

# **PROCESSUS DE PRODUCTION DE L'ALUMINIUM & de ses alliages**

## **Brève synthèse bibliographique**

**par: Pr. A/Malek ROULA**

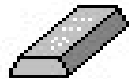
Année	Production mondiale; <b>millions de tonnes</b> <a href="http://www.world-aluminium.org/production/maps/index.html">http://www.world-aluminium.org/production/maps/index.html</a>							
	Africa	USA & Canada	Lat. Am.	Asia	W. Eur.	East. Europe	Austr. N. Z	Total
2000	1.178	6.041	2.167	2.221	3.801	3.689	2.094	21.191
2001	1.369	5.222	1.991	2.234	3.885	3.728	2.122	20.551
2002	1.372	5.413	2.230	2.261	3.928	3.825	2.170	21.199
2003	1.428	5.495	2.275	2.475	4.068	3.996	2.198	21.935
<b>2004</b>	<b>1.711</b>	<b>5.110</b>	<b>2.350</b>	<b>2.735</b>	<b>4.295</b>	<b>4.539</b>	<b>2.246</b>	<b>22.592</b>

1. Afrique: Cameroun, Égypte, Ghana, Mozambique, Nigeria, South Africa: 7 %
2. USA & Canada: 22 %
3. Latin America: Argentina, Brésil, Mexico, Suriname, Venezuela: **10 %**
4. Asia: China, Japan, North Korea, South Korea, Tadzhikistan, Azerbaijan, Bahrain, India, Indonesia, Iran, Turkey, United Arab Emirates: **12 %**
5. West Europe: France, Germany, Greece, Iceland, Italy, Netherlands, Norway, Spain, Sweden, Switzerland, United Kingdom : **19 %**
6. East/Central Europe: Bosnia and Herzegovina, Croatia, Hungary, Poland, Romania, Russian Federation, Serbia and Montenegro, Slovakia, Slovenia, Ukraine : **20 %**
7. Austr. & N. Zéland.: 10 %

Pr. A/Malek ROULA

# L'Aluminium est le métal le + abondant de la croûte terrestre (8%)

## Détails d'un élément



Métal

Nom: Aluminium  
Symbole: Al  
Couches: 2,8,3  
Fusion: 660,37°C  
Ébullition: 2467°C

Numéro atomique: 13  
Masse atomique: 26,98154  
Couche externe: 3p1  
Rayon atomique: 1,82Å  
Electronégativité: 1,61

Origine du nom: Latin : alumen (alun).

Description: Métal; argenté.

Découvert par: Hans Christian Oersted

Année: 1825

Pays: Danemark

Source: le métal le plus abondant de la croûte terrestre (8%), qui cependant n'existe pas à l'état natif et est obtenu par électrolyse à partir de la bauxite (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Usages: utilisé pour fabriquer de très nombreux items depuis les avions jusqu'aux contenants pour la boisson.

