu de temps avant le moulage (si la fonte est maintenue en fusion, elle perd les spécificités des fontes GS au bout d'une dizaine de minutes). Le magnésium s'évapore mais provoque une cristallisation rapide du graphite sous forme de nodules. Cette microstructure lui donne des caractéristiques mécaniques proches de l'acier.

Désignation : FGS valeur de la résistance minimale à la rupture par extension, allongement en % après rupture.

#### **2.4.1.2 Fonte blanche**

- Les fontes malléables MB : Solution de perlite et de cémentite. Le carbone s'y trouve sous forme de carbure de fer ( $Fe_3C$ ). Possédant une bonne coulabilité, et un aspect blanc brillant, la fonte blanche est principalement utilisée pour les pièces d'aspect, les pièces d'usure (telles que les pointes de socs) et la fonderie d'art. La présence de carbure la rend très résistante à l'usure et à l'abrasion, mais la rend aussi très difficilement usinable.
- Les fontes malléables MN et MP : leurs propriétés sont proches de celles de MB et de l'acier. Elles peuvent être moulées en faibles épaisseurs et sont facilement usinables (carters, boîtiers...).

Désignation : similaire aux fontes FGS.

### **3 Alliages non ferreux**

#### **3.1 Alliages d'aluminium**

Les alliages d'aluminium pour fonderie sont des alliages dont le constituant principal est l'aluminium, destinés à être transformés par des techniques de fonderie. Ils sont souvent nommés « alliages légers » du fait de leur masse volumique nettement inférieure à celles d'autres métaux utilisés dans l'industrie.

##### **Principales propriétés :**

- Bon conducteur de la chaleur et de l'électricité

- Faible masse volumique : 2,7 kg/dm<sup>3</sup>
- Point de fusion : 658° C
- Faible module d'Young : 70000 N/mm<sup>2</sup> 70000 Mpa 70000DaN/mm<sup>2</sup>
- Coefficient de rigidité par unité de masse est sensiblement égal à celui de l'acier
- Faible limite élastique
- Fort allongement à la rupture (tôles minces, feuilles, papier)
- La résistance à la corrosion est bonne à condition que la couche d'alumine soit formée car ensuite elle empêche la corrosion de pénétrer dans l'aluminium.

Par contre l'association avec un métal plus électropositif (acier, alliages de cuivre) détruit la couche d'alumine qui ne peut donc plus protéger l'aluminium.

Les éléments d'addition sont peu nombreux : cuivre, silicium, magnésium, manganèse, titane et des associations magnésium + silicium, zinc + magnésium, zinc + magnésium + cuivre.

### **Désignation des alliages d'aluminium**

On distingue deux grandes classes d'alliages d'aluminium:

1. **Les alliages corroyés** : produits obtenus par des procédés de déformation plastique à chaud ou à froid tels que le filage, le laminage

La désignation comporte les éléments suivants :

- le préfixe EN suivi d'un espace
- la lettre A qui représente l'aluminium
- la lettre W qui représente les produits corroyés
- un tiret -
- quatre chiffres représentant la composition chimique

2. **Les alliages de moulage** : obtenus par fonderie seulement.

La désignation comporte les éléments suivants :

- le préfixe EN suivi d'un espace
- la lettre A qui représente l'aluminium
- la lettre C qui représente les produits moulés
- un tiret -

- cinq chiffres représentant la composition chimique :
- 2 premiers indiquent le groupe d'alliage
- 3 derniers indiquent la composition chimique.

**Exemple :** EN AC-21000 : alliage d'aluminium à 4% de cuivre avec des traces de manganèse et de titane.

### 3.2 Alliages de cuivre :

Les alliages de cuivre désignent un ensemble d'alliages où la teneur en cuivre est majoritaire et qu'on appelle cupro-alliages. Ils ont en général une bonne résistance à la corrosion.

Les grandes familles de ces alliages sont :

- les laitons : cuivre-zinc (exemple : CW 612 N, appellation chimique : CuZn39Pb2) ;
- les bronzes : cuivre-étain (exemple : CW 460 K, appellation chimique : CuSn8PbP) ;
- les cupro-aluminiums : cuivre-aluminium ;
- les cupronickels : cuivre-nickel ;
- les maillechorts : cuivre-nickel-zinc ;
- les cuprosiliciums : cuivre-silicium ;
- les cuproplombs : cuivre-plomb ;
- les billons : cuivre-argent ;
- les zamaks : zinc-aluminium-magnésium-cuivre (où le cuivre est minoritaire).

### 3.3 Les alliages de Zinc

Les alliages de zinc normalisés en fonderie sont le plus souvent alliés à l'aluminium (de 4 à 30%) et contiennent parfois de faibles additions de magnésium (de 0,012 à 0,06%) et de cuivre (jusqu'à 3%).

Le plus couramment utilisé (95% du marché) est appelé zamak (zinc pur à 99,995%). Sa coulabilité et sa bonne pénétration en font un alliage adapté à la coulée sous-pression qui permet d'obtenir des pièces minces et/ou de configuration compliquée. La précision dimensionnelle des pièces coulées en zamak est exceptionnelle et peut s'appliquer à des parois d'une grande finesse.

Les propriétés du zamak :

- point bas de fusion (394 °C) ;
- caractéristiques mécaniques élevées ;
- excellente coulabilité (formes complexes, faibles épaisseurs) ;
- stabilité dimensionnelle (faible retrait) ;

- aptitude à la décoration ;
- résistance à la corrosion ;
- cadences de production élevée.

Les alliages Kayem sont utilisés pour une fabrication économique, par moulage au sable, des outillages de presse (outils de découpe, moules d'injection de soufflage ou de thermoformage des matières plastiques).

D'autres alliages, appelés ZL peuvent être coulés en coquille ou sous pression, ce qui leur confère un bon état de surface (apprécié en décoration) et des caractéristiques mécaniques élevées convenant bien à la réalisation de prototypes, de préséries et de pièces susceptibles de recevoir un traitement thermique.

### **3.4 Les alliages de Nickel**

Le nickel pur a des caractéristiques mécaniques moyennes et résiste bien en milieu réducteur. L'addition d'autres éléments permet d'obtenir des alliages plus résistants mécaniquement et d'étendre leur domaine de résistance à la corrosion. Le chrome augmente sa tenue à la corrosion aux agents oxydants. Le molybdène ajouté seul ou conjointement au chrome augmente la tenue à la corrosion dans de nombreux milieux (sulfurique, chlorhydrique, marin).

### **3.5 Les alliages de Titane**

Le Titane est un métal de transition léger, résistant, d'un aspect blanc métallique, qui résiste à la corrosion. Le titane est principalement utilisé dans les alliages légers et résistants, et son oxyde est utilisé comme pigment blanc. Les propriétés industriellement intéressantes du titane sont sa résistance à la corrosion, souvent associée à la résistance à l'érosion et au feu, la biocompatibilité, mais aussi ses propriétés mécaniques (résistance, ductilité, fatigue, etc.) qui permettent notamment de façonner des pièces fines et légères comme les articles de sport, mais aussi des prothèses orthopédiques.

### **3.6 Les alliages de Magnésium**

Le magnésium est principalement utilisé dans les alliages aluminium-magnésium. On l'utilise aussi pour faciliter l'élimination du soufre dans la métallurgie du fer et des aciers. Il permet la fabrication de fonte à graphite sphéroïdal, dans laquelle le graphite se trouve sous forme de nodules (sphéroïdes).

## **4 Matériau composite**

Un matériau composite est un assemblage d'au moins deux composants non miscibles (mais ayant une forte capacité de pénétration) dont les propriétés se complètent. Le nouveau matériau ainsi constitué, hétérogène, possède des propriétés que les composants seuls ne possèdent pas.

Ce phénomène, qui permet d'améliorer la qualité de la matière face à une certaine utilisation (légèreté, rigidité à un effort, etc.) explique l'utilisation croissante des matériaux composites dans différents secteurs industriels. Néanmoins, la description fine du composite reste complexe du point de vue mécanique de par la non-homogénéité du matériau.

Un matériau composite se compose comme suit : matrice + renfort + optionnellement : charge et/ou additif.

Exemples : Le béton armé (composite béton + armature en acier),

Le composite fibre de verre + résine polyester.

## **5 Matière plastique**

Une matière plastique ou en langage courant un plastique, est un mélange contenant une matière de base (un polymère) qui est susceptible d'être moulé, façonné, en général à chaud et sous pression, afin de conduire à un semi-produit ou à un objet.

Les matières plastiques couvrent une gamme très étendue de matériaux polymères synthétiques ou artificiels. On peut observer aujourd'hui sur un même matériau des propriétés qui n'avaient jamais auparavant été réunies, par exemple la transparence et la résistance aux chocs.

Généralement, les polymères industriels ne sont pas utilisés à l'état « pur », mais mélangés à des substances miscibles ou non dans la matrice polymère. Les textiles (fils et fibres) ainsi que les élastomères ne sont pas des matières plastiques proprement dites.

Il existe un grand nombre de matières plastiques ; certaines connaissent un grand succès commercial. Les plastiques se présentent sous de nombreuses formes : pièces moulées par injections, tubes, films, fibres, tissus, mastics, revêtements, etc. Ils sont présents dans de nombreux secteurs, même dans les plus avancés de la technologie.

# *Chapitre 02*

## *Procédés d'obtention des pièces sans enlèvement de matière*

### 1 Le moulage

Le moulage : le moulage consiste à verser dans une empreinte un métal liquide qui s'écoule par gravité ou sous pression et qui prend en se solidifiant la forme de l'empreinte.

Remarques sur le moulage :

- La température de fusion du métal coulé doit être inférieure à la température de fusion du matériau constituant le moule.
- Un moule métallique prend le nom de « coquille ».
- Le moulage permet d'obtenir économiquement des pièces compliquées.
- La fonte se moule mieux que l'acier. La fonte en fusion est plus fluide que l'acier en fusion.

Les étapes du moulage :

1. Fondre le métal
2. Le verser dans le moule
3. Le laisser refroidir

On distingue deux techniques de moulage :

