

	ISTA	Gestion de la productions et logistique	Cours	Date : 2020-2021
Nom : .....	ELABORATION DES PIECES BRUTES			Date : .....

## TECHNIQUES DE FABRICATION :

### 1. Mise en situation :

Lors de l'étude de réalisation d'une pièce mécanique , on choisit une technique de fabrication compatible avec la nature de la pièce :

- ♣ Sa géometrie
- ♣ Son matériaux
- ♣ Sa durée de vie
- ♣ ...

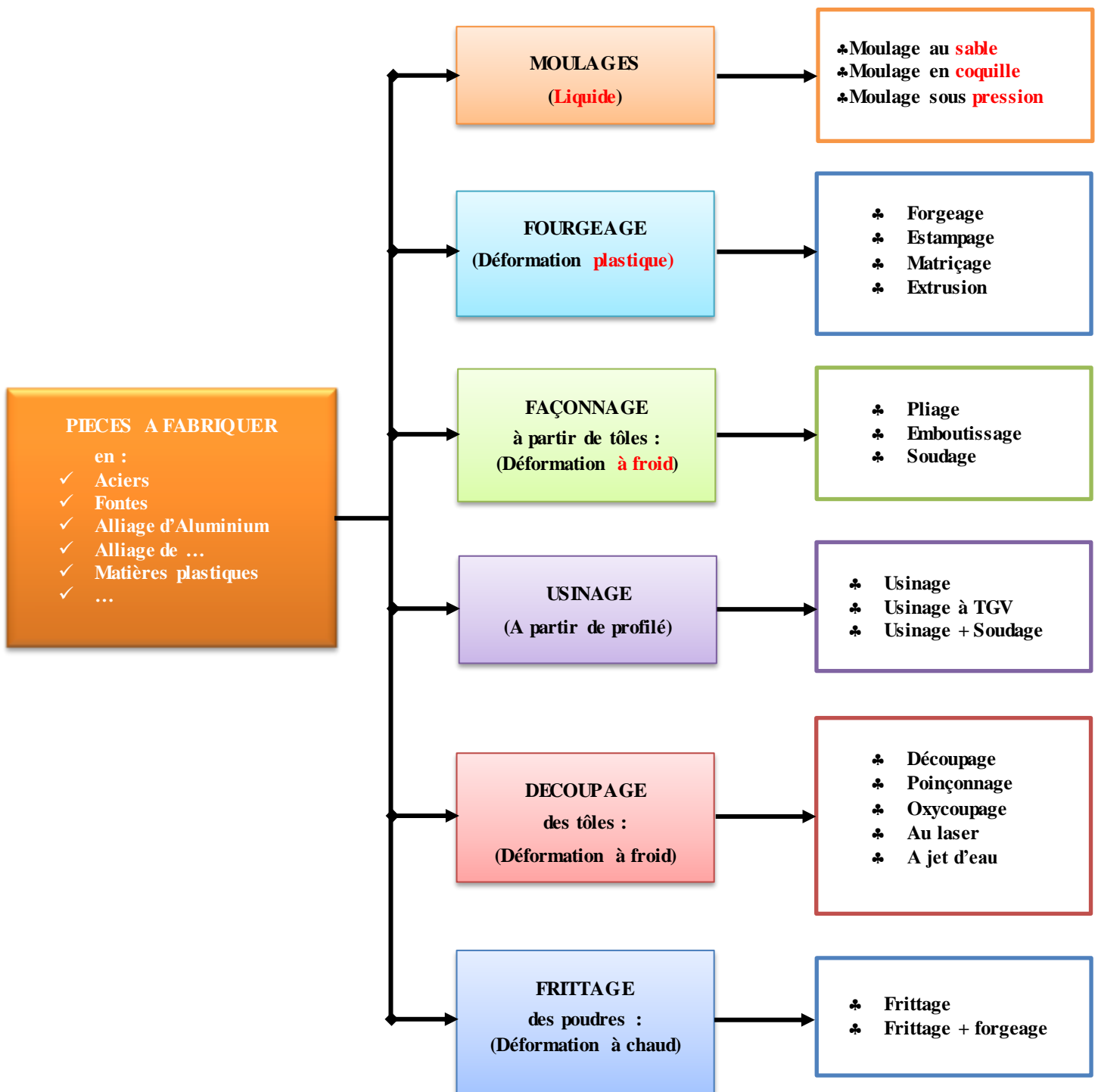
La stratégie de choix d'obtention d'une pièce mécanique se fera suivant des critères à respecter :

- ♣ Satisfaire en premier lieu le critère **qualité**
- ♣ Choisir le procédé qui permettra d'obtenir le **coût minimum**
- ♣ Choisir le procédé qui répondra au temps de réalisation le plus court possible « Critère **temps minimum** »
- ♣ ...

### 2. Principaux techniques de fabrication :

- ♣ La fonderie
- ♣ Le forgeage
- ♣ Le façonnage par enlèvement de matière
- ♣ Le façonnage à partir des tôles
- ♣ Le découpage
- ♣ Le soudage
- ♣ ...

### 3. Tableau récapitulatif :



		ISTA	Gestion de la productions et logistique	Cours	Date : 2020-2021
		<b>CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX</b>			GPL S3

## A- Mise en situation :

Les matériaux sont à la **source de la technologie** et du monde industriel. La réussite technique et le succès commercial d'un produit fabriqué dépendent en grande partie des matériaux choisis.

### 1- Identification d'un matériau :

Un matériau est une ..... **matière** .....d'origine naturelle ou artificielle que l'homme façonne pour en faire des objets et mis en œuvre en vue d'un usage spécifique. Toute matière entrant dans une construction devient **un matériau**.

### 2- Choix d'un matériau :

Sélectionner un matériau n'est généralement pas une opération simple compte tenu de la grande variété proposée. Le choix dépend autant du **prix** que des **qualités propres** du matériau et du **procédé de fabrication** retenu pour la réalisation.

### 3- Propriétés principales : On distingue :

- ♣ Propriétés ..... **physiques** .....
- ♣ Propriétés ..... **chimiques des métaux** .....
- ♣ Propriétés ..... **mécaniques** .....

### 4- Propriétés physiques :

Parmi les principales propriétés physiques on peut citer :

#### 4.1 la structure :

A l'état solide, les métaux se présentent sous forme d'un assemblage de grains microscopiques dont chacun constitue un cristal (la disposition des atomes à l'intérieur du cristal).

- ♣ **Cristal**: C'est la répétition indéfinie d'un groupe élémentaire appelée maille pour former un réseau (ou système)

- ♣ **La structure cristalline :**

Désigne la disposition des atomes à l'intérieur du cristal. Correspond aux trois états cristallographiques

#### a- **Système Cubique Centré CC :**

La maille élémentaire possède un atome à chacun de ses sommets et un atome en son centre (.... atomes). Parmi les métaux cristallisant dans le CC : le fer  $\alpha$ , le Chrome, Molybdène, Tungstène et Vanadium...

#### b- **Système Cubique à Face Centré : CFC**

Le cube élémentaire possède un atome à chaque sommet et un atome au centre de chacune de ses 6 faces (..... atomes).