Période



OK

Aide

Groupe



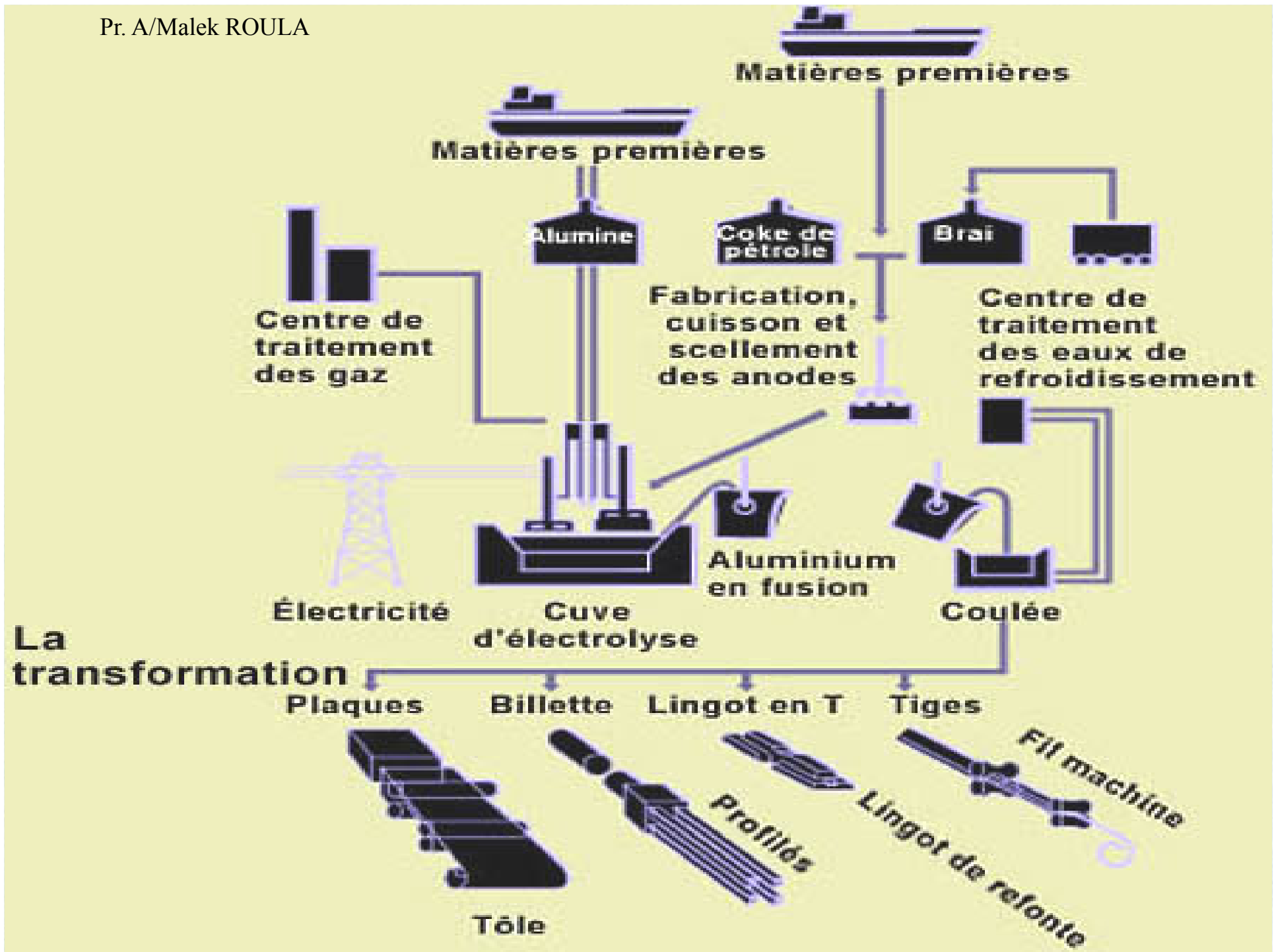
# Bauxite => Alumine => Aluminium

Al(13/27) n'existe pas à l'état pur dans la nature et il se présente le + souvent sous forme d'oxydes.

La source la + exploitable de l'Al est la **bauxite**:  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  sous forme granuleuse ou rocheuse, de couleurs différentes selon (x) sa composition.

Le processus de sa transformation en aluminium métallique comprend deux phases :

1. Extraction de l'alumine (oxyde d'aluminium anhydre  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) de la bauxite par un procédé chimique;
2. Réduction de l'alumine en aluminium par un procédé électrolytique.





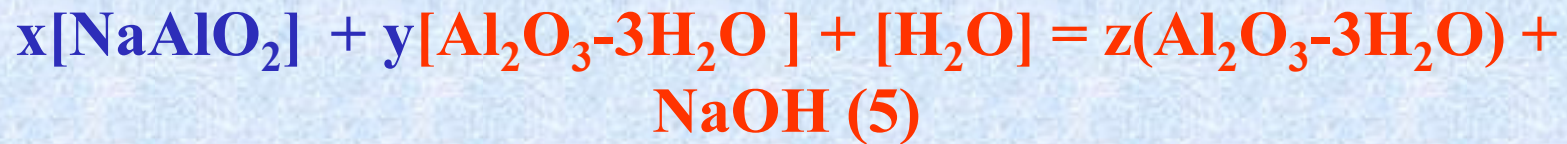
# L'alumine

La bauxite (75%  $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{H}_2\text{O}$ ) broyée est mélangée avec une solution de NaOH (1). La pâte obtenue est ajoutée à une quantité de solution de NaOH dans des autoclaves (2). À haute  $t^\circ$  & P, NaOH dissout l'alumine hydratée et produit une solution d'aluminate de sodium.