- 1) Avec moules permanents
- 2) Avec moules à usage unique

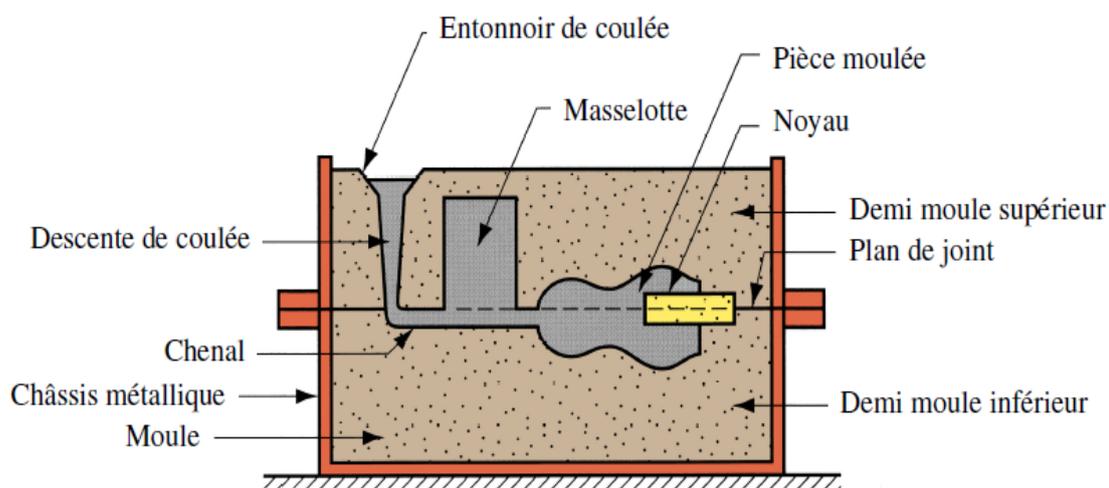
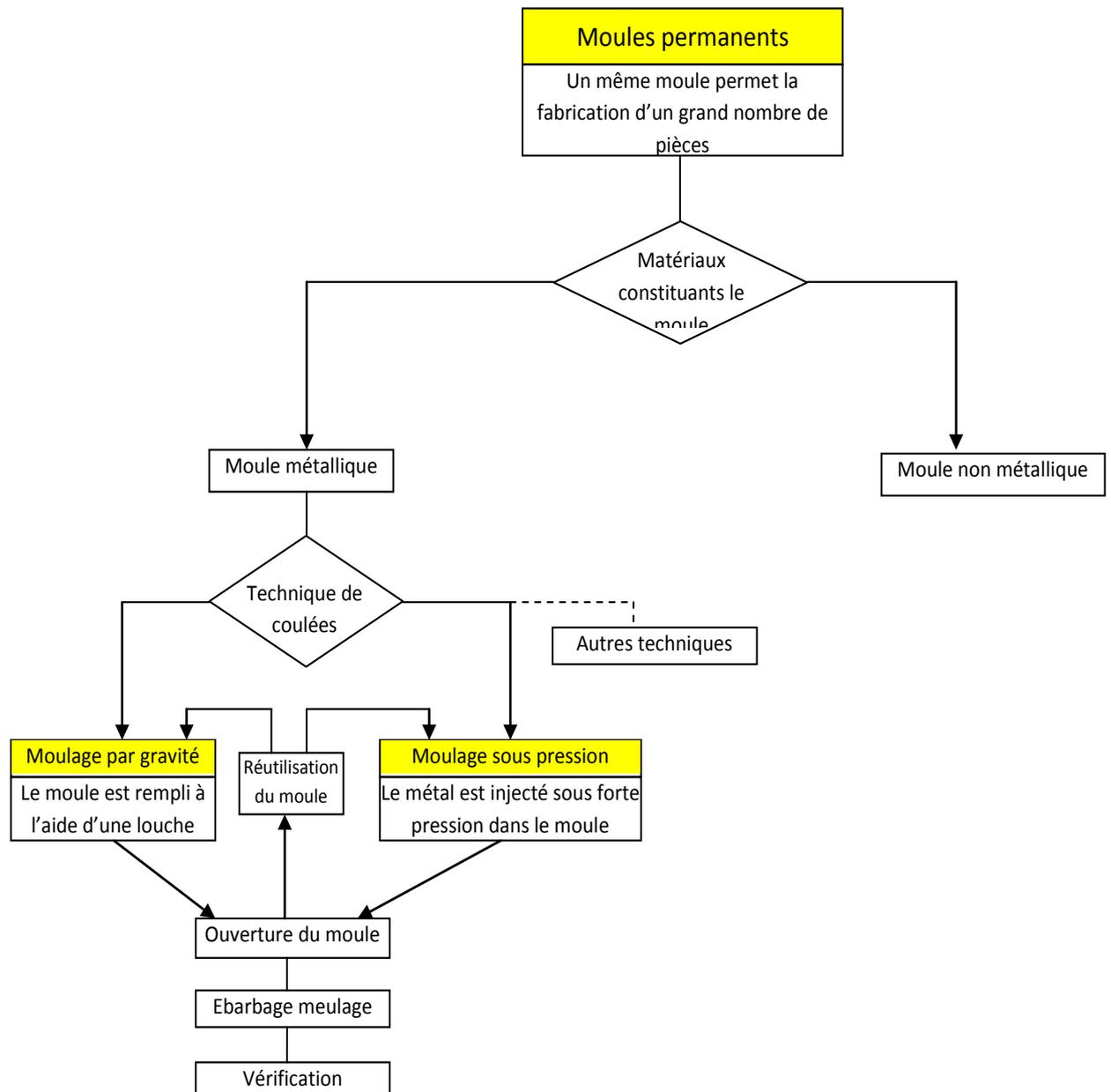


Fig.02. Schéma de fonctionnement

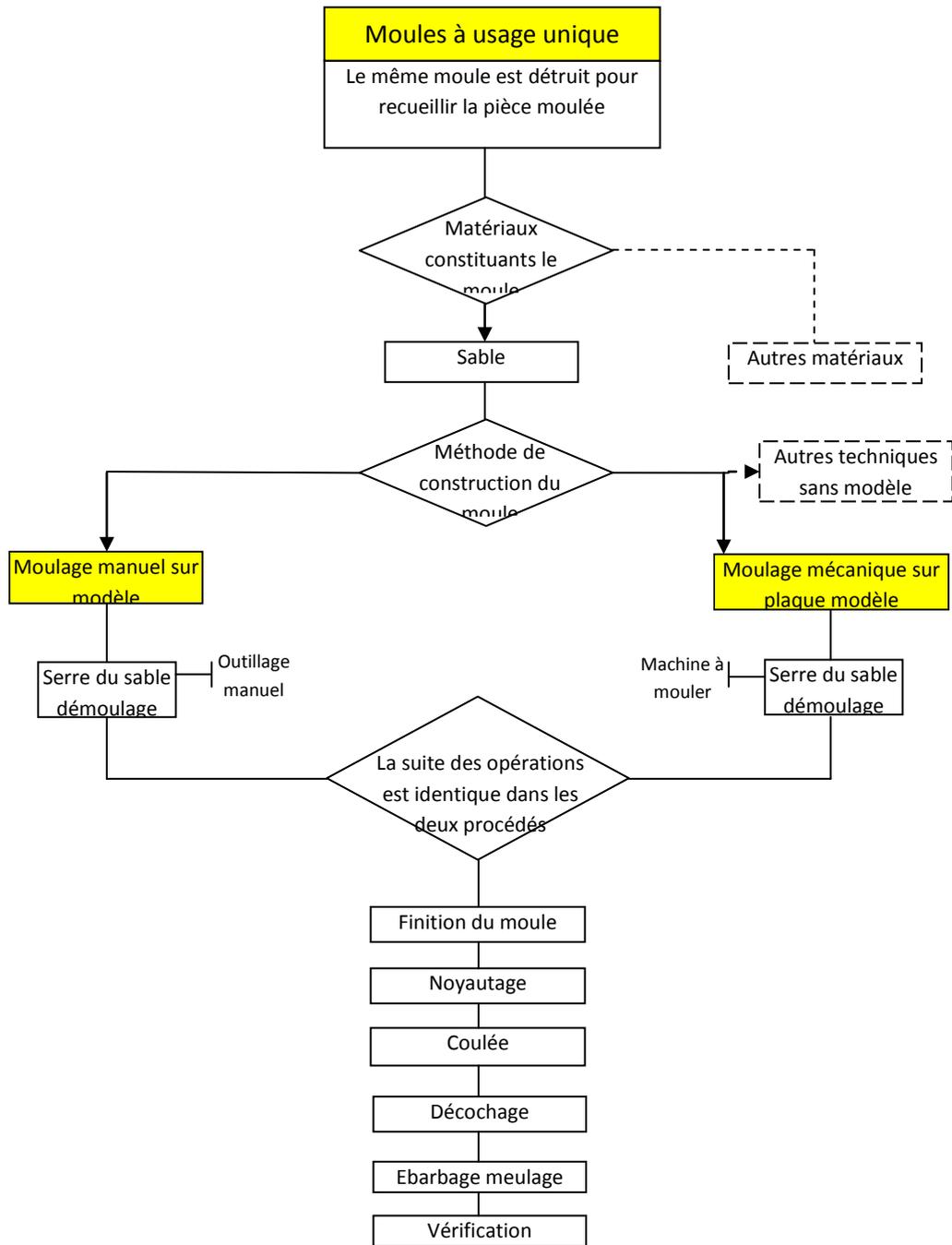
## 1.1 Techniques de moulage

### 1.1.1 Avec moules permanents



Organigramme de moulage avec moules permanents

### 1.1.2 Avec moules à usage unique



**Organigramme de moulage avec moules à usage unique**

## 2 Le Cintrage (Roulage) :

Le cintrage (roulage) consiste à cintrer une tôle plane. On déforme une feuille de métal pour arriver à une pièce de révolution conique ou cylindrique. Ceci est réalisé par des outils qui sont des cylindres comportant le même profil que la pièce à déformer en nombre et en disposition variés autour de la pièce.

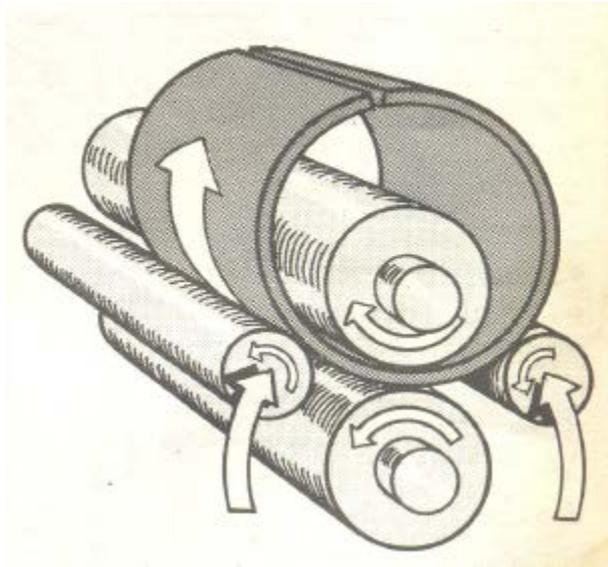


Fig.03. Schéma de principe du cintrage

## 3 Repoussage au tour

Il consiste à plaquer une feuille de métal (Le Flan) contre une forme (le Mandrin) à l'aide d'un outil.

Le flan et le mandrin sont entraînés en rotation par le tour.

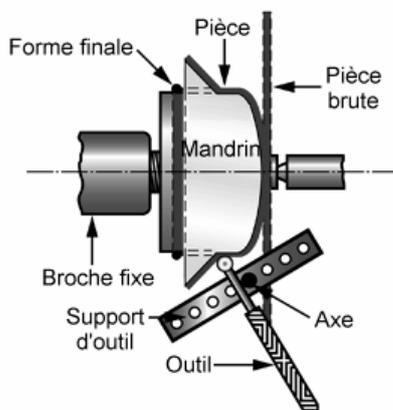


Fig.04. Schéma de principe du repoussage au tour

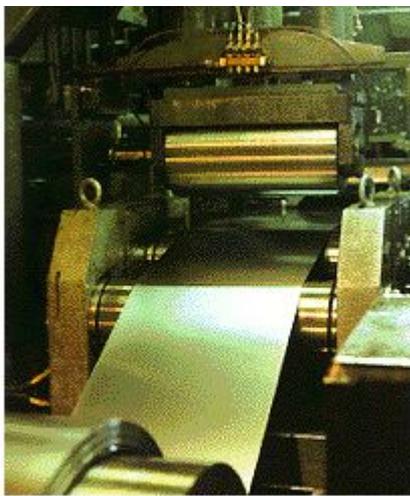


Fig.05. Exemples de pièces repoussées

## 4 Le Laminage

Le laminage est un procédé de fabrication par déformation plastique. Il concerne différents matériaux comme du métal ou tout autre matériau sous forme pâteuse comme le papier. Cette déformation est obtenue par compression continue au passage entre deux cylindres contrarotatifs appelés laminoir1.

Un laminoir est une installation industrielle ayant pour but la réduction d'épaisseur d'un matériau (généralement du métal). Il permet également la production de barres profilées (produits longs).



Laminage à froid de tôle fine  
(document SANDVIK)

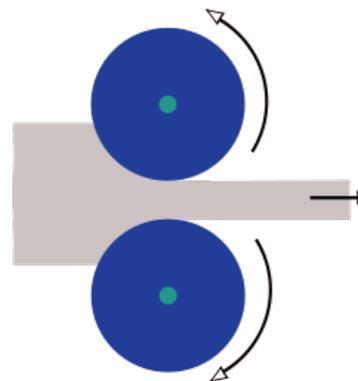


Fig.06. Schémas de fonctionnement (Laminage)

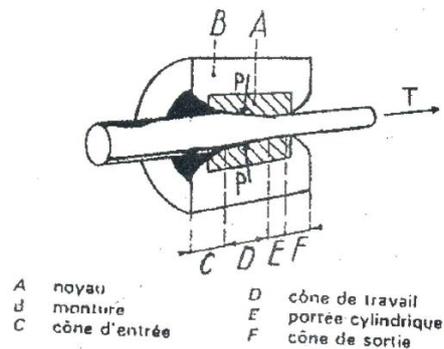
## 5 Le tréfilage :

Le fil machine obtenu par les opérations de laminage est un produit intermédiaire, surtout dans la fabrication des câbles électriques, dont le fil doit avoir un diamètre plus petit. L'opération qui permet la réduction du diamètre du fil est dite tréfilage, la machine de tréfilage est appelée tréfileuse.