Parmi les métaux cristallisant dans le CFC : Le fer  $\gamma$ , Nickel, Cuivre, Aluminium, Or,

### c- **Système Hexagonal Compacte HC:**

Les atomes occupent les sommets et le centre des 3 prismes triangulaires composants un prisme hexagonal de hauteur varie de 1.6 à 1.9 fois le côté représentant la maille élémentaire.

Parmi les métaux cristallisant dans le HC : Manganèse, Zinc, Cadmium et le titane.

### 4.2 **La couleur :**

Varie d'un métal à un autre, facilite son ... **identification** .....

- ♣ Cuivre : ..... **rouge** .....
- ♣ Or : ..... **jaune brillant**.....

### 4.3 **Le point de fusion :**

La **température** de ..... **fusion** ..... d'un **métal pur** est toujours **identique** (la même).

- Mercure : ..... **-38°C** .....
- Aluminium : ..... **660°C** .....
- Fer : ..... **1539°C** .....
- Acier : ..... **?**.....
- Vanadium : ..... **1910°C** .....
- Tungstène : ..... **3400°C** .....

### 4.4 **MASSE VOLUMIQUE :**

Cette caractéristique indique la masse par unité de volume, elle s'exprime en :

- Kilogramme par mètre cube ( $\text{Kg/m}^3$ )
- Kilogramme par décimètre cube ( $\text{Kg/dm}^3$ ) (unité usuelle de la densité  $\rho$ ).
- ....

Exemples :

- ♣ Fer :  $\rho = 7.86$  ( $\text{Kg/dm}^3$ )
- ♣ ALUMINIUM:  $\rho = 2.7$  ( $\text{Kg/dm}^3$ )
- ♣ CUIVRE:  $\rho = 8.92$  ( $\text{Kg/dm}^3$ )
- ♣ ZINC:  $\rho = 7.10$  ( $\text{Kg/dm}^3$ )
- ♣ MAGNESIUM:  $\rho = 1.7$  ( $\text{Kg/dm}^3$ )
- ♣ TUNGSTENE:  $\rho = 19$  ( $\text{Kg/dm}^3$ )
- ...

## 5- **Propriétés chimiques des métaux :**

**Résistance à la corrosion** sous l'action de l'Oxygène :

- Fer : ..... **s'oxyde rapidement** .....
- Aluminium ; Zinc ; Etain : ..... **oxydation superficielle** .....
- Nickel ; Chrome ; Or : ..... **aucune oxydation**.....

## 6- Propriétés mécaniques :

Caractérise le **comportement** (la réaction) du métal quand on le soumet à des **forces pour le déformer**.

### 6.1 Dureté :

- ..... la résistance à la pénétration ; à l'usure .....
- Déterminée par essai ..... dureté .....

### 6.2 Ténacité :

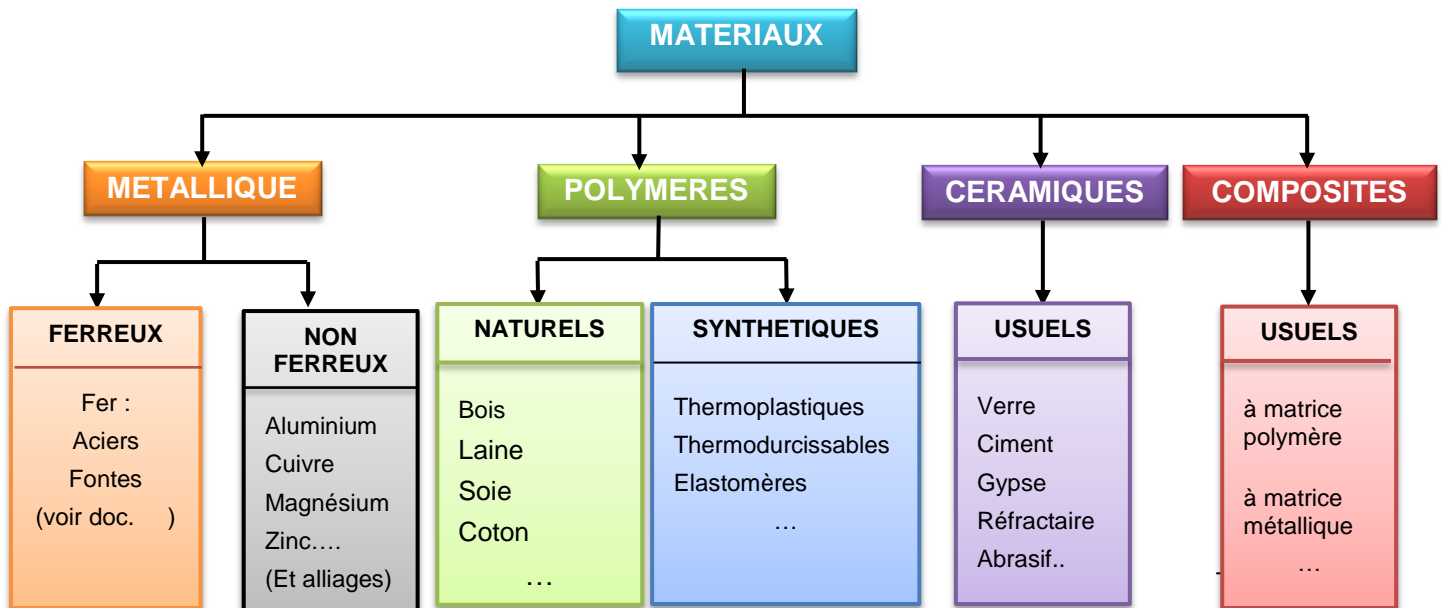
- ..... la résistance à la rupture (résistance aux chocs).....
- Déterminée par essai ..... de résilience .....

### 6.3 Elasticité :

- ..... la propriété de reprendre la forme initiale après déformation.....
- Déterminée par essai ..... de traction .....

## B- TYPES DE MATERIAUX :

### 1. Principales familles de matériaux :



### 2. Matériaux des outils de coupe : (Rappel) , on trouve :

- ...Aciers rapides supérieurs ARS...( condition de coupes faibles).....
- ..Carbures métalliques.....( condition de coupes élevées).....
- ...Céramiques .....( condition de coupes très élevées).....
- ...Diamants (le matériau le plus dur).....

### 3. Matières d'œuvre (Pièces à usiner) :

On distingue les grandes familles de matériaux :

- Matériaux ...**métalliques**.....
- Matériaux ... **plastiques**.....
- Matériaux.....**composites**.....

### 4. Matériaux métalliques :

a. .... **FERREUX** ..... : (fer ; aciers ; fontes...)

b. .... **NON FERREUX** .... : (Aluminium ; Cuivre ; Magnésium et leurs alliages)

### 5. Alliages :

Un **alliage** est une combinaison d'un **métal** avec un ou plusieurs autres **éléments**. Un métal **pur** a des caractéristiques **mécaniques** relativement **faibles**. Le **métal principal** est appelé le **métal de base** ou la « **base** ». Les **éléments ajoutés** volontairement sont appelés les **éléments d'alliage** (ou **d'addition**) et les éléments **non désirés** sont appelés les **impuretés**.