Les impuretés (**boues rouges**) solides:  $\text{Fe}_x\text{O}_y + \text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$  sont retirées (décantation+filtration (3;4)), lavées (récupération des produits chimiques et empilées (couches successives) sur un terrain préparé à cette fin.

La solution d'aluminate de sodium  $\text{Na}_2(\text{AlO}_2)_2 = \text{NaAlO}_2$  est ensuite pompée dans des précipitateurs où l'on ajoute du trihydrate d'alumine  $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  pur très fin qui sert à amorcer la réaction (5).



Par agitation et refroidissement graduel de la solution, le trihydrate d'alumine en solution  $\text{Al}_2\text{O}_3-3\text{H}_2\text{O}$  précipite sous forme de cristaux  $\text{Al}_2\text{O}_3-3\text{H}_2\text{O}$  qui sont ensuite séparés de la solution de NaOH par sédimentation et filtration.

La solution de soude caustique est récupérée pour servir à nouveau dans les autoclaves!

Les cristaux de  $\text{Al}_2\text{O}_3-3\text{H}_2\text{O}$  sont transférés dans des fours de calcination à (900-1100°C) afin d'en retirer l'eau (6) .



La poudre blanche obtenue est l' $\text{Al}_2\text{O}_3$  : alumine calcinée.

Il faut 4,5 t. de bauxite pour obtenir 2 t. d'alumine qui donnent 1 t. d'Al.



**PS: Ce schéma est incomplet!** Il y manque 02 opérations unitaires! Il doit être complété par l'inscription des matières premières (autres que la bauxite), composés et produits chimiques intermédiaires utilisés!

Le procédé BAYER (+ performant mais + complexe) est expliqué sur le site:

<http://www.world-aluminium.org/production/chemistry.html>



**Le procédé électrolytique consiste en la transformation de l'alumine en aluminium**

**Une aluminerie se divise en trois grands secteurs:**

- ✓ **le secteur “carbone”;**
- ✓ **l’atelier “électrolyse”;**
- ✓ **la “fonderie”.**

# **LE SECTEUR “CARBONE”**

**Fabrication d'anodes qui seront suspendues dans les cuves d'électrolyse et par lesquelles passera le courant électrique. Elles sont fabriquées de coke et de brai liquide. Les anodes se consomment et sont remplacées tous les vingt jours environ.**

**Le secteur carbone est chargé de la récupération des anodes usées (mégots) et de leur recyclage!**

# **LE SECTEUR ‘ELECTROLYSE’**

**Procédé découvert en 1886 (Paul Hérault et Charles Martin Hall).**

**Il existe sous deux technologies différentes :**

**1. le procédé à anodes Söderberg à goujons horizontaux (HSS) et à goujons verticaux (VSS);**

**2. le procédé à anodes précuites (CWPB et SWPB)**

# LE SECTEUR “ÉLECTROLYSE”

Al est tiré de l'alumine par réduction électrolytique qui s'effectue dans des cuves d'électrolyse que traverse un courant continu.

Les caissons d'acier sont revêtus de blocs de carbone:  
cathodes.

La cuve renferme un électrolyte en fusion que l'on appelle "bain" et dans lequel est dissoute l'alumine.