Le principe de tréfilage est d'utiliser la plasticité du métal pour réduire le diamètre du fil, par passage à travers un orifice calibré, appelé filière sous l'effet combiné d'application d'un effort de traction **T** et d'un effort radial de compression **P**.

La filière constitue l'élément fondamental de l'opération de tréfilage. La forme qu'il convient de lui donner a fait l'objet de nombreux travaux théorique et

expérimentaux. Elle est constituée d'un noyau dur **A**, généralement en carbure de tungstène ou en diamant, fretté dans une monture **B** en acier.



**Fig.07. Profile d'une filière**



**Fig.08. Tréfileuse**

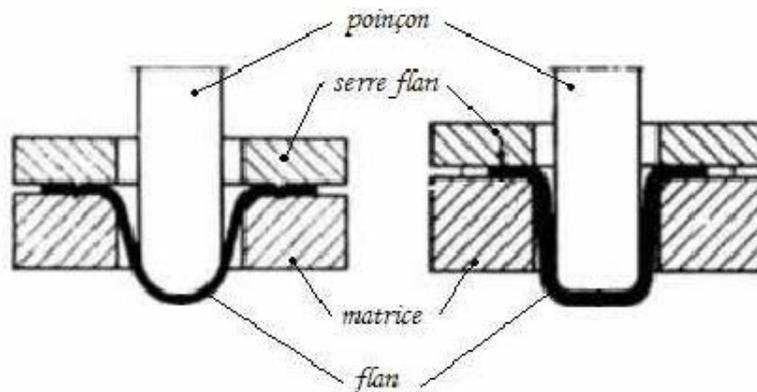
## 6 Le découpage

### 6.1 Le poinçonnage et l'emboutissage

L'emboutissage est un procédé de mise en forme très utilisé dans l'industrie, permettant d'obtenir des pièces de surface non développable à partir de feuilles de tôle mince, montées sur presse. La tôle appelée « flan », est la matière brute qui n'a pas encore été emboutie. L'opération peut être réalisée avec ou sans serre flan pour maintenir le flan contre la matrice pendant que le poinçon déforme la feuille.

Le poinçonnage n'est pas un procédé de découpe thermique. Il s'agit d'un procédé par cisailage des tôles. La tôle est coincée entre un poinçon et une matrice. La descente du poinçon dans la matrice découpe le matériau comme le ferait une paire de ciseaux. En principe il n'y a pas de limite au poinçonnage, seule la puissance de la machine limite l'épaisseur des matériaux à découper en fonction des caractéristiques mécaniques du matériau.

Ce procédé permet d'obtenir de grandes précisions de découpe.



**Fig.09. Schéma de principe du poinçonnage**

## 6.2 L'Oxycoupage

C'est un procédé de découpage par fusion du matériau par combustion localisée et continu d'un jeu d'oxygène pur. Pour amorcer l'opération, il faut au préalable chauffer un point de la pièce appelé point d'amorçage au moyen d'une flamme de chauffe. Puis un jet d'oxygène est envoyé à grande vitesse pour commencer la combustion. Le jet d'oxygène expulse le matériel en fusion provoquant une saignée de coupe. Le mélange d'oxydes et de métal en fusion est appelé scories d'oxycoupage.

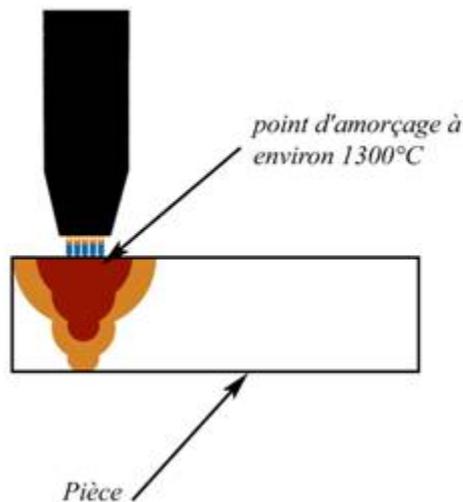
Le jet de coupe est concentré dans une buse calibrée montée sur un chalumeau coupeur. Pour obtenir la chauffe de la pièce, on utilise deux gaz : un comburant et un carburant. Le carburant est de l'acétylène ou du propane, le comburant est l'oxygène. L'oxygène est donc utilisé en deux temps : un fil pour chauffer, on dit qu'il s'agit de l'oxygène de chauffe, puis il est utilisé pour la découpe, on dit qu'il s'agit de l'oxygène de coupe.

L'oxycoupage est utilisé pour découper l'acier au carbone dans de fortes épaisseurs. On peut facilement découper des pièces de plus de 200 mm.

### Principe :

Il est basé sur la combustion du fer, on sait que le fer porté au rouge blanc 1370° brûle dans l'oxygène. On peut donc dire que :

\* Par l'action d'un jet d'oxygène pur sur un métal préalablement porté à haute température, il est possible d'en réaliser le découpage alors appelé "oxycoupage"



**Fig.10. Schéma de fonctionnement (Oxycoupage)**

### 6.3 La découpe jet d'eau

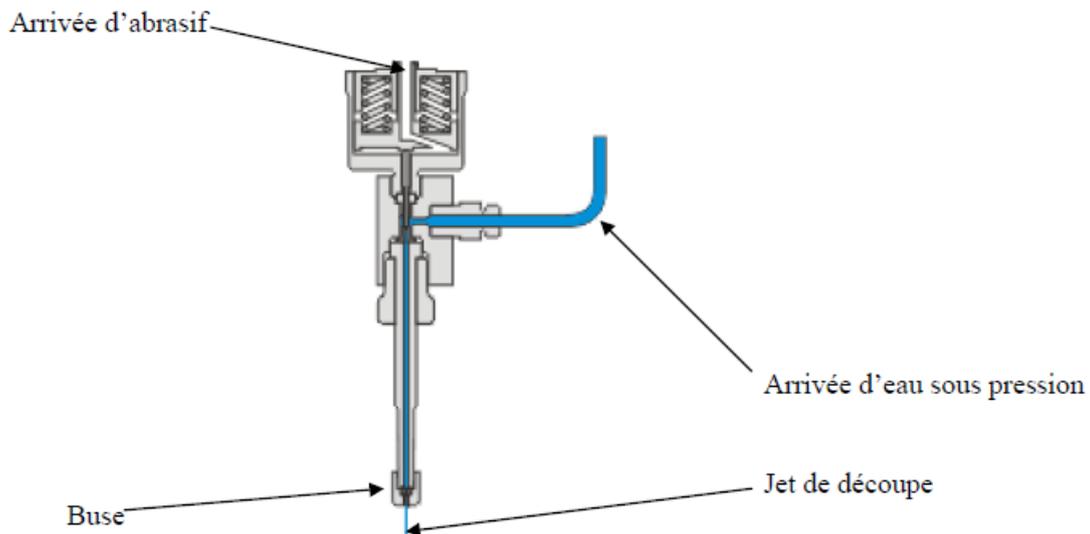
Le principe de cette technologie qui puise son origine dans les années 1960, initié par un certain Docteur Norman Franz, consiste à projeter un filet d'eau à une vitesse très élevée, comprise entre 600 et 900 mètre par seconde à travers une buse de faible diamètre, entre 0,05 et 0,5 mm.

Le diamètre du jet d'eau qui sera mis en contact avec le matériau à découper correspond au diamètre de la buse. Pour pouvoir découper le matériau, la pression du jet doit pouvoir atteindre jusqu'à 4000 bars. Le matériau est découpé par arrachement de matière. Pour des matériaux plus difficiles ou plus durs, on ajoute au jet d'eau un abrasif.

#### Utilisation de cette technique

- Découpe de métaux
- Découpe de minéraux, verres, céramiques
- Découpe de produits alimentaires
- Découpe de plastiques, caoutchoucs, composites
- Découpe de textiles, papiers, cartons, cuirs

- Décalaminage, nettoyage de turbines
- Décapages de coques de navires
- Décontamination nucléaire
- Démolition, piquage et perçage en bâtiment



**Fig.11. Schéma de fonctionnement découpe d'eau**

## 6.4 La découpe Laser

Le laser tout comme l'oxycoupage est un procédé thermique de découpe. La source laser émet un faisceau lumineux qui est focalisé (concentré) dans un système optique (focale) selon le principe adopté dans un appareil photo. La puissance ainsi obtenue peut atteindre jusqu'à 10 000 kilowatts par centimètre carré.

La forte puissance thermique conduit à une fusion rapide puis à l'évaporation partielle ou totale du matériau. Un flux de gaz enveloppe le faisceau lumineux, expulse le matériau en fusion de la fente de coupe (saignée). La découpe au laser peut se diviser en deux sous procédés :

- La découpe par sublimation : le matériau s'évapore sous l'effet de la chaleur. Ce procédé s'emploie aussi bien pour les métaux que d'autres matériaux tels que le bois, la céramique ou les matières plastiques.

- La découpe par fusion : le matériau entre en fusion sous l'effet de la chaleur et il est expulsé à l'aide d'un jet de gaz. Ce procédé s'emploie pour les aciers inox ou les

métaux non ferreux. Ce procédé permet des vitesses de coupes plus élevées qu'avec une découpe par sublimation.

La découpe laser présente de nombreux avantages, la vitesse de découpe élevée, la forte puissance limite à une zone affectée thermiquement, une faible déformation, une précision importante de l'ordre du 1/10 ème de mm.

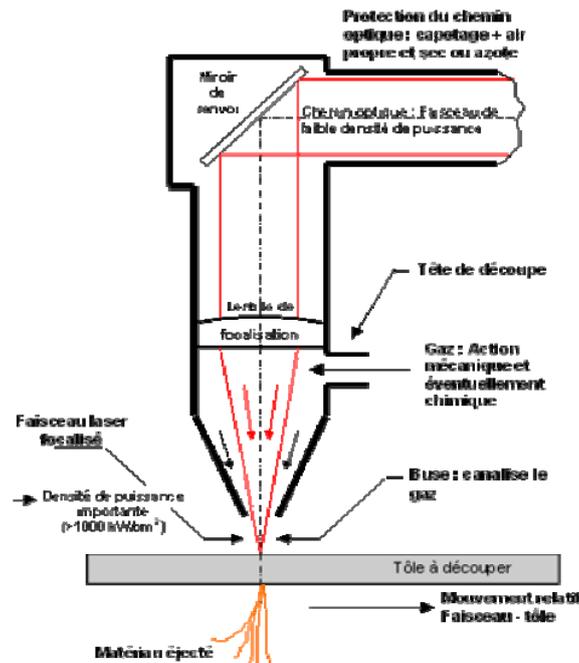


Fig.12. Schéma de principe

## 7 Le pliage

Le pliage est un procédé de mise en forme sans enlèvement de matière, permettant de fléchir des tôles par un poinçon dans une matrice. C'est un cintrage de très faible rayon obtenu par un effort de flexion localisé.



Fig.13. Presse plieuse

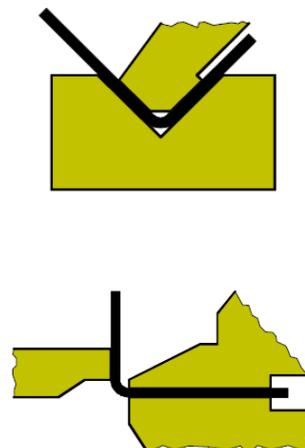


Fig.14. Schémas des actions mécaniques

## **8 Frittage et métallurgie des poudres**

Le frittage est un procédé de fabrication de pièces consistant à chauffer une poudre sans la mener jusqu'à la fusion. Sous l'effet de la chaleur, les grains se soudent entre eux, ce qui forme la cohésion de la pièce. Le cas le plus connu est celui de la cuisson des poteries.

Il permet d'obtenir des matériaux durs mais fragiles, à porosité contrôlée, inertes chimiquement (faible réactivité chimique et bonne tenue aux corrosions) et thermiquement.