## C- ELABORATION DES MATERIAUX : voir annexe 1.

### 1. Généralités :

Le progrès technique a permis de produire des **matériaux élaborés** à partir des techniques suivantes :

- d'extraire des métaux à partir de *minerai*
- de les mélanger pour fabriquer des *alliages*
- de mettre au point des matières plastiques synthétiques à partir d'éléments naturels comme *le charbon, le pétrole, le bois ou le gaz naturel*.
- de concevoir des *matériaux composites* de plus en plus utilisés dans les industries du transport.

### 2. Modes d'obtention des métaux :

#### 2.1 Elaboration de la Fonte :

..... **fer + carbone (carb > 2%)**.....

#### a- Fontes de première fusion :

C'est la fonte de base qui est obtenue directement par le traitement du minerai (Réduction de ce minerai dans un haut fourneau).

Le déroulement des opérations est le suivant :

- Extraction du minerai
- Concassage, broyage
- Enrichissement pour éliminer le plus possible de gangue.
- Agglomération pour en faire des blocs.
- Réduction de ce minerai dans un haut fourneau pour obtenir de la fonte de première fusion.

## b- Fontes de seconde fusion :

Elles sont obtenues par refusions des gueuses de premières fusions (des retours de fonderie), affinage et dosage en fonction de la nuance voulue.

### 2.2 Elaboration de l'Acier :

#### ➤ Composition :

Alliage ferreux à .....2% ..... Carbone maxi façonnable à chaud avec présence volontaire ou non d'éléments métalliques ou de métalloïdes.

#### ➤ Elaboration :

Par affinage:

- de la fonte à l'air ou l'oxygène ⇒ acier de base non allié
- d'un acier (à l'arc électrique, ⇒ acier spécial).

#### ➤ Historique :

L'acier est apparu par l'évolution de la métallurgie, vers 1786. Cette année-là, trois savants, Berthollet, Gaspard Monge et Vandermonde, caractérisèrent trois types de produits obtenus à partir de la coulée des hauts-fourneaux : le fer, la fonte et l'acier. L'acier était alors obtenu à partir du fer, lui-même produit par affinage de la fonte issue du haut-fourneau.

Au XIX<sup>e</sup> siècle sont apparues des méthodes de fabrication directe de conversion de la fonte, avec les convertisseur Bessemer en 1856 (Henry Bessemer) le procédé Thomas-Gilchrist en 1877 (Sidney Gilchrist Thomas et Percy Carlyle Gilchrist de déphosphoration de la fonte. Ces découvertes, permettant la fabrication en masse d'un acier de « qualité » (pour l'époque), participent à la Révolution industrielle.

Enfin, vers la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, Dmitry Chernov établit le diagramme binaire fer/carbone. faisant passer la métallurgie de l'état d'artisanat à celui de science.

### 2.3 Elaboration de l'Aluminium :

#### ➤ Etat naturel :

L'aluminium est le constituant métallique le *plus abondant* de la croûte terrestre. Le principal minerai d'aluminium est la **bauxite**. On le trouve *sous forme de silicate* d'aluminium mais *jamais à l'état libre*.

#### ➤ Préparation et obtention :

*En 1886, Charles Martin Hall, aux États-Unis, et Paul L. T. Héroult, en France, découvrirent indépendamment que l'oxyde d'aluminium, ou alumine, se dissout dans le cryolite ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) et peut ensuite être décomposé par électrolyse pour donner le métal brut en fusion.*

### 2.4 Elaboration de Cuivre :

*On a découvert des objets en cuivre datant du VII<sup>e</sup> millénaire avant notre ère. Ainsi, le cuivre et ses alliages, en particulier le bronze furent les premiers métaux employés dans la fabrication d'objets.*

### **a- État naturel :**

Moyennement abondant dans la croûte terrestre, Le cuivre existe à l'état natif (c'est-à-dire présent naturellement sous forme métallique).

### **b- Préparation et production :**

C'est depuis l'Antiquité que l'on extrait le cuivre. La majorité des minerais exploités contiennent également d'autres métaux, comme le plomb, le nickel ou le fer. La métallurgie du cuivre dépend de la composition du minerai. Le cuivre natif est broyé, lavé et moulé en barre.

## **2.5 Elaboration du Zinc :**

Le zinc est employé depuis l'Antiquité sous la forme d'alliages avec le cuivre et l'étain.

### **a- État naturel :**

Le zinc est assez abondant dans la croûte terrestre. On ne le trouve jamais à l'état libre dans la nature, mais sous forme d'oxyde de zinc (ZnO).

### **b- Préparation et production**

Les minerais à partir desquels on prépare le zinc sont principalement la smithsonite et la blende. Deux procédés d'extraction du zinc, l'extraction par voie thermique et l'extraction par voie humide, ou procédé électrolytique.

- **Première étape :**

(a) Transformation du minerai en oxyde, par grillage à haute température.

(b) Désulfuration du produit (suppression du Soufre).

- **Deuxième étape → Par ELECTROLYSE :**

(i) Dissolution de l'oxyde de zinc dans l'acide sulfurique.

(ii) Elimination des impuretés.

## **2.6 Elaboration des matières Plastiques :**

**PLASTIQUE = ..... Polymère + Adjuvant + Additifs.....**

### **a- Les thermoplastiques :**

Sous l'action de la chaleur, ils arrivent à une phase pâteuse et peuvent être moulés. Après solidification, ils peuvent à nouveau être chauffés et devenir liquides ou pâteux. Produit recyclable.

### **b- Les thermodurcissables :**

Sous l'action de la chaleur, ils ne peuvent devenir pâteux qu'**une seule fois**. Après solidification, si on les chauffe à nouveau, ils gardent leur état solide. Produit non recyclable.



## 2.7 Elaboration des matériaux Composites :

### a- Approche industrielle :

Un matériau composite est constitué d'une ossature (carcasse ou structure) appelée renfort qui assure la tenue mécanique et d'une protection appelée **matrice** qui est généralement une **matière plastique** (résine thermoplastique ou thermodurcissable) et qui assure la cohésion de la structure et la retransmission des efforts vers le renfort.

### b- Domaine d'application :

Les composites trouvent leurs principales applications dans le transport aérien (civil et militaire), maritime et ferroviaire, le bâtiment, l'aérospatial ainsi que les sports et loisirs, notamment grâce à leur bonne tenue mécanique comparable aux matériaux homogènes comme l'acier et leur faible masse volumique.

### c- Historique :

- 1823 : Charles Macintosh crée l'imperméable avec du caoutchouc sur des tissus comme le coton.
- 1892 : François Hennebique dépose le brevet du béton armé.

### d- Principaux composites :

- Les fibres de verre sont utilisées notamment dans la fabrication de piscines.
- Les fibres de carbone utilisées dans l'aviation.
- Le béton et le béton armé en génie civil.
- ...

### e- Renforts :

Le renfort est le squelette supportant les efforts mécaniques. Il peut se présenter sous de nombreuses formes : fibres courtes ou fibres continues en fonction de l'application envisagée. Les fibres possèdent généralement une bonne résistance à la traction.

♣ **Principaux renforts :** Parmi les fibres les plus employées on peut citer :

- Les fibres de verre
- Les fibres de carbone
- ...

### f- Matrice :

La matrice a pour principal but de transmettre les efforts mécaniques au renfort. Elle assure aussi la protection du renfort vis à vis des diverses conditions environnementales.