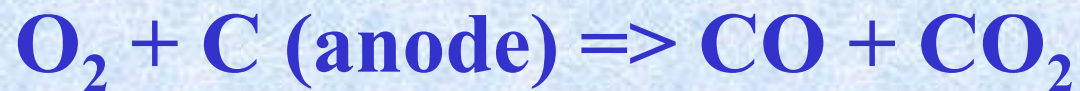
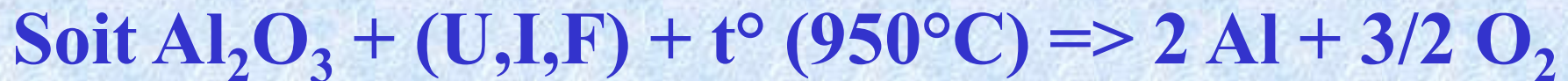
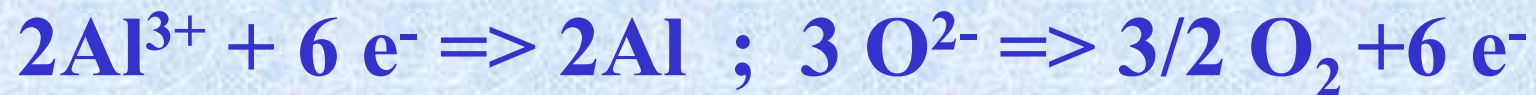
L'électrolyte est constitué de  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  fondue et de  $\text{AlF}_3$  (densité, conductibilité et viscosité).

**Les fluorures émis sont captés et traités.**



Des anodes (électrodes positives) sont suspendues dans le bain et conduisent le courant électrique continu à haute intensité de l'anode à la cathode (cuve): réduction de l'alumine en Al et O<sub>2</sub> à t° = 950°C.

C'est l'électrolyse:



**Al , plus lourd que le bain, se dépose au fond de la cuve.**

**Ce procédé exige de grandes quantités d'énergie: (13 – 17)KWh/Kg d'Al.**

**Chaque cuve est totalement fermée (efficacité énergétique) pour capter les émissions polluantes; des centres de traitement des gaz assurent une protection très efficace de l'environnement.**

**À intervalles réguliers, Al en fusion est siphonné dans des poches de coulée et transféré dans des fours d'attente à la fonderie.**

# LE SECTEUR “FONDERIE”

Dans des fours d'attente, le métal est élaboré et allié à des métaux d'addition: amélioration de la résistance mécanique, la tenue à la corrosion, l'aptitude à l'usinage, la malléabilité, la soudabilité et la résistance aux températures élevées.

**Mg et Si** : résistance à la corrosion;

**Cu + Zn**: résistance mécanique remarquable;

**Cr + Mn + Ti**: résistance mécanique et dureté.

**\*) Avionique**: alliages **Al-Cu-Mg-Si-Zn**

**\*) Aérospatiale**: alliages **Al-Li**

**\*) Architecture**: alliages **Al-Mg-Si**

**\*) Construction automobile**: alliages **Al-Cu-Si**.



Après le contrôle analytique de sa composition, l'aluminium est :

- ✓ mis en forme par coulée semi-continue verticale: lingots, plaques, billettes,
- ✓ soit coulé directement en produits semi-finis.