Il permet de maîtriser les dimensions des pièces produites : comme il n'y a pas de changement d'état, les variations de volume, de dimensions, sont peu importantes par rapport à la fusion (absence de phénomène de retrait).

En métallurgie des poudres, le frittage est un procédé qui permet de réaliser des pièces mécaniques ou d'autres objets à partir de poudres plus ou moins fines. Dans un premier temps, ces poudres sont agglomérées par divers procédés pour constituer une préforme, laquelle est ensuite chauffée pour acquérir une certaine cohésion.

Le frittage peut être réalisé avec ou sans liant, sur des matériaux très divers.

## **9 Le forgeage**

Le forgeage est un procédé de mise en forme des métaux par déformations plastiques à chaud ou à froid.

On chauffe le métal (fours) à une température convenable afin que le métal devient malléable et forgeable. Le métal est appelé « Lopin » de volume calculé.

### **9.1 Le forgeage manuel :**

C'est le forgeage traditionnel à l'enclume et l'outillage de frappé à main.

### **9.2 Le matriçage et l'estampage**

Le matriçage et l'estampage sont deux termes synonymes. C'est un procédé de fabrication mécanique exécuté par les presses sur lesquelles sont fixées des « matrices ». Il permet de produire des grandes séries de pièces.

La forge par matriçage consiste à former par déformation plastique après chauffage des pièces brutes réalisées en alliages tels que les alliages d'acier d'aluminium, de cuivre, de titane, de nickel, etc.

On utilise deux matrices, une supérieure mobile, et une inférieure fixe. Les matrices portent en creux la forme de la pièce.

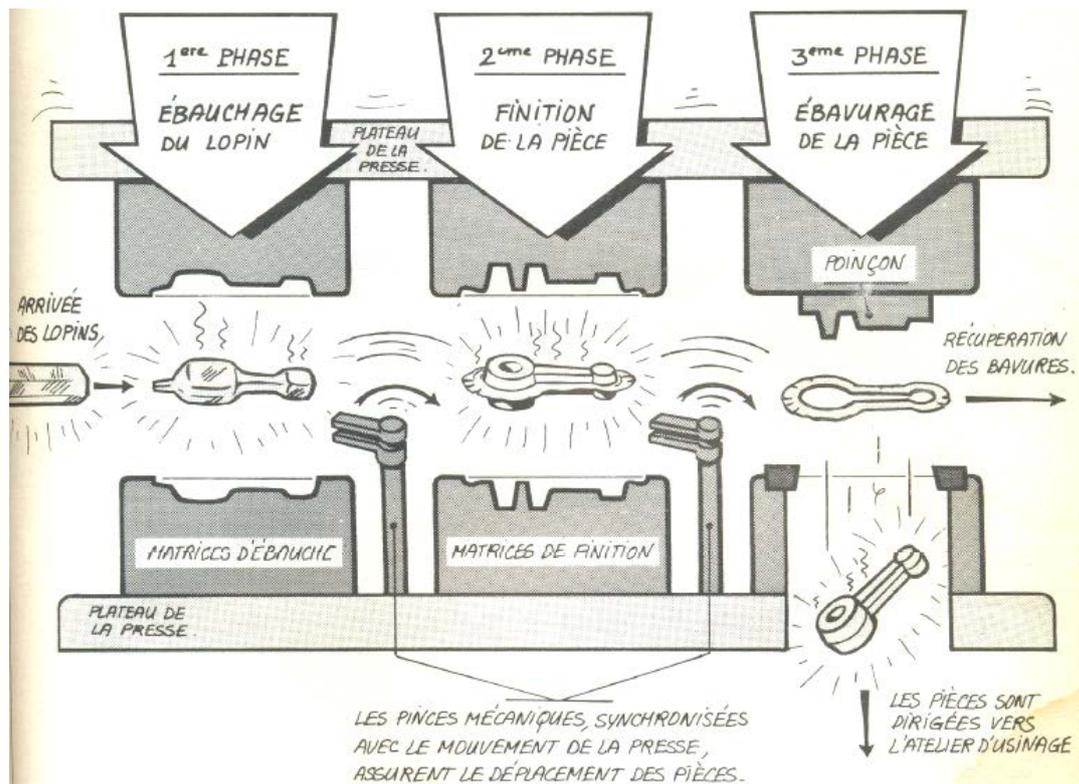
La pièce « lopin » est comprimée entre deux matrices. La mise en forme se fait par chocs entre les deux matrices.

L'excédent de métal file en bavure dans le logement prévu à cet effet. La bavure est ensuite découpée en suivant le contour de la pièce.

Les pièces matriçées présentent des caractéristiques mécaniques remarquables : par suite des déformations plastiques importantes et rapides qu'il met en jeu, le matriçage affine la structure et permet l'orientation des fibres; ceci confère aux pièces matriçées des caractéristiques générales élevées avec, en particulier, une grande résistance à la fatigue.

Les matrices doivent assurer :

- Plan de joint
- Surépaisseur à l'usinage
- Dépouille de 3°-7°



**Fig.15. les différentes phases de l'estampage**

# *Chapitre 03*

*Procédés de fabrication  
par enlèvement de  
matière*

## CH 03 Procédés de Fabrication par enlèvement de matière

L'usinage par enlèvement de matière consiste à réduire progressivement les dimensions de la pièce par enlèvement du métal à froid et sans déformation en utilisant un outil. La quantité de matière enlevée est dite copeaux et l'instrument avec lequel est enlevée la matière est appelé outil de coupe. L'opérateur utilise des machines dites machines-outils pour réaliser l'usinage d'une pièce.

### 1 Le perçage:

Le terme de perçage regroupe toutes les méthodes ayant pour objet d'exécuter des trous cylindriques dans une pièce avec des outils de coupe par enlèvement de copeaux. En plus du perçage de trous courts et du forage de trous profonds, ce concept inclut également diverses opérations d'usinage consécutives, telles que brochage, alésage, réalésage et certaines formes de finition comme le calibrage et le galetage.

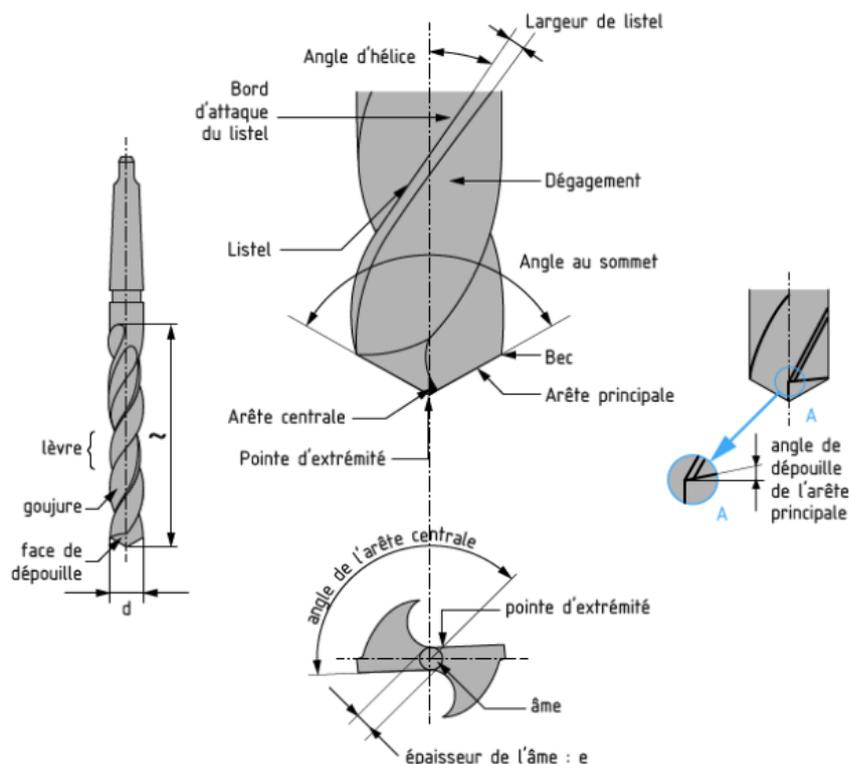


Fig.16. Le foret



**Fig.17. Le Perçage**

## **2 Le Sciage**

C'est un procédé qui permet d'effectuer le débit de profilés (tubes ronds, carrés, plats, etc...), sous l'action d'une lame, entraînant la séparation de la pièce en deux parties. Les scies modernes automatiques permettent plusieurs options dont les plus courantes sont le réglage de la vitesse de la lame, la lubrification, le réglage d'un angle de coupe. En effet, la vitesse de déroulement de la lame (sur les scies à ruban) sera plus faible si vous sciez de l'acier inoxydable, ou dur, que si vous débitez un acier de construction S235. La lubrification est fortement conseillée pour éviter l'échauffement et l'usure prématurée des dents. Certaines scies possèdent une descente automatique dont la vitesse peut être réglée

### **2.1 Scie à main:**

C'est un outil qui permet de scier manuellement les pièces. Une monture composée d'un manche et d'une lame et d'un système qui permet la tension de la lame.



**Fig.18. Scie manuelle (à métaux)**

## 2.2 Scie à ruban :

C'est une machine automatique ou semi-automatique. L'opérateur descend la lame manuellement dans le cas d'une scie semi-automatique.



Fig.19. Scie à ruban

## 2.3 Scies alternatives:

C'est aussi une scie automatique ou semi-automatique, dont la lame exercera un mouvement alternatif, par opposition aux scies à rubans qui fournissent un déroulement continu.



Fig.20. Scie Alternative

## 3 Le limage:

Le limage a pour objectif d'assurer la finition d'une pièce. C'est un usinage réalisé manuellement avec un outil à tranchants multiples qu'on appelle la lime.



Fig.21. Le limage

Une lime se caractérise par sa forme, sa taille et son angle de taille.

- 1 – lime plate douce double.
- 2 – lime plate ½ douce double.
- 3 – lime plate bâtarde double.
- 4 – lime carrée ½ douce double.
- 5 – lime triangulaire ½ douce double.

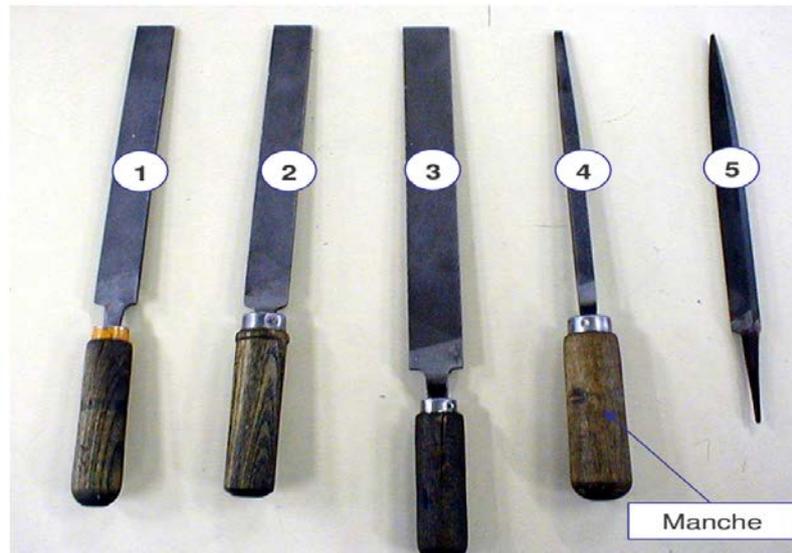


Fig.22. Différents types de limes

#### 4 Le tournage:

Le tournage est un procédé de fabrication mécanique par coupe (enlèvement de matière) mettant en jeu des outils de coupe à arête unique. Il s'effectue sur des machines outils dites tour.

Pendant le tournage, la pièce tourne autour de son axe « **Mouvement de coupe** », tandis que l'outil s'engage dans sa surface à une profondeur déterminée « **Mouvement de pénétration** ». L'outil est animé d'un **mouvement d'avance** continu parallèle ou perpendiculaire à l'axe de la pièce.