♣ **Les principales matrices utilisées sont :**

- Les résines polyester : peu onéreuses qui sont généralement utilisées avec les fibres de verre.
- Les résines thermoplastiques
- ...

# ALLIAGES NON FERREUX

## ALLIAGES D'ALUMINIUM

## ALLIAGES DE ZINC MOULES

## ALLIAGES DE CUIVRE

Exemple de désignation :

Code numérique
Désignation symbolique éventuellement  
**EN AB-21 000 [Al Cu4 Mg]**

Symbole du métal de base : **ALUMINIUM**

1<sup>er</sup> élément d'addition suivi de son pourcentage **réel**

2<sup>e</sup> élément d'addition suivi de son pourcentage **réel**

~~EN~~ EN AB-21 000 [Al Cu 4 Mg] : .....

Exemples d'alliage d'Aluminium :

- **ALPAX** : Aluminium (Al) + Silicium (Si)

**EN AB-44 200 [Al Si 12]**

Bonne moulabilité

- **DURALIUM** : Aluminium (Al) + Cuivre (Cu)

**EN AW-2017 [Al Cu 4 Mg Si]**

Bonne usinabilité

- **DURALINOX** : Aluminium (Al) + Magnésium (Mg)

**EN AW-5086 [Al Mg 4]**

Bonne soudabilité (Pièces chaudronnées: Citernes, tuyauterie)

La mise en œuvre des alliages de zinc est facile en fonderie. Il est possible de réaliser des pièces robustes à parois minces très complexes avec des tolérances serrées.

Principales nuances d'alliage de Zinc :

- **ZAMAK** (2, 3 et 5) : Alliage de fonderie sous pression (Carburateurs, boîtiers ...).

- **KAYEM** (1 et 2) : Alliage pour la fabrication par fonderie d'outillages de presse et de moules pour plastiques.

- **ZA** (8 et 27) : Alliage pour moulage coquille ou sous pression. Bonnes caractéristiques mécaniques et bonne résistance au frottement.

**Bons conducteurs électriques.**

Exemple de désignation :

**Cu Zn 39 Pb2**

Symbole du métal de base : **CUIVRE**

1<sup>er</sup> élément d'addition suivi de son pourcentage **réel**

2<sup>e</sup> élément d'addition suivi de son pourcentage **réel**

~~Cu~~ Cu Zn 39 Pb2 : .....

Exemples d'alliage de Cuivre :

- **BRONZE** : Cuivre (Cu) + Etain (Sn)

**Cu Sn 8**

Matériau de frottement (Bague, douille, segments)

- **LAITON** : Cuivre (Cu) + Zinc (Zn)

**Cu Zn 15**

Bonne usinabilité (robinetterie, pompe)

- **CUIVRE AU BERYLIUM** : Cuivre (Cu) + Béryllium (Be)