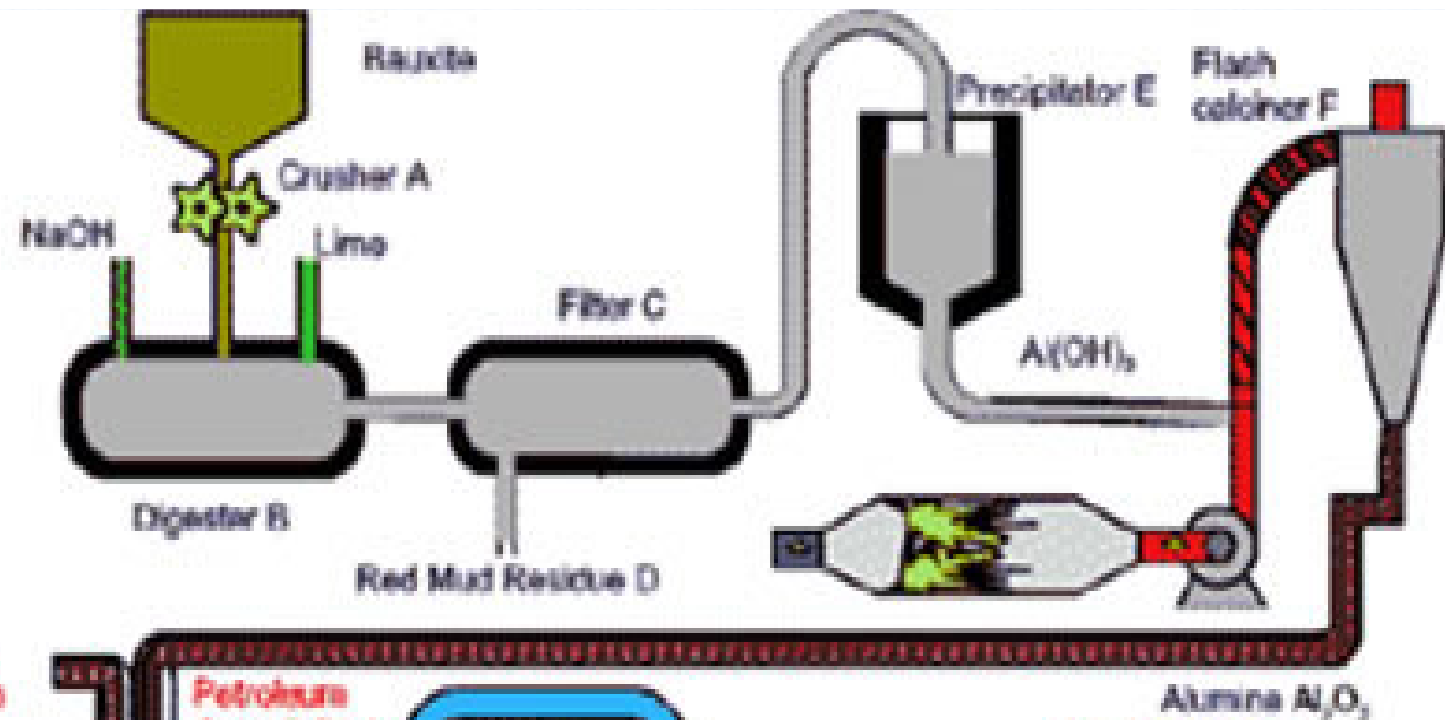
L'aluminium est coulé dans des formes qui varient selon le procédé de transformation auquel il est destiné:

- ✓ Les très gros lingots (rectangulaires; plaques 25 tonnes chacune): laminage à chaud
- ✓ Les lingots cylindriques (billettes): extrusion.

Le métal destiné à la refonte est coulé en grands blocs appelés gueuses, lingots T...