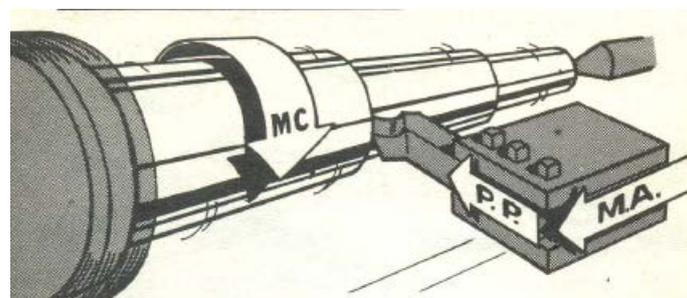


Fig.23. Schéma de principe (Tournage)

## 4.1 Opérations de tournage

### 4.1.1 Chariotage

Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique extérieure.

### 4.1.2 Dressage

Opération qui consiste à usiner une surface plane perpendiculaire à l'axe de la broche extérieure ou intérieure.

### 4.1.3 Rainurage

Opération qui consiste à usiner une rainure intérieure ou extérieure pour le logement d'un cerclips ou d'un joint torique par exemple.

### 4.1.4 Chanfreinage

Opération qui consiste à usiner un cône de petite dimension de façon à supprimer un angle.

### 4.1.5 Tronçonnage

Opération qui consiste à usiner une rainure jusqu'à l'axe de la pièce afin d'en détacher un tronçon.

### 4.1.6 Filetage

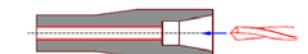
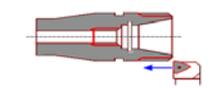
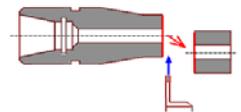
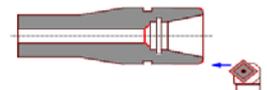
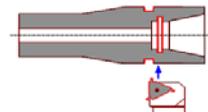
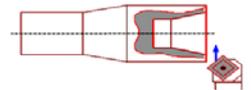
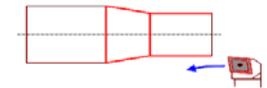
Opération qui consiste à réaliser un filetage extérieur ou intérieur.

### 4.1.7 Perçage

Opération qui consiste à usiner un trou à l'aide d'un foret.

### 4.1.8 Alésage

Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique intérieure.



## 5 Le fraisage:

Le fraisage est un procédé d'usinage par enlèvement de la matière. Il est caractérisé par le recours à une machine - outil appelée fraiseuse et l'utilisation d'un outil de coupe spécial (à arêtes multiples) appelé fraise. La fraiseuse est particulièrement adaptée à l'usinage des surfaces plates et permet également, si la machine est équipée de commande numérique, de réaliser tout type de formes même

complexes. La coupe en fraisage s'effectue habituellement avec des dents placées sur le périphérique et /ou sur l'extrémité d'un disque ou d'un cylindre.

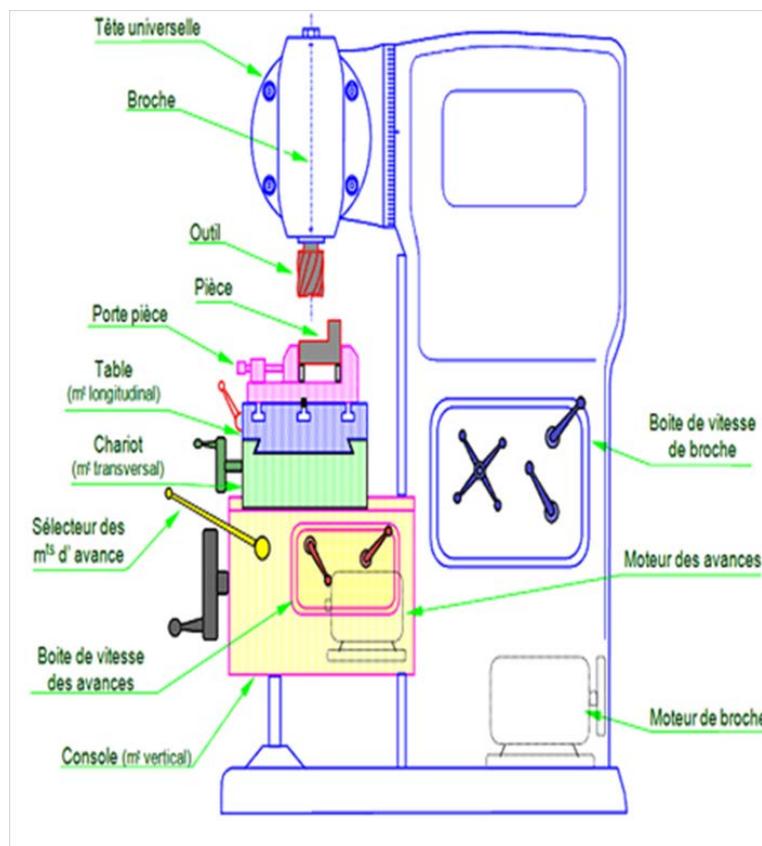
Une fraise est un outil à tranchants multiples :

L'outil « fraise » tourne : c'est le mouvement de rotation (M.R.)

La pièce se déplace horizontalement : mouvement d'avance (M.A.)

Le « mouvement de coupe » résulte de la conjugaison du mouvement de rotation et du mouvement d'avance.

La « profondeur de passe » est réglée par le déplacement de la pièce (M.P.).



**Fig.24. Fraiseuse**

## 5.1 Les opérations de fraisage

Les opérations de fraisage sont :

- Surfaçage
- Rainurage
- Alésage
- Sciage
- Taillage des roues dentées

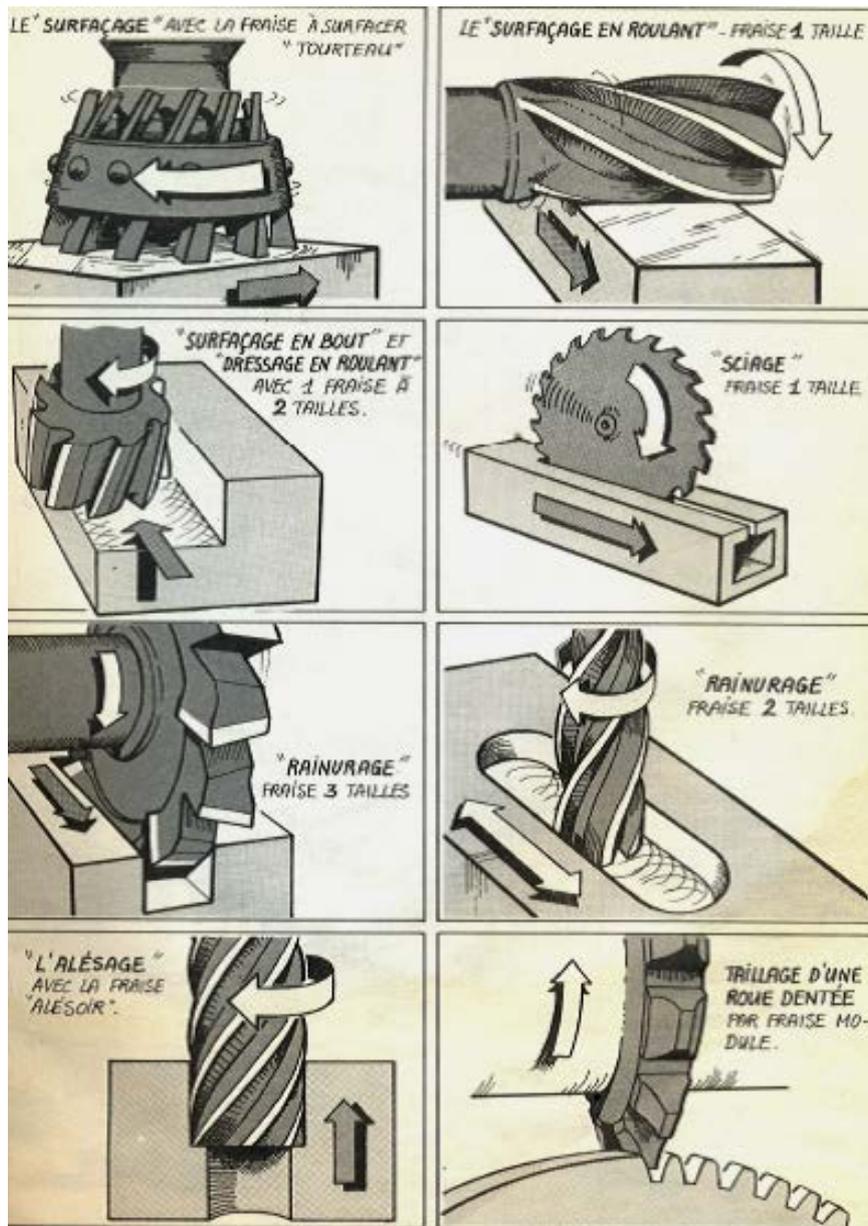
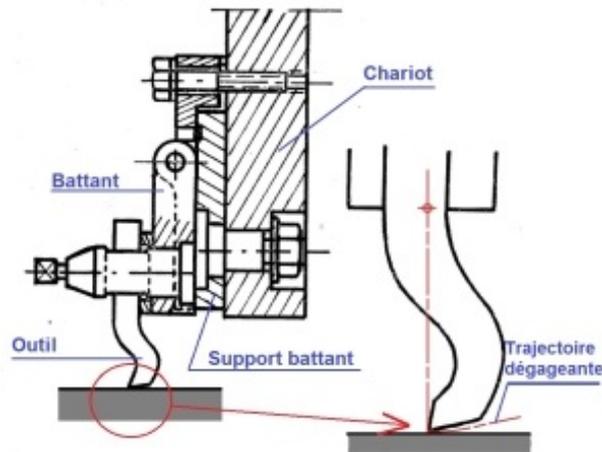


Fig.25. Opérations de fraisage

## 6 Le rabotage

Le rabotage permet d'usiner des surfaces planes. C'est un procédé d'usinage par enlèvement de matière sous forme de copeau. Il s'effectue sur des machines outils appelées raboteuses ou étaux-limeurs, qui sont conçus pour permettre l'emploi d'un outil d'enveloppe.

Il existe deux types de machines : L'Étau-limeur et la Raboteuse.



**Fig.26. Schéma de fonctionnement**

### **6.1 L'Étau-limeur**

L'outil se déplace par un mouvement de translation rectiligne « mouvement de coupe (M.C.)».

Lorsque l'outil revient à sa position initiale, la table se déplace suivant le mouvement d'avance (M.A.), l'outil rend alors un nouveau copeau.

Le chariot porte-outil permet le réglage de la profondeur de passe (M.P.).

### **6.2 La raboteuse**

C'est la table qui se déplace dans un mouvement de translation rectiligne (M.C.). L'outil reste fixe. Il détermine par sa position le mouvement d'avance et la profondeur de passe.

## **7 La rectification**

L'usinage par abrasion ou rectification, consiste à enlever une partie de la matière de pièces métalliques ou autres au moyen d'outils appelés meules. Ce procédé, se distingue selon trois types d'application.



**Fig.27. La rectification**

La rectification plane, cylindrique et de forme destinée à la réalisation de pièces mécaniques de haute qualité. Quant au taillage et l'affûtage, ces applications sont orientées principalement vers la réalisation d'outils de coupe. Cependant, les critères de qualité sont également les mêmes qualités géométrique et métallurgique.

L'usinage par abrasion utilise principalement des meules et des bandes abrasives.



**Fig.28. L'affûtage**

# ***Chapitre 04***

## ***Techniques d'Assemblage***

Un assemblage mécanique est la liaison de différentes pièces d'un ensemble ou produit. C'est aussi un ensemble de procédés et solutions techniques permettant d'obtenir ces liaisons.

### 1 Degré d'assemblage

On distingue avant tout un assemblage par ses degrés de liaison, c'est-à-dire les mouvements relatifs indépendants interdits ou autorisés entre les pièces assemblées.

### 2 Types d'assemblages

On distingue ensuite différents types d'assemblage, un assemblage peut être permanent ou démontable, direct ou indirect.

#### 2.1 Assemblage permanent

Assemblage non démontable : pour supprimer cette liaison, il est nécessaire de déformer ou de détruire au moins une des pièces formant l'assemblage.