**Cu Be 2**

Ressorts, rondelles onduflex, connecteurs

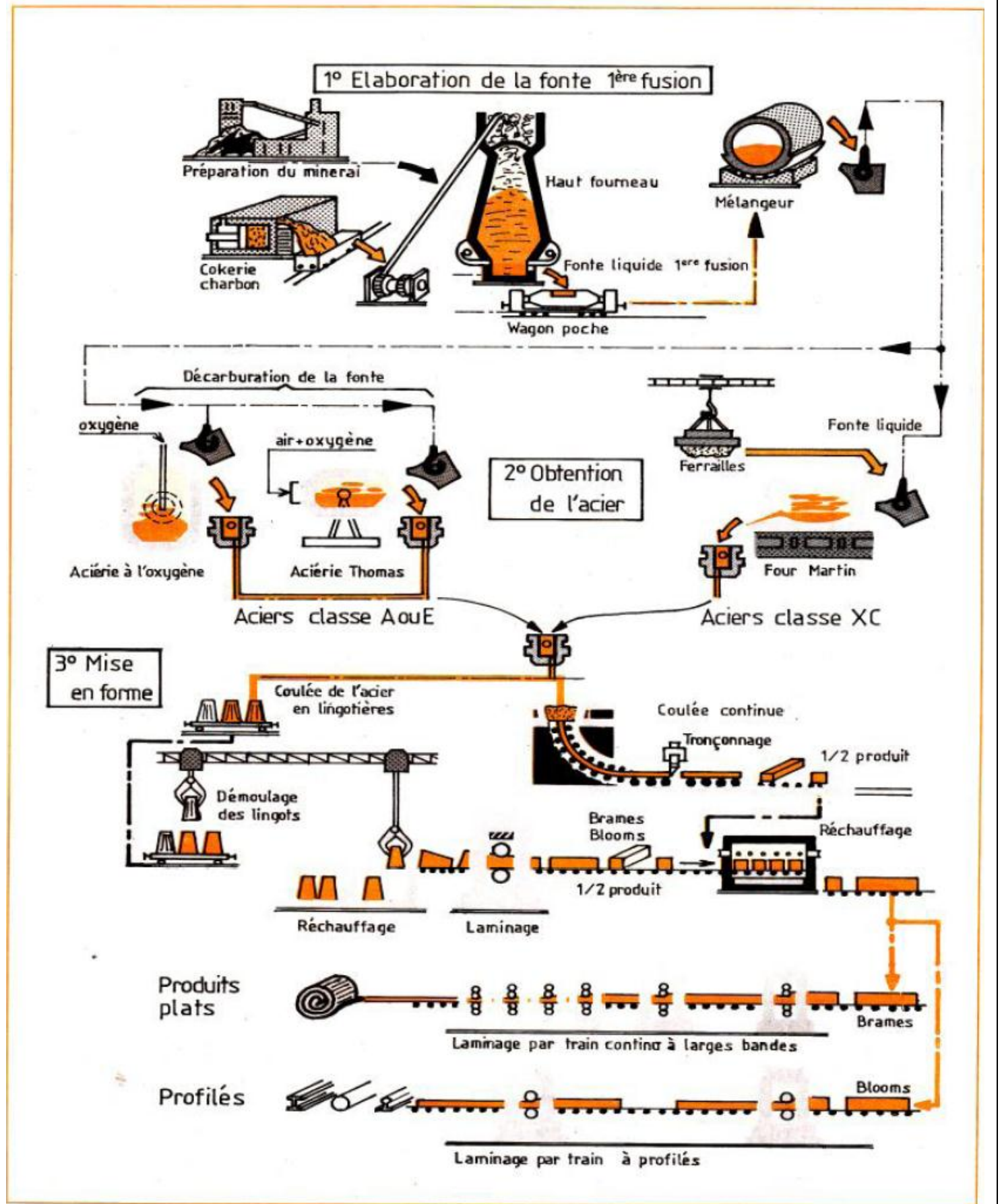
## MATERIAUX PLASTIQUES, ELASTOMERES

CLASSIFICATION	EMPLOIS DES PRINCIPAUX PLASTIQUES ET ELASTOMERES					
<p><b>A) LES MATERIAUX PLASTIQUES :</b></p> <p>Ils se présentent souvent sous la forme de pièces moulées, certains peuvent être usinés.</p> <p><b>PLASTIQUE = POLYMERE + ADJUVANTS + ADDITIFS</b></p> <p>* Polymère = Résine (constituant de base)</p> <p>* Adjuvants = Renforts, anti-oxydant ...</p> <p>* Additifs = Colorants, lubrifiants, ignifugeants ...</p> <p>On distingue deux catégories principales de plastiques :</p> <p style="color: red;">- Les thermoplastiques</p> <p style="color: red;">- Les thermodurcissables</p> <p><b>1- Les thermoplastiques :</b></p> <p>Sous l'action de la chaleur, ils arrivent à une phase pâteuse et peuvent être moulés. Après solidification, ils peuvent à nouveau être chauffés et devenir liquides ou pâteux.</p> <p><b>2- Les thermodurcissables :</b></p> <p>Sous l'action de la chaleur, ils ne peuvent devenir pâteux qu'<b>une seule fois</b>. Après solidification, si on les chauffe à nouveau, ils gardent leur état solide.</p> <p><b>B) LES ELASTOMERES :</b></p> <p>Ils se présentent sous la forme de pièces très élastiques, joints d'étanchéité, membranes, pièces d'amortissement des chocs.</p>	<b>Symboles</b>	<b>Significations</b>	<b>*Usinabilité</b>	<b>*Soudabilité</b>	<b>Utilisations</b>	
	<b>THERMOPLASTIQUES</b>					
	<b>CA</b>	Acétate de cellulose	TB	TB	<b>Plus vieux plastique (1905). Peignes, jouets</b>	
	<b>ABS</b>	Acrylonitrile-butadiène-styrène	B	F	<b>Carrosserie Auto. Articles ménagers</b>	
	<b>PMMA</b>	Polyméthacrylate de méthyle (PLEXIGLASS)	TB	F	<b>Transparent. Vitres, optiques d'éclairage</b>	
	<b>PA6/6</b>	Polyamide type 6-6 (NYLON)	TB	B	<b>Engrenages, coussinets</b>	
	<b>PA 11</b>	Polyamide type 11 (NYLON)	TB	B	<b>Canalisations</b>	
	<b>PC</b>	Polycarbonate	TB	B	<b>Transparent. Visières de casque. Bols de robots</b>	
	<b>PE hd</b>	Polyéthylène haute densité	TB	TB	<b>Poches plastiques, récipients</b>	
	<b>PE bd</b>	Polyéthylène basse densité	TB	TB	<b>Flacons, bidons</b>	
	<b>PTFE</b>	Polytétrafluoréthylène (TEFLON)	B	Non	<b>Joints, patins de glissement</b>	
	<b>POM</b>	Polyoxyméthylène (DELRIN)	TB	TB	<b>Robinets, engrenages</b>	
	<b>PP</b>	Polypropylène	TB	TB	<b>Tuyaux, bouteilles</b>	
	<b>PS</b>	Polystyrène	M	TB	<b>Emballages électroménagers</b>	
	<b>PSB</b>	Polystyrène résistant aux chocs	B	TB	<b>Carters électroménagers</b>	
	<b>PVC U</b>	Polychlorure de vinyle (rigide)	TB	TB	<b>Canalisations</b>	
	<b>PVC P</b>	Polychlorure de vinyle (souple)	TB	TB	<b>Tuyaux, gaines isolantes</b>	
	<b>THERMODURCISSABLES</b>					
	<b>PF 21</b>	Phénoplaste (BAKELITE)	Selon la charge		<b>Plus vieux des thermodurcissables (1907). Isolant électrique et thermique. Vernis de bobinage</b>	
	<b>EP</b>	Epoxyde (ARALDITE)			<b>Enrobage, colle puissante</b>	
<b>UP</b>	Polyester			<b>Carrosserie, cuves. Bonne tenue mécanique</b>		
<b>PUR</b>	Polyuréthane			<b>Pare-chocs, volants</b>		
<b>ELASTOMERES</b>						
<b>NBR</b>	Butadiène-Acrylonitrile (PERBUNAN)			<b>Joints, membranes, Essuie-glaces, amortisseurs Soufflets, pneus ...</b>		
<b>EPM</b>	Ethylène-Propylène					
<b>FPM</b>	Fluorocarbone					
<b>FKM</b>	Elastomère fluoré (VITON)					
* TB = Très bon – B = Bon – M = Moyen – F = Facile						