## CHEMICAL PROCESS



Aluminium Fluoride  $AlF_3$

Cryolite  $Na_3AlF_6$

Molten  
Electrolyte

Molten Aluminium

Petroleum  
Coke & Pitch

Pot G

Syphon

Crucible H

Holding Furnace I

Alumina  $Al_2O_3$

**CASTING**

**ALUMINIUM INGOT J**

## ELECTROLYTIC PROCESS

**La transformation = Mise en forme**

**Les techniques (processus mécaniques)  
de transformation du produit semi-fini  
d'Aluminium sont classés en :**

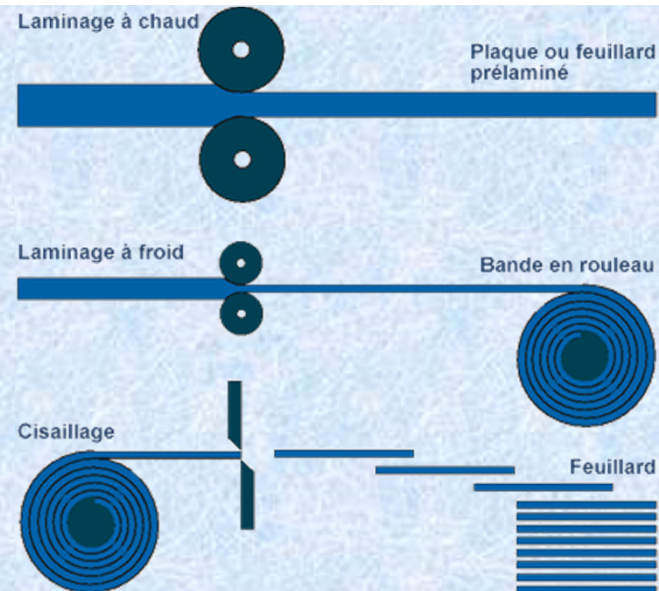
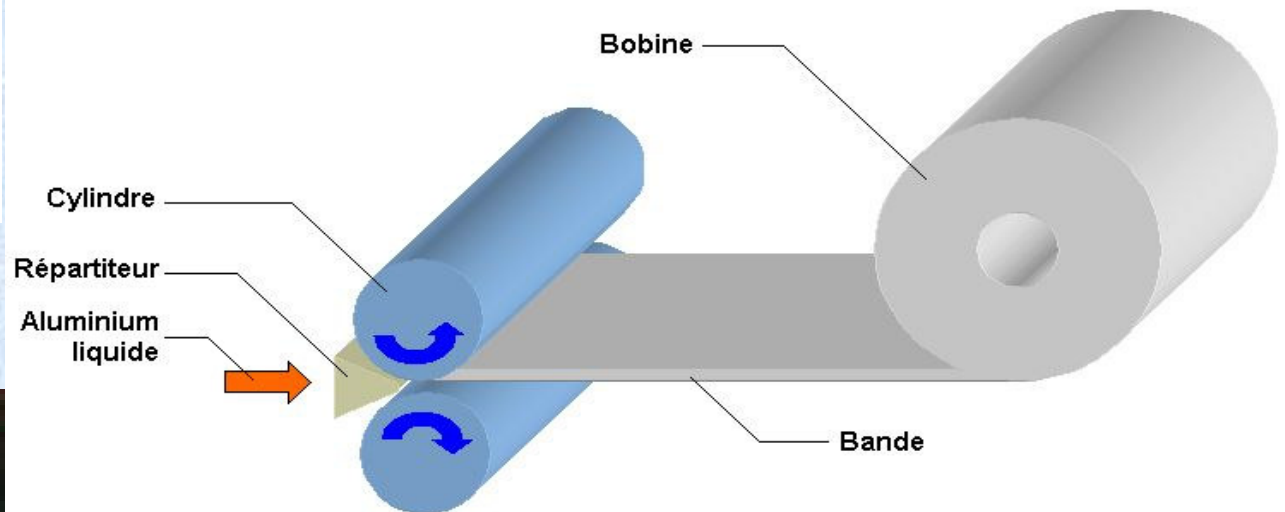
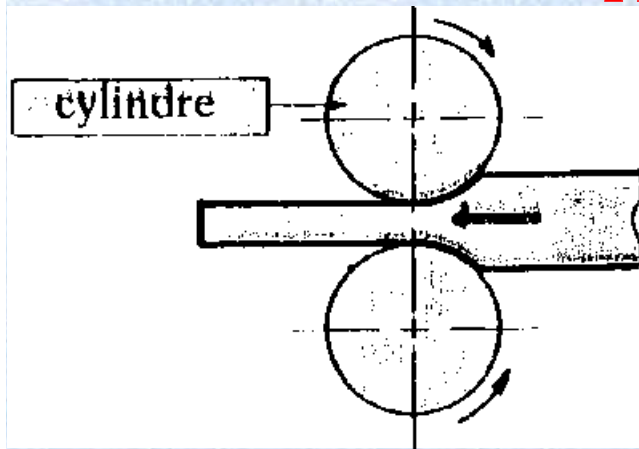
**1- laminage**

**2- extrusion**

**3- Autres techniques**

# A- LE LAMINAGE

La plaque de laminage peut être amincie par le laminage \*) à chaud ou \*) à froid et donne des profilés plats ou creux (tubes).



**1. Laminage à chaud: va-et-vient répété entre des cylindres compresseurs qui se resserrent à chaque passe.**

**L'aluminium est ainsi aminci et allongé, sans modifier sa largeur; ce procédé à chaud améliore les qualités métallurgiques du métal sans provoquer d'écrouissage appréciable.**

**2. Laminage à froid: réduction supplémentaire (va-et-vient répété entre des cylindres compresseurs qui se resserrent à chaque passe) de la dimension du métal et amélioration de la résistance mécanique provenant de l'écrouissage.**

**La feuille d'aluminium laminée à froid (6,30 mm et 0,15 mm) peut être aussi mince que 6 microns et un lingot peut alors donner une bande d'une longueur de 450 kilomètres.**