- Soudure
- Clinchage (emboutissage)
- Emmanchement à force
- Certains frettages, certaines colles et adhésifs
- Sertissage...

#### 2.2 Assemblage démontable

La liaison est conçue de manière à être démontée sans détérioration importante des pièces qui peuvent être généralement réutilisées pour recréer un assemblage. L'élément assurant la liaison peut ne pas être réutilisable.

- Vissage (Vis-écrou)
- Boulonnage
- Goujons
- Clavette (transversale/Longitudinale/ tangentielle)
- Arc-boutement, Serre-joints
- Goupille
- Coincement de formes coniques
- Certains frettages
- Certains colles et adhesives

Boulonnage	Goujons	Vissage Vis- écrou	Clavette (transversale/ Longitudinale/ tangentielle)	Arc- boutement Serre- joints	Certains frettages	Goupille	Coincement de formes coniques	Certains colles et adhésifs
Obtenues par organe fileté			Par adhérence ou coincement					

### 2.3 Assemblage direct

L'assemblage ne nécessite aucune pièce intermédiaire, la forme des pièces en contact suffit pour la réalisation de celui-ci, parmi ces techniques on trouve :

Le soudage, le Frettage, le Clinchage, Le Sertissage, l'Emboîtement élastique, ..

### 2.4 Assemblage indirect

Une ou plusieurs pièces intermédiaires sont utilisées.

- Visserie : vis, écrou, boulon, goujon, filetage, taraudage
- Rivet
- Clavette
- Collage
- Goupille
- Embrèvement (avec tenon, mortaise et cheville)
- Bague de tolérance
- Anneau élastique
- Clou
- Agrafage

On peut aussi distinguer le type d'assemblage par **domaine d'activité** :

- Menuiserie (bois, aluminium,...) - Systèmes de fixation, Transmission (mécanique)..
- Plomberie: Robinetterie, Emboîture... - Charpenterie

## 3 Exemples d'assemblages

### 3.1 Soudage

Le soudage est un procédé d'assemblage qui assure la liaison permanente de divers éléments métalliques.

Il désigne deux techniques :

- Le soudage hétérogène.
- Le soudage autogène

### 3.1.1 Le soudage hétérogène (le Brasage)

Il consiste à introduire entre les éléments à assembler, un métal liquide (qui, après refroidissement, adhère fortement aux deux éléments).

Le soudeur dégraisse et décape les pièces à assembler. Le métal de ces pièces s'appelle « métal de base ».



Fig.29. Le Brasage

La pièce à souder est mise dans sa position définitive. L'endroit de la soudure est chauffé au chalumeau. De nombreuses sources de chaleur peuvent être utilisées : fers et lampes à souder, chalumeaux, fours, résistances électriques, inductions, bains chauffants, etc.

Au contact des éléments chauffés, le métal d'apport fond et pénètre par capillarité entre les surfaces à assembler, puis diffuse dans le métal de base.

Parfois la flamme d'un chalumeau est nécessaire pour assurer la fusion du métal d'apport. Cette technique s'appelle **Soudo-Brasage**.

Les alliages d'apport les plus couramment employés sont à base : d'étain, plomb, cadmium, cuivre, argent. Leurs points de fusion doivent être inférieurs à celui du métal de base. Ces différents alliages sont disponibles sous formes de fils, baguettes-bandes et poudres.

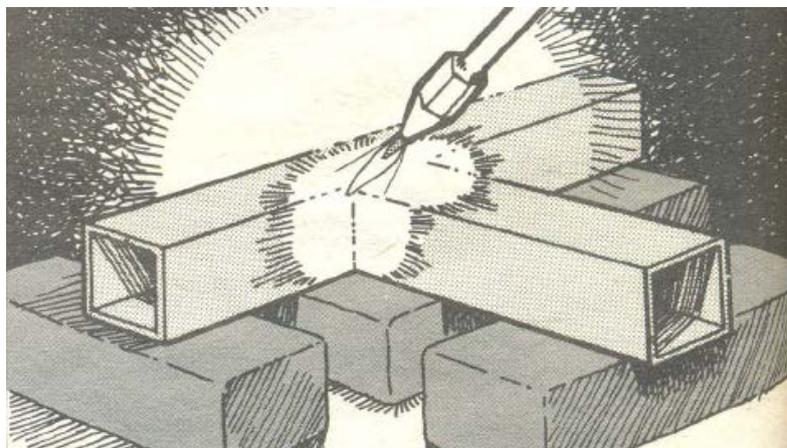


Fig.30. Soudage au chalumeau

### 3.1.2 Le soudage autogène

Le soudage autogène consiste à lier deux éléments d'un même métal par fusion locale. Les nombreux procédés de soudage autogène (appelé couramment « soudage ») sont classés en fonction de l'énergie mise en œuvre pour assurer la fusion locale des éléments à assembler.

Les sources d'énergies utilisées sont :

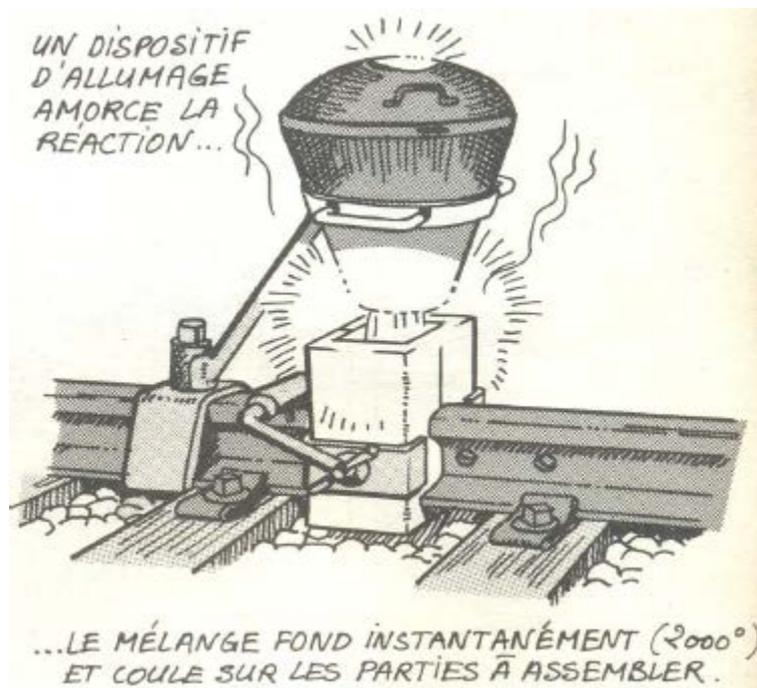
- Energie thermochimique : alluminothermie, combustion gazeuse
- Energie électrique : arc électrique, résistance électrique
- Energie mécanique : friction, pression, ultrasons
- Energie focalisée : bombardement électrique, laser.

### 3.1.3 Exemples

#### 3.1.3.1 L'Aluminothermie

La réaction chimique de l'aluminium en poudre et de l'oxyde de fer crée la chaleur nécessaire à la fusion locale des pièces à souder.

Ce procédé est très utilisé pour souder les rails de chemin de fer.



**Fig.31. L'aluminothermie**

### 3.1.3.2 Soudage Oxyacétylénique (combustion gazeuse) :

Une flamme obtenue à partir d'un gaz combustible (en général l'acétylène qui brûle par mélange d'oxygène), fournit la source de chaleur.

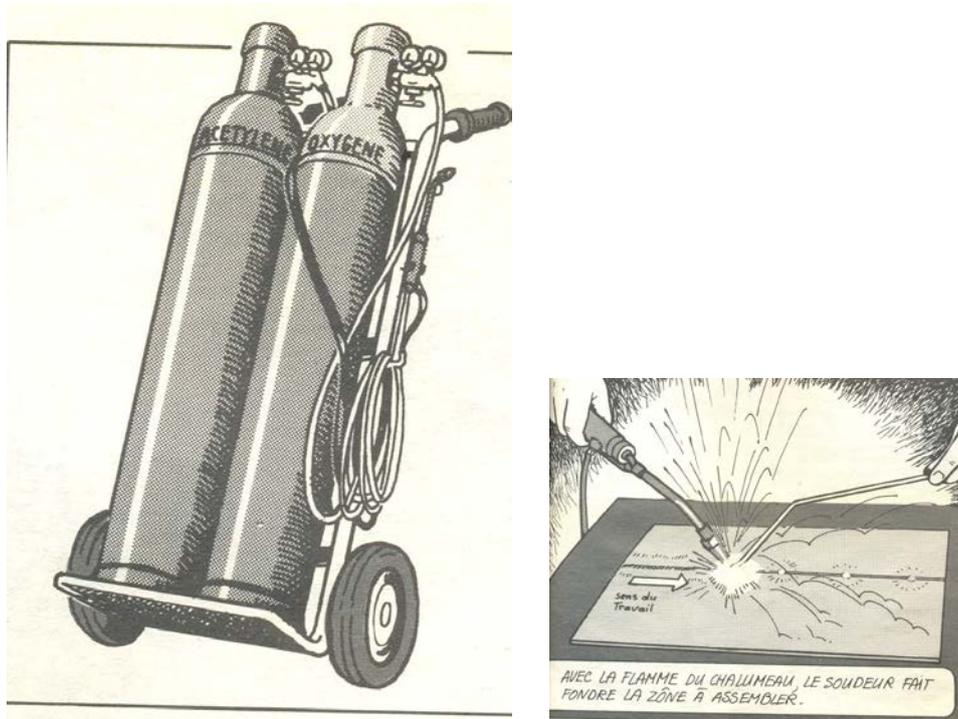


Fig.32. Soudage oxyacétylénique

### 3.1.3.3 Le soudage à l'arc électrique :

Un générateur d'électricité force les électrons libres à se déplacer dans le même sens à travers un conduit : c'est le courant électrique.

Pour que les électrons circulent, le circuit doit être fermé, si le circuit est ouvert, le courant ne passe pas car l'air n'est pas un conducteur.

L'arc électrique persiste tant que les électrodes restent à bonne distance l'une de l'autre.

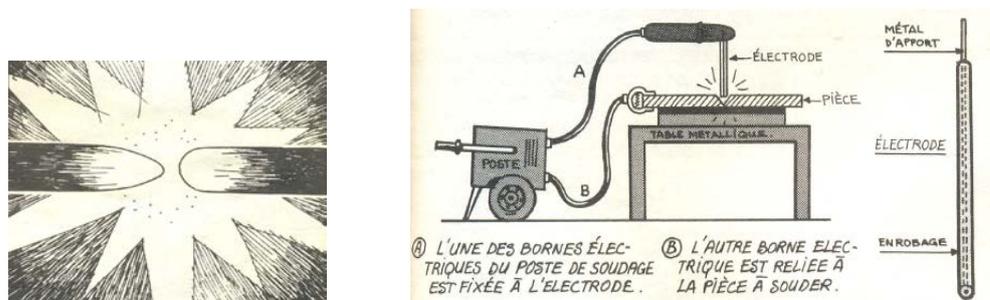


Fig.33. Schéma de fonctionnement (Soudage à l'arc électrique)

### 3.2 Rivetage

Les rivets sont des organes d'assemblage, utilisés pour lier plusieurs pièces. Ce sont des tiges d'acier, d'aluminium, de laiton, de cuivre, etc., dont l'une des extrémités a été préparée en forme de tête (tête normalisée), la seconde tête, dite rivure, étant forgée après pose.

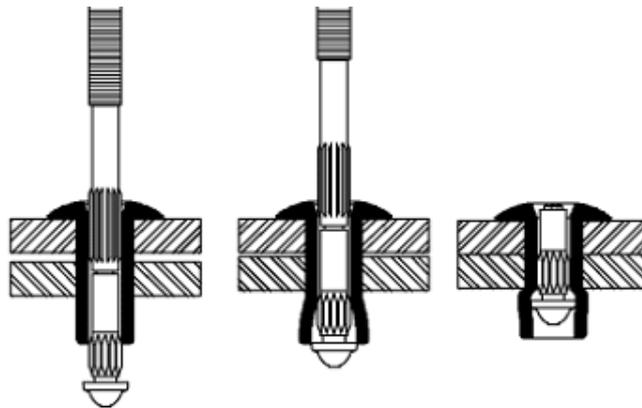


Fig.34. Le Rivetage

### 3.3 Emmanchement à force

L'emmanchement en force à la presse est une opération conditionnée par le frottement. La liaison par assemblage cylindrique forcé est très simple à concevoir : un alésage cylindrique reçoit une tige de même forme. Une liaison par adhérence doit se superposer à la liaison par obstacle ainsi réalisée pour faire disparaître les deux libertés qui subsistent.