## DESIGNATION DES MATERIAUX : ALLIAGES FERREUX

FONTES	ACIERS		SYMBOLES CHIMIQUES DES ELEMENTS D'ALLIAGE																																																								
	ACIERS NON ALLIES	ACIERS ALLIES	Symbole	Élément d'alliage																																																							
<p><b>A) LES FONTES A GRAPHITE LAMELLAIRE :</b> Exemple de désignation symbolique :</p> <p style="text-align: center;"><b>EN-GJL-200</b></p> <p style="text-align: center;">Préfixe      Symbole du type de fonte      Rr en Mpa</p> <p><i>* Rr = Limite à la rupture en Mpa (N/mm<sup>2</sup>)</i></p> <p><b>B) LES FONTES MALLEABLES :</b> Exemple de désignation symbolique :</p> <p style="text-align: center;"><b>EN-GJMB-450-6</b></p> <p style="text-align: center;">Préfixe      Symbole du type de fonte      Rr en Mpa      A%</p> <p><i>* A% = Pourcentage d'allongement après rupture</i></p> <p><b>C) LES FONTES GRAPHITE SPHEROÏDAL :</b> Exemple de désignation symbolique :</p> <p style="text-align: center;"><b>EN-GJS-400-18</b></p> <p style="text-align: center;">Préfixe      Symbole du type de fonte      Rr en Mpa      A%</p>	<p><b>A) LES ACIERS D'USAGE GENERAL : ...</b></p> <p><b>B) LES ACIERS DE CONSTRUCTION MECANIQUE :</b></p> <p style="text-align: center;"><b>S 235</b> <b>E 335</b></p> <p style="text-align: center;">Symbole      Re en Mpa</p> <p><i>* Re = Limite minimal d'élasticité en Mpa (N/mm<sup>2</sup>)</i></p> <p><b>C) LES ACIERS POUR TRAITEMENT THERMIQUE ET FORGEAGE :</b></p> <p>Exemple de désignation :</p> <p style="text-align: center;">Symbole      <b>40</b>      % de carbone x 100</p> <p><b>D) LES ACIERS NON ALLIES MOULES :</b></p> <p>Si un acier est moulé, sa désignation est précédée de la lettre <b>...</b></p> <p>Exemples :</p> <p style="text-align: center;">GS 235 GS 335 GC40</p>	<p><b>A) LES ACIERS FAIBLEMENT ALLIES :</b> (Aucun élément d'alliage n'atteint 5%)</p> <p>Exemple de désignation :</p> <p style="text-align: center;"><b>30 Ni Cr Mo 8-6</b></p> <p>% de carbone x 100</p> <p>Symbole des éléments d'alliage par teneur décroissante</p> <p><b>% des éléments d'alliage</b>  <b>x4</b> pour Cr, Co, Mn, Ni, Si, W  <b>x10</b> pour Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr  <b>x100</b> pour Ce, N, P, S  <b>x1000</b> pour B</p> <p>○ 16 Ni Cr Mo 8-6</p> <hr style="border-top: 1px dotted red;"/> <hr style="border-top: 1px dotted red;"/> <hr style="border-top: 1px dotted red;"/> <p><b>B) LES ACIERS FORTEMENT ALLIES :</b> (Au moins un élément d'alliage atteint 5%)</p> <p>Exemple de désignation :</p> <p style="text-align: center;"><b>X5 Cr Ni 18-10</b></p> <p>Symbole</p> <p>% de carbone x 100</p> <p>% réel des éléments d'alliage</p> <p>Symbole des éléments d'alliage par teneur décroissante</p> <p>○ X 5 Cr Ni 18-10 :</p> <hr style="border-top: 1px dotted red;"/> <hr style="border-top: 1px dotted red;"/>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Symbole</th> <th>Élément d'alliage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Al</td><td>Aluminium</td></tr> <tr><td>Sb</td><td>Antimoine</td></tr> <tr><td>Ag</td><td>Argent</td></tr> <tr><td>Be</td><td>Béryllium</td></tr> <tr><td>Bi</td><td>Bismuth</td></tr> <tr><td>B</td><td>Bore</td></tr> <tr><td>Cd</td><td>Cadmium</td></tr> <tr><td>Ce</td><td>Cérium</td></tr> <tr><td>Cr</td><td>Chrome</td></tr> <tr><td>Co</td><td>Cobalt</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>Cuivre</td></tr> <tr><td>Sn</td><td>Etain</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>Fer</td></tr> <tr><td>Ga</td><td>Gallium</td></tr> <tr><td>Li</td><td>Lithium</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>Magnésium</td></tr> <tr><td>Mn</td><td>Manganèse</td></tr> <tr><td>Mo</td><td>Molybdène</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>Nickel</td></tr> <tr><td>Nb</td><td>Niobium</td></tr> <tr><td>Pb</td><td>Plomb</td></tr> <tr><td>Si</td><td>Silicium</td></tr> <tr><td>Sr</td><td>Strontium</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>Titane</td></tr> <tr><td>V</td><td>Vanadium</td></tr> <tr><td>Zn</td><td>Zinc</td></tr> <tr><td>Zr</td><td>Zirconium</td></tr> </tbody> </table>	Symbole	Élément d'alliage	Al	Aluminium	Sb	Antimoine	Ag	Argent	Be	Béryllium	Bi	Bismuth	B	Bore	Cd	Cadmium	Ce	Cérium	Cr	Chrome	Co	Cobalt	Cu	Cuivre	Sn	Etain	Fe	Fer	Ga	Gallium	Li	Lithium	Mg	Magnésium	Mn	Manganèse	Mo	Molybdène	Ni	Nickel	Nb	Niobium	Pb	Plomb	Si	Silicium	Sr	Strontium	Ti	Titane	V	Vanadium	Zn	Zinc	Zr	Zirconium
Symbole	Élément d'alliage																																																										
Al	Aluminium																																																										
Sb	Antimoine																																																										
Ag	Argent																																																										
Be	Béryllium																																																										
Bi	Bismuth																																																										
B	Bore																																																										
Cd	Cadmium																																																										
Ce	Cérium																																																										
Cr	Chrome																																																										
Co	Cobalt																																																										
Cu	Cuivre																																																										
Sn	Etain																																																										
Fe	Fer																																																										
Ga	Gallium																																																										
Li	Lithium																																																										
Mg	Magnésium																																																										
Mn	Manganèse																																																										
Mo	Molybdène																																																										
Ni	Nickel																																																										
Nb	Niobium																																																										
Pb	Plomb																																																										
Si	Silicium																																																										
Sr	Strontium																																																										
Ti	Titane																																																										
V	Vanadium																																																										
Zn	Zinc																																																										
Zr	Zirconium																																																										

SCHEMA D'ELABORATION DES MATERIAUX :

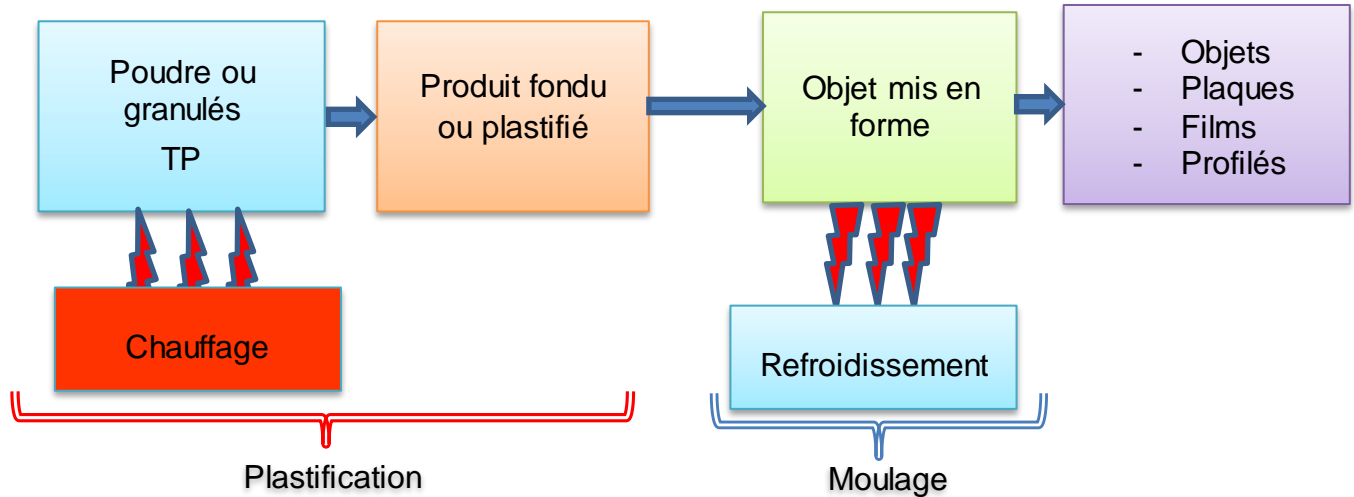


	ISTA	Gestion de la productions et logistique	Cours	Date : 2020-2021
		MISE EN ŒUVRE DES MATIERES PLASTIQUES		GPL S3

## 1. Principes de la mise en œuvre :

La chaleur et la pression sont les facteurs principaux de la mise en œuvre des matières plastiques.

## 2. Transformation des thermoplastiques :



**Schéma de principe de mise en œuvre des matières thermoplastiques.**

### 2.1 Matière première :

- ♣ Poudre ou granulés.
- ♣ Demi-produits : plaques, feuilles, ...
- ♣ Corps étrangers : objet, tissus...

### 2.2 types de procédés :

- ✓ l'injection.
- ✓ l'extrusion.
- ✓ l'extrusion soufflage ou l'injection-soufflage ;
- ✓ le soufflage
- ✓ le thermoformage
- ✓ ...