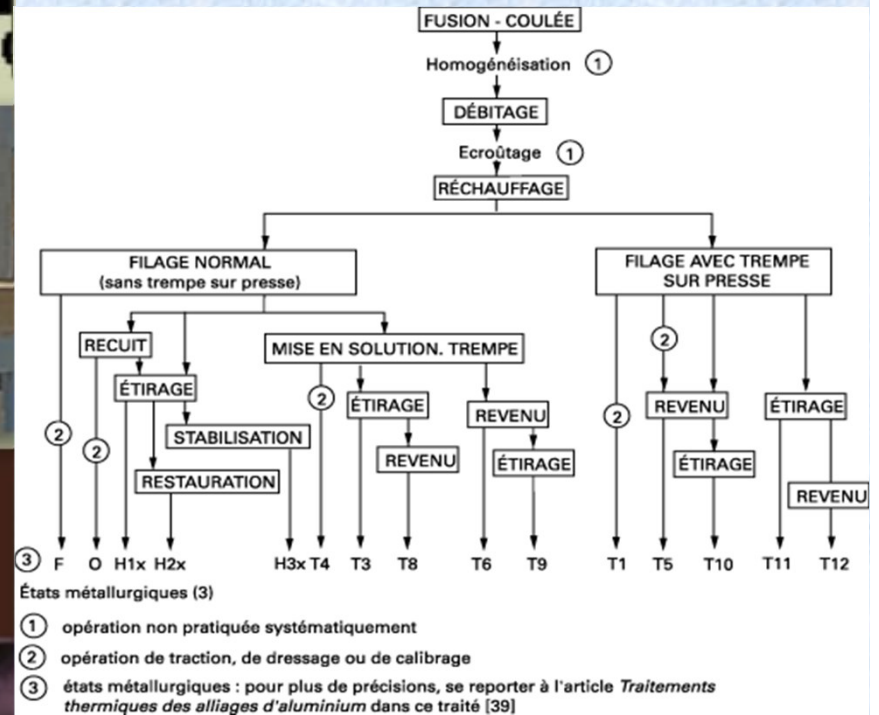
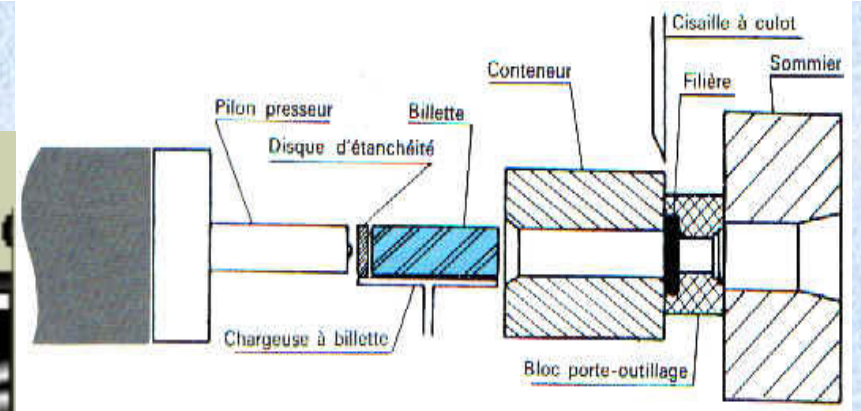
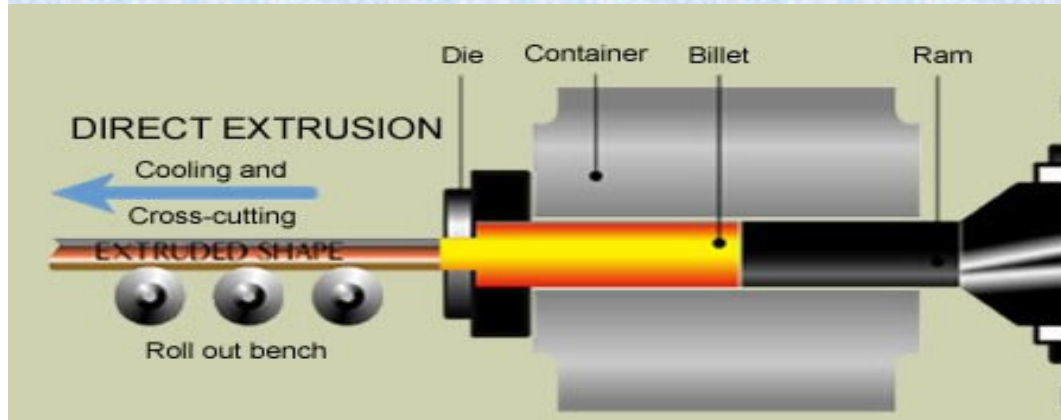
## **B. L'EXTRUSION**