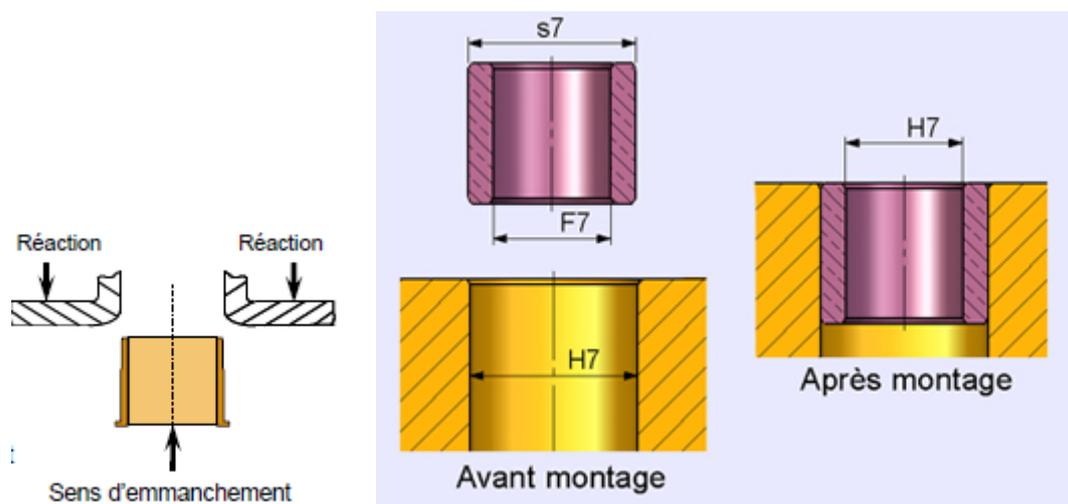


Fig.35. Schéma de principe « Emmanchement à force ».

### 3.4 Arc-boutement

Le phénomène d'**arc-boutement** se produit dans un système mécanique lorsque la configuration de celui-ci est telle que l'adhérence empêche tout mouvement et maintient donc l'équilibre, quelle que soit l'intensité des actions mécaniques extérieures.

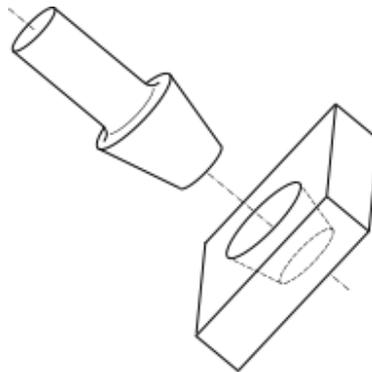


**Fig.36. Serre-joint (arc-boutement)**

### 3.5 Assemblage conique

Un coincement de forme conique est obtenu lorsque la pièce possède un alésage conique et l'extrémité de l'arbre est façonnée en cône de même conicité.

Si on enfonce l'arbre dans la pièce par pression ou par choc, il y a coincement des deux éléments de l'assemblage.



**Fig.37. Assemblage conique**

### 3.6 Vissage et Boulonnage

#### Boulonnage

Le boulonnage est une méthode d'assemblage mécanique démontable. Les boulons servent à créer une liaison de continuité entre éléments ou à assurer la transmission intégrale des efforts d'une partie à l'autre d'une construction.

En boulonnerie le terme vis correspond à un filetage complet alors que le terme correct est corps de boulon lorsque la partie filetée est partielle.

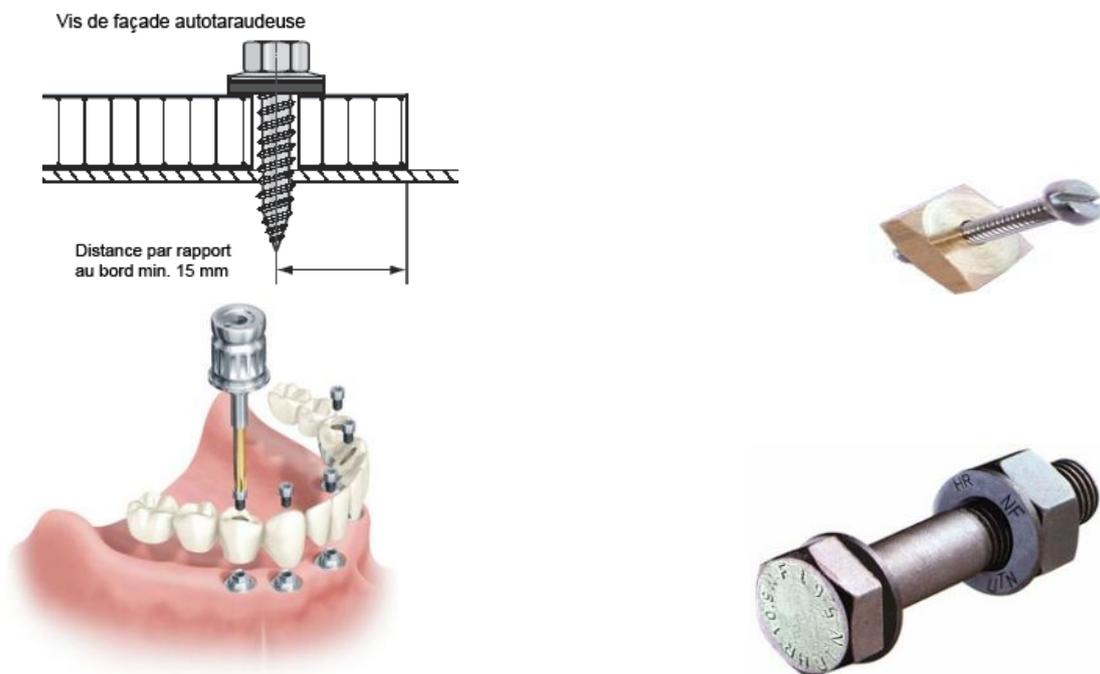
Une vis de fixation, appelée communément vis, est un organe mécanique, comportant une tige filetée et une tête; il est destiné à réaliser la fixation d'une ou de plusieurs pièces par pression. La fixation par vis crée une liaison plane sur plan démontable, par placage précontraint des deux pièces à assembler. Tant que les efforts de traction appliqués sur la liaison n'excèdent pas l'effort exercé au repos par les vis, l'assemblage bénéficie de la raideur des pièces assemblées.

### Visse-écrou

Le système vis-écrou, est un mécanisme d'entraînement en translation. Il se compose de :

Une tige filetée entraînée en rotation autour d'un axe fixe par rapport à la pièce (la vis), une pièce comportant un filetage intérieur, la noix (ou écrou), guidée en translation par rapport au bâti.

Lorsque la vis tourne, la noix est entraînée en translation. C'est donc un mécanisme de transformation de mouvement utilisant le principe de la vis et de l'écrou, c'est-à-dire la liaison hélicoïdale. En général il permet la transformation d'un mouvement de rotation en un mouvement de translation.



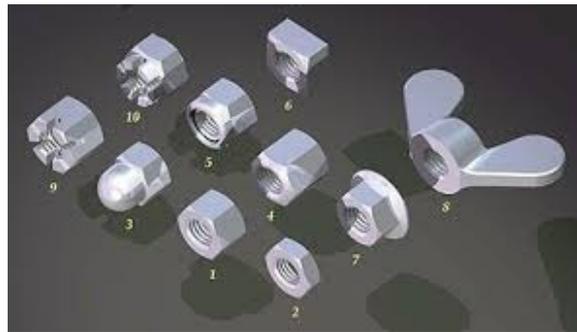
**Fig.38. Vis et boulons**

## Écrou

Un **écrou** est un composant élémentaire d'un système vis/écrou destiné à l'assemblage de pièces ou à la transformation de mouvement.

Trois éléments fonctionnels sont à examiner dans l'étude d'un écrou :

- Sa surface d'appui
- Son système de manœuvre
- Son trou taraudé



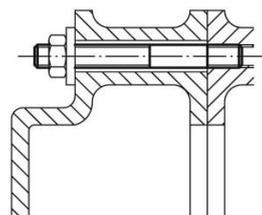
**Fig.39. Ecrous**

### 3.7 Goujons

Dans certains cas, il est difficile d'employer un boulon à cause de la longueur qu'on serait obligé de donner à sa tige et du logement qu'il faudrait prévoir pour sa tête.

La difficulté est résolue en faisant jouer à l'une des deux pièces le rôle d'une tête, c'est-à-dire en rapportant sur cette pièce la tige du boulon « goujon ».

Un goujon est un organe mécanique en forme de tige, en partie fileté, permettant de réaliser une liaison « complète, rigide, démontable » entre une pièce équipée du goujon et une ou plusieurs autres traversées par le goujon et verrouillée par un écrou.



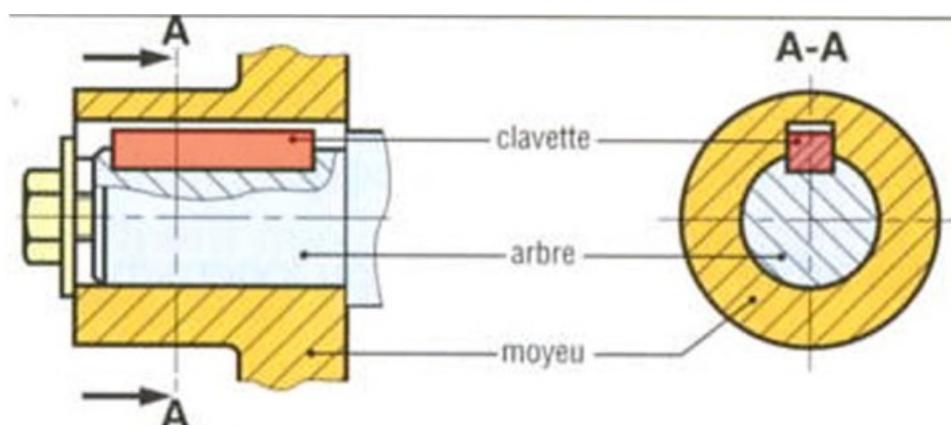
**Fig.40. Goujons**

### 3.8 Le clavetage

Une clavette est une pièce qui a pour fonction de lier en rotation deux pièces. Les clavetages forcés peuvent être considérés comme des liaisons par obstacle. Mais la stabilité de l'organe d'assemblage formant obstacle (clavette) est obtenue par coincement, donc par adhérence.

Le clavetage est dit transversal ou longitudinal, suivant la position de la clavette.

La liaison « complète » obtenue n'est pas apte à transmettre des efforts importants dans toutes les directions.



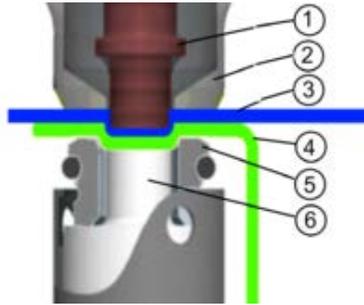
**Fig.41. Clavetage**

### 3.9 Le Clinchage

C'est une technique d'assemblage mécanique de tôles métalliques (3) et (4). Le principe de base est de connecter deux tôles métalliques par emboutissage entre un poinçon (1), guidé par une presse (2), et une matrice (5), et éjectées par un doigt (6). Les tôles subissent localement une déformation plastique à froid, formant un point de connexion. Le formage à froid est utilisé comme technique d'assemblage. Voir un exemple.

Le clinchage présente d'importants avantages :

- Il ne nécessite pas d'apport de matière comme avec la soudure ou le brasage;
- Il permet d'assembler des tôles d'épaisseurs différentes;
- Il permet l'utilisation de tôles de matières différentes (ex. alu et acier);
- Il permet l'utilisation de tôle déjà peinte ou traitée anti-corrosion.
- Par contre c'est un assemblage non étanche



**Fig.42. Le Clinchage**

### 3.10 Le frettage

C'est l'assemblage de deux pièces grâce à un ajustement serré.