### 2.3 L'injection :

#### a- Principe :

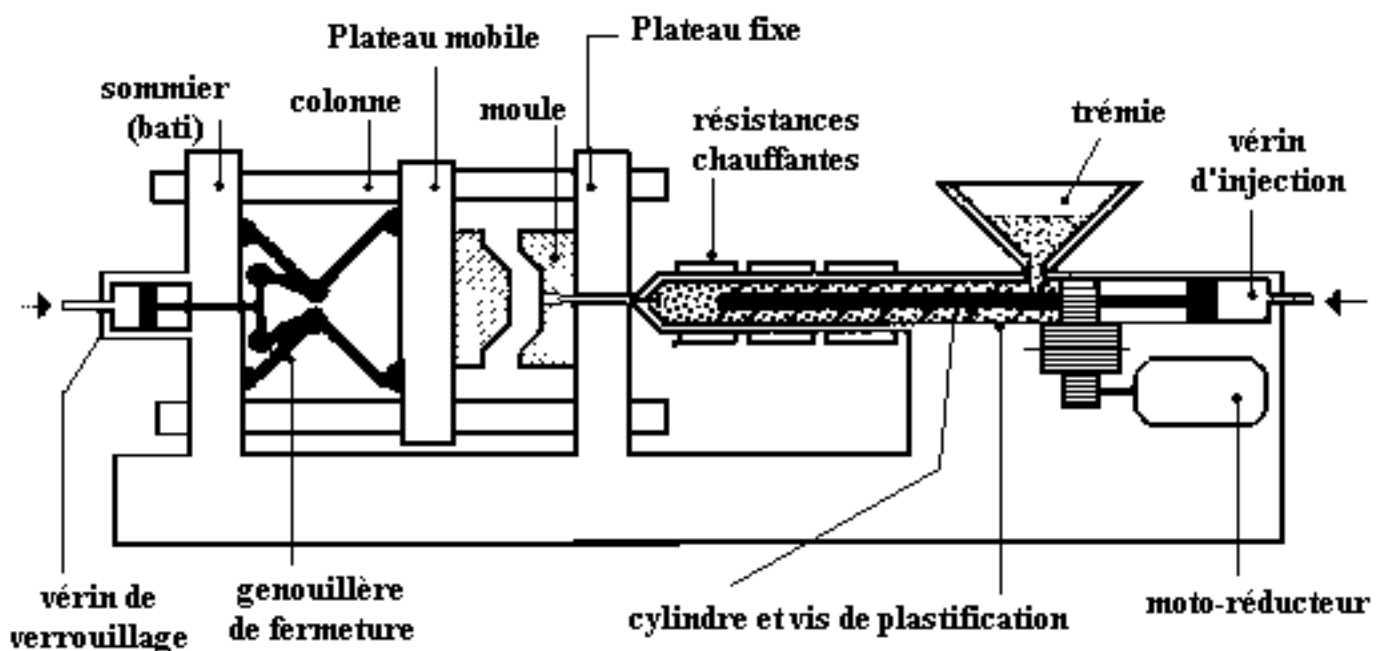
C'est le principal procédé de mise en œuvre des T.P. Consiste à ramollir la matière plastique (phase de plastification) dans un cylindre et à l'injecter dans un moule métallique monté sur une machine.

b- **Avantages** : permet :

- de réaliser toutes formes complexes à parois mince.
- Une grande cadence de fabrication
- Une meilleure précision dimensionnelle et géométrique.
- Valable pour les grandes séries : série minimale 10000
- Cycle automatique

c- **Machine** : Composée :

- D'une trémie (entonnoir) d'alimentation
- D'un système de plastification et d'injection chauffé électriquement
- D'un système de mise en mouvement du moule et de verrouillage
- D'un système d'éjection



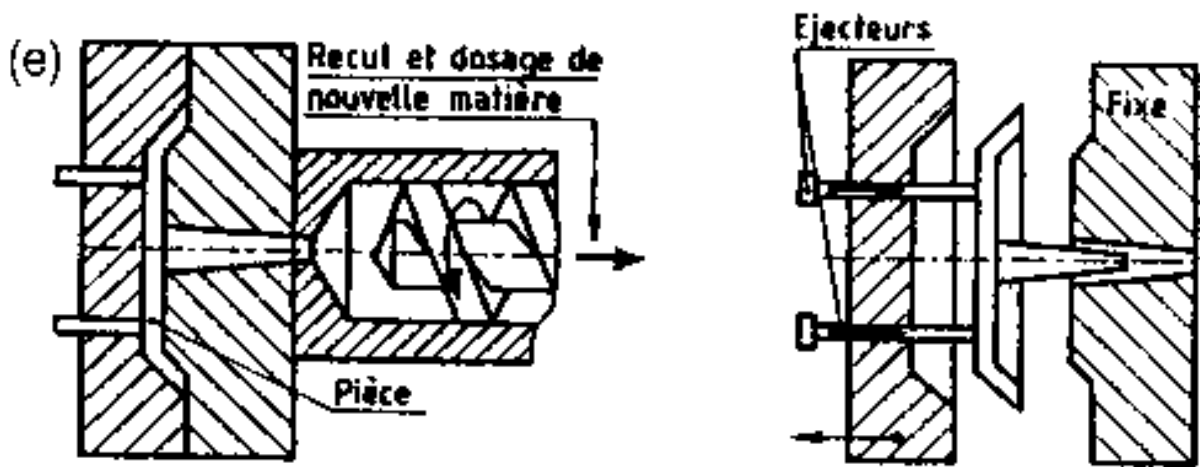
d- **Moule** :

Composé d'une empreinte en acier spécial rapportée dans une carcasse en acier.

e- **Cycle de fabrication** :

Les opérations successives d'un cycle de fabrication sont :

- Alimentation du cylindre
- Plastification, fermeture et verrouillage du moule,
- Injection et refroidissement de la pièce,
- Ouverture du moule et éjection de la pièce.



- Fermeture du moule,
- Injection de matière plastique à l'état pâteux

- Ouverture du moule
- et éjection de la pièce.

## 2.4 L'extrusion :

### a- Principe :

Consiste à plastifier la matière première par la chaleur dans un fourreau, malaxée et laminée par une vis, est poussée par celle-ci à travers une filière à l'extrémité du fourreau de l'extrudeuse.

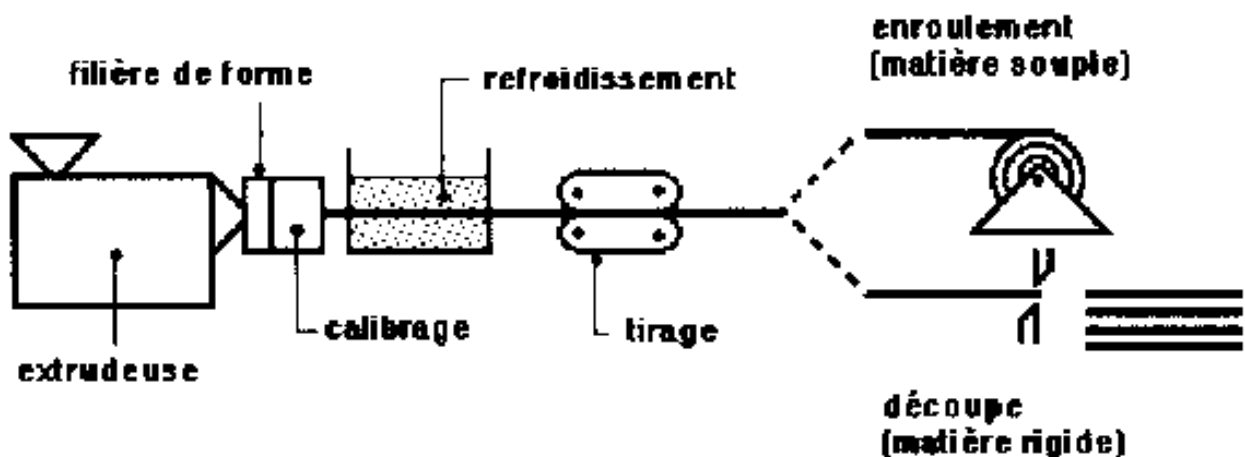
### b- Avantages : permet d'obtenir :

- Production en continue.
- Produits de formes variées : fils, tubes, films, profilés...

### c- Machine : Composée

- D'une trémie (entonnoir) d'alimentation
- D'un système de plastification : chaleur + vis spéciale (vis à plusieurs zones : zone d'alimentation ; zone de fusion ou compression ; zone de sortie ou pompage).
- D'un système de transfert de la matière extrudée

### c- Filière : buse en acier spécial ayant la forme à produire.





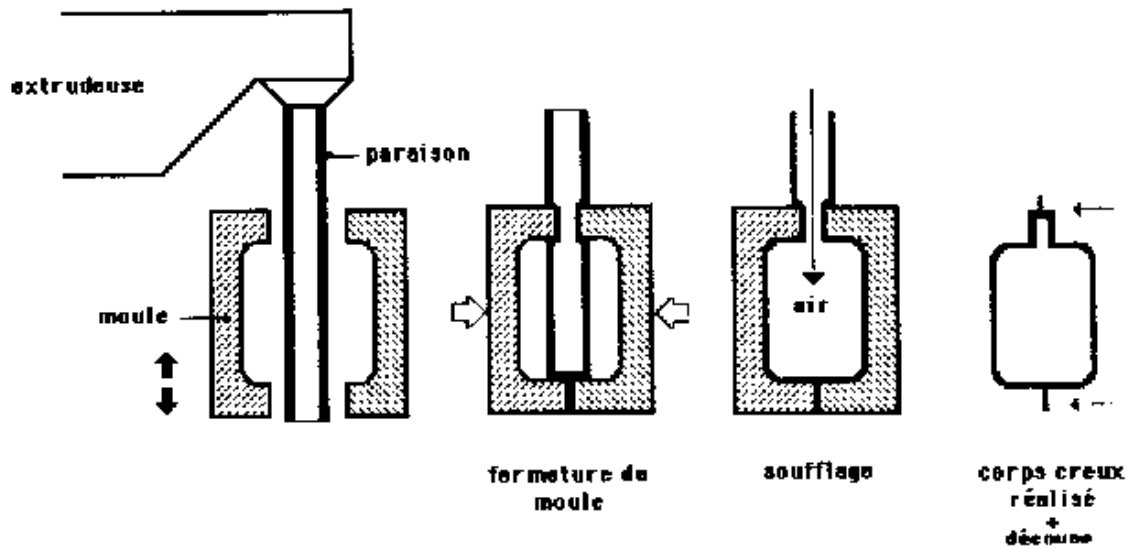
## 2.5 L'extrusion soufflage :

### a- Principe :

Une extrudeuse forme un tube appelé 'paraison' qui est placée dans un moule en 2 parties. On injecte de l'air sous pression, qui plaque la paraison sur l'empreinte du moule.

### b- Avantages : permet :

- De fabriquer des pièces creuses sans utiliser de noyaux (bouteilles, flacons, bidons....)
- Une cadence de fabrication élevée : 3000 à 5000 flacons de moins d'un litre.



## 2.6 L'injection soufflage :

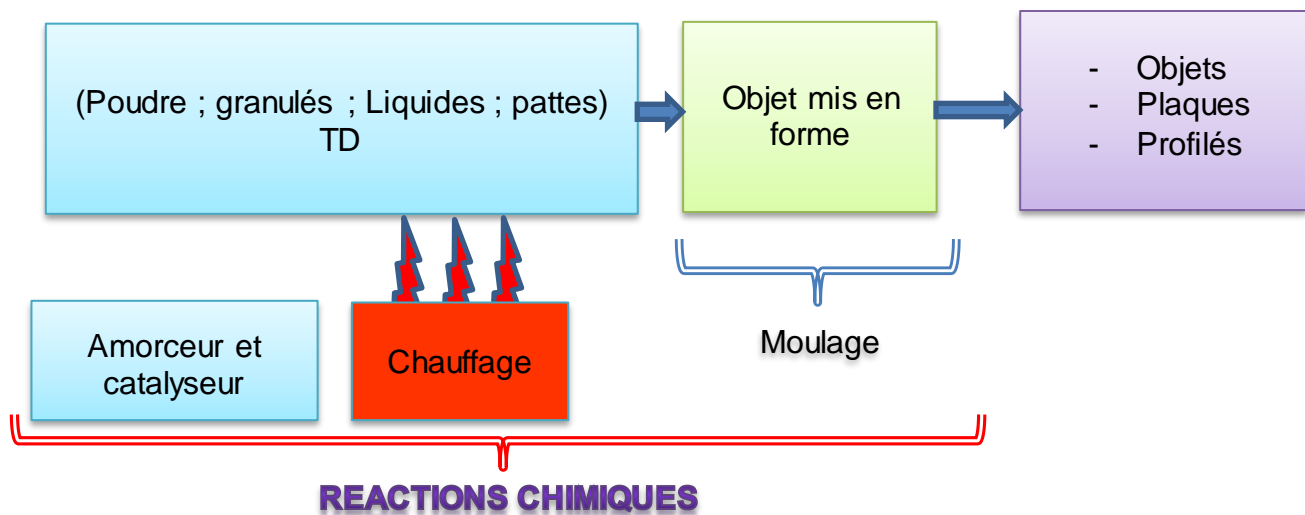
### a- Principe :

Après injection d'une préforme (paraison) dans un moule. On obtient par soufflage dans un autre moule la forme creuse désirée.

### b- Avantages : permet :

- a. De fabriquer des pièces creuses sans utiliser de noyaux
- b. Une cadence de fabrication plus faible qu'en extrusion soufflage
- c. C'est une technique onéreuse car il faut deux moules.

### 3. Transformation des thermodurcissables :



#### Schéma de principe de mise en œuvre des matières thermodurcissables.

#### 3.1 Matière première :

- Poudre ou granulé préparés de la matière.
- ...

#### 3.2 Types de procédés :

Pour remplir le moule, plusieurs méthodes sont possibles :

- ✓ **Compression**
- ✓ **Transfert**
- ✓ **L'injection;**

#### 3.3 Compression :

La poudre à mouler est déposée dans un moule chaud. Ce dernier est ensuite fermé sur la poudre.

#### 3.4 Transfert :

La poudre est placée dans un cylindre chauffant, et un piston injecte la matière à l'état visqueux dans l'empreinte du moule.

#### 3.5 Injection :

Un ensemble vis piston (idem au TP pour l'injection), permet un préchauffage, une plastification des matières thermodurcissables et son injection dans un moule chaud, site de la réaction de fabrication des polymères.