La pièce extérieure est appelée « frette », la pièce intérieure est dite « frettée ».

L'assemblage est réalisé avec des tolérances d'usinage qui interdisent son montage à la main ou même à la presse. La solution la plus simple, quand elle est possible sans détérioration du matériau, est de chauffer la frette pour la dilater avant de l'enfiler sur l'élément qu'il faut fretter. On peut à l'inverse refroidir l'élément intérieur à l'azote liquide ou à la glace carbonique pour le contracter et l'engager dans la frette, mais ces solutions sont plus onéreuses. Dans certains cas, par exemple pour des outils de frittage ou de forgeage, on est obligé de pratiquer en même temps la dilatation de la frette et la contraction de l'élément fretté.

Le frettage se pratique le plus souvent sur des pièces de révolution pour lesquelles il est plus facile de maîtriser les tolérances d'usinage et les contraintes engendrées dans les matériaux.

**Utilisation :** La plupart du temps on pratique le frettage pour assurer la cohésion d'un ensemble d'éléments ou pour éviter l'éclatement d'un élément sous pression.

Les cercles qui ceignent les tonneaux pour assurer l'étanchéité des douelles, les bandages des anciennes roues de chars en bois, sont des frettes.

Les anneaux que l'on voit autour des parties basses des conduites forcées, ou ceux qui ceignent les outillages de frittage, de filage par chocs, etc., sont également des frettes.

### 3.11 L'emboîtement élastique

C'est un mode d'assemblage (une emboîture) où les éléments sont déformés lors de l'introduction. Après la construction, il n'y a plus de contraintes et les éléments ne peuvent être plus séparés. La vue en coupe ci-contre expose graphiquement le principe : la pièce bleue (pièce mâle) ne peut manifestement plus bouger sans déformer la pièce verte (pièce femelle).

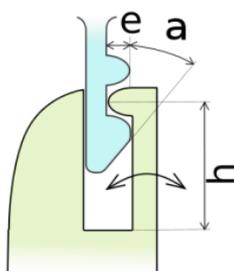


Fig.43. Emboîtement élastique

### 3.12 Un embrèvement

C'est une technique d'assemblage pour deux pièces (de bois ou de tôle). L'une des pièces possède la languette ou le tenon destiné à s'emmancher dans la rainure ou la mortaise de l'autre pièce. En menuiserie et charpente, normalement, la largeur de l'embrèvement est égale à environ un tiers de la largeur totale de la pièce.

En tôlerie, c'est une forme emboutie dans une tôle et destinée à servir de logement pour une pièce ne devant pas être en saillie.

### 3.13 Le sertissage

C'est une technique pouvant être utilisée pour l'assemblage de tôles (minces).

Les bords des tôles sont rabattus et compressés.

Un exemple connu du sertissage est l'assemblage entre le fond et le corps d'une boîte de conserve.

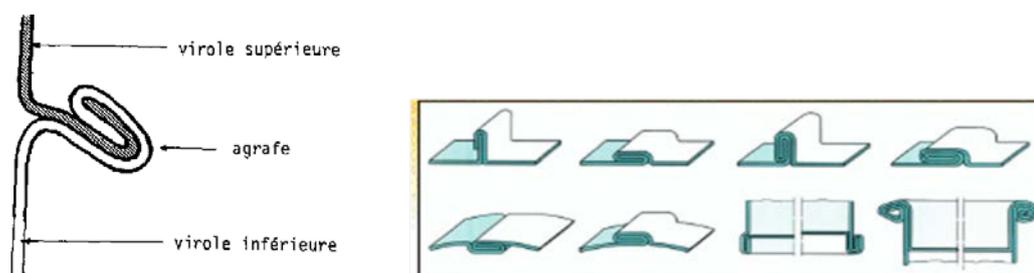


Fig.44. Le sertissage

# Références Bibliographiques:

---

- D. Landre, Y. Anfreville, (1980). découverte des procédés de fabrication mécanique, Ed Foucher, Paris.
- André Roos, Bernard, (1982). Milet Précis de Métallurgie Appliquée, Edition Lavoisier.
- M. F. Ashby, M. Colombié, & S. Décarroux, (2000). Choix des matériaux en conception mécanique. Paris: Dunod.
- Denis Gelin, Michel Vincent. Eléments de fabrication. Edition Ellipses 2005
- G. Lenormand, R. Migné, & J. Tinet, (1969). Construction mécanique. Éléments de technologie Tome1, les Editions Foucher. Paris
- Etude du comportement des fils tréfilés à l'E.N.CAB Biskra, (2001). Mémoire d'ingénieur en construction mécanique. Université de Biskra. Réalisé par A. Labeled & F. El-Am, Encadré par Pr. Z. Boumerzoug.
- Cours de Technologie de base, 2<sup>ème</sup> année TCST, (1998). Dr. Brahim Nine, Univ. Biskra.
- André Ricardeau & Claude Corbet, (1990). Dossier de technologie de construction, Editions Casteilla. Paris.
- André Chevalier et E. Lecoer, (1966). Analyse des travaux, librairie Delagrave, Paris..
- André Chevalier, (2004). Guide du dessinateur industriel, édition Hachette technique, Paris.
- Passeron, (1998). Tournage. Techniques de l'ingénieur. Génie mécanique, (BM7086), BM7086-1.
- Usinage par enlèvement de copeaux, de la technologie aux applications industrielles. Editions Eyrolles, juin 2005 Paris
- Raynald Laheurte, (2004). Application de la théorie de seconde gradient a la coupe des matériaux, thèse de doctorat, Université Bordeaux I, France.
- J. Thibaudeau, (1943). L'Ajusteur mécanicien. Tome I : travail à la main, Paris, Eyrolles, Paris.
- R. Joly, R. Pasquet, et R. Vacquer, (1973). Etude fonctionnelle des Machines Outils, Edition Delagrave, Paris.
- E. Lecoer, (1973). Technologie Des Fabrications Mécaniques - Fascicule 2 : Travaux Du Mécanicien Ajusteur, Delagrave, Paris
- J. Carvill, (1994). Mechanical engineer's data handbook. Butterworth-Heinemann.
- André Dupont & Abdon Castell, (1960).Technologie professionnelle générale, professions de la mécanique : Classe de 1ere et de technique industrielle 3e partie travaux realises sur les machines outils, Desforges, Paris.
- P , Padilla et A,Thély, (1986). Guide des fabrications mécaniques. Edition Dunod, Paris

## Sites web :

<https://elearn.univ-biskra.dz/mod/resource/view.php?id=820>

[https://elearn.univ-biskra.dz/file.php/74/metaux\\_et\\_alliages\\_non\\_ferreux.pdf](https://elearn.univ-biskra.dz/file.php/74/metaux_et_alliages_non_ferreux.pdf)

<https://elearn.univ-biskra.dz/mod/resource/view.php?id=820>

[https://elearn.univ-biskra.dz/file.php/74/metaux\\_et\\_alliages\\_non\\_ferreux.pdf](https://elearn.univ-biskra.dz/file.php/74/metaux_et_alliages_non_ferreux.pdf)

<http://www.universalis.fr/encyclopédie/nickel/3-alliages-de-nickel/>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Matériau\\_composite](https://fr.wikipedia.org/wiki/Matériau_composite)

[http://www.tsaucray.free.fr/moulage/.../Cours\\_02\\_Procedes\\_de\\_moulage](http://www.tsaucray.free.fr/moulage/.../Cours_02_Procedes_de_moulage)  
<https://www.google.dz/diagramme-fer-carbone-acier.html>  
<http://www.geocities.ws/mbara2/struct-aliages.html>  
[http://www.fondeursdefrance.org/fiches/3Les\\_alliages\\_de\\_zinc.pdf](http://www.fondeursdefrance.org/fiches/3Les_alliages_de_zinc.pdf)  
<http://www.educreuse23.ac-limoges.fr/loewy/aa/voisin/ALUMINIUM.pdf>  
<https://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap1/site/html/cours.pdf>  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Matière\\_plastique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Matière_plastique)  
[http://www.tsaucray.free.fr/moulage/.../Cours\\_03\\_Le\\_principe\\_du\\_moulage](http://www.tsaucray.free.fr/moulage/.../Cours_03_Le_principe_du_moulage)  
<http://www.bonitempo.fr/fr/repoussage.php>  
[http://www.otua.org/aciers\\_tous\\_etats/F9CD.swf](http://www.otua.org/aciers_tous_etats/F9CD.swf)  
[http://www.rocdacier.com/ressource.n.10/cours-sur-le-sciage-des\\_profiles-et-scies-a-metaux.html](http://www.rocdacier.com/ressource.n.10/cours-sur-le-sciage-des_profiles-et-scies-a-metaux.html)  
[http://www.lpmei.com/cd\\_bac\\_mei/Ressources/4-%20Ressource%20Mecanique%20-%20Fabrication/Limage.pdf](http://www.lpmei.com/cd_bac_mei/Ressources/4-%20Ressource%20Mecanique%20-%20Fabrication/Limage.pdf)  
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Fraisage>  
<http://www.usinages.com/threads/pourquoi-cette-meule-ne-meule-pas.47278/>  
<http://www.atelier-machines-realisations.fr/outil-boules.html>  
<https://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap1/site/html/cours.pdf>  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Matière\\_plastique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Matière_plastique)  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Matériau\\_composite](https://fr.wikipedia.org/wiki/Matériau_composite)  
<https://www.google.dz/diagramme-fer-carbone-acier.html>  
<http://www.geocities.ws/mbara2/struct-aliages.html>  
<http://tbr-implants.nl/wp-content/uploads/machoire-plural-visse-M-300x209.png>  
<http://www.dentista-benidorm.com/Portals/0/2-%20opcion%20b.jpg>  
<http://www.bongard.de/media/cm/4813bf21-b1a4-f404-f3bd-0eb1ec650fe6/9085-8.jpg>  
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Frittage>  
[http://www.alucobond.com/uploads/pics/jointing4-alucore\\_fr.gif](http://www.alucobond.com/uploads/pics/jointing4-alucore_fr.gif)  
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/03/Ecrous.jpg/400px-Ecrous.jpg>  
<https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89croua>  
[http://www.cgfixe.fr/images\\_gen/10462-197x197-FFFFFF.jpg](http://www.cgfixe.fr/images_gen/10462-197x197-FFFFFF.jpg)  
[http://webintra.lyc-catalins.ac-grenoble.fr/public/LP/Construction\\_DI/Ressources/image\\_video/ressources\\_cm/clavetage/montage\\_clavette.jpg](http://webintra.lyc-catalins.ac-grenoble.fr/public/LP/Construction_DI/Ressources/image_video/ressources_cm/clavetage/montage_clavette.jpg)  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Clavette\\_\(mécanique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Clavette_(mécanique))  
<http://www.rivetsinstock.com/rivets/blind-rivets/q-rivet.html>  
[http://colbertserv.lyceecolbert-tg.org:3007/cours\\_guidages\\_rotation/viewer/visu.php?fiche=92&hist=1&PHPSESSID.html](http://colbertserv.lyceecolbert-tg.org:3007/cours_guidages_rotation/viewer/visu.php?fiche=92&hist=1&PHPSESSID.html)  
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Arc-boutement>  
[http://download.crcm-versailles.fr/telechargements/ressources/les\\_liaisons/export/medias/1284.gif](http://download.crcm-versailles.fr/telechargements/ressources/les_liaisons/export/medias/1284.gif)  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/02/Assemblage\\_conique.svg/190px-Assemblage\\_conique.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/02/Assemblage_conique.svg/190px-Assemblage_conique.svg.png)  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Assemblage\\_mécanique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Assemblage_mécanique)  
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/95/Sertissage.png/220px-Sertissage.png>  
<http://www.fao.org/3/a-x5164f/X5164f5G.GIF>  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/02/Snapfit\\_principle.svg/280px-Snapfit\\_principle.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/02/Snapfit_principle.svg/280px-Snapfit_principle.svg.png)