**L'extrusion consiste à presser une billette préalablement chauffée au travers d'une filière d'acier.**

**Le métal est façonné sur toute sa longueur selon le profil de la filière.**

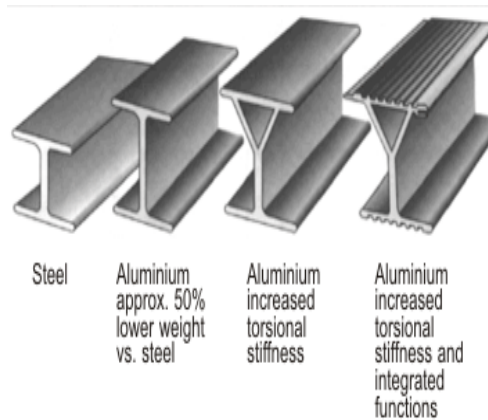
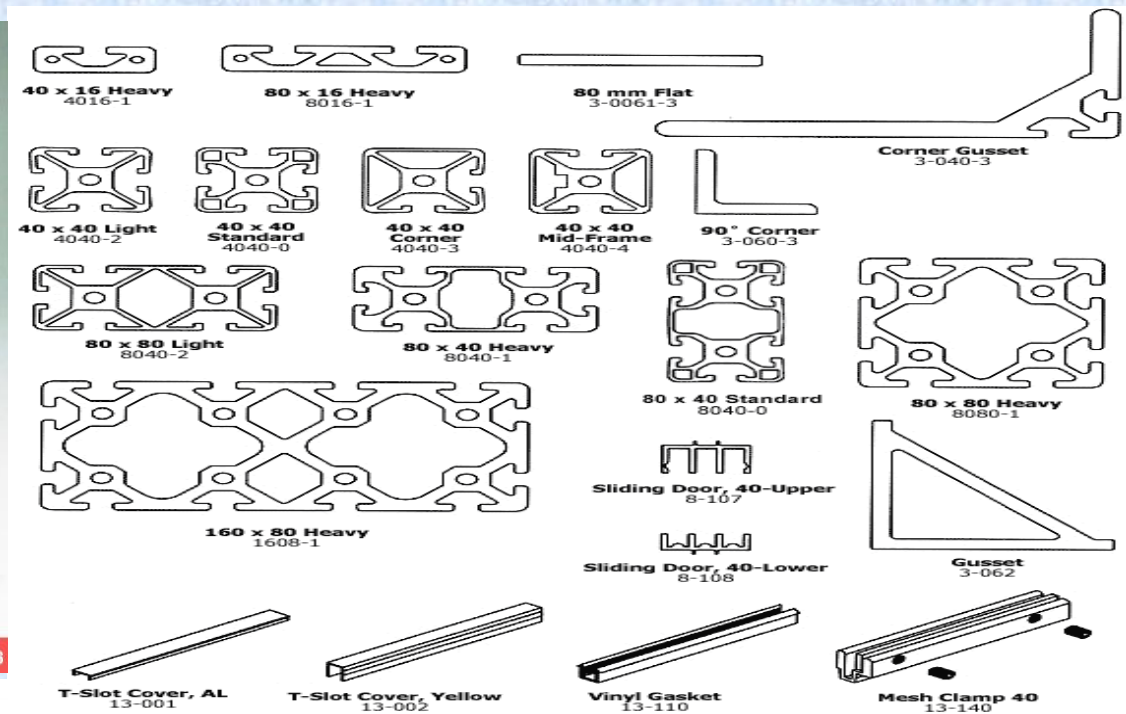
**Pour obtenir des tuyaux extrudés et des profilés creux, on place un mandrin dans l'ouverture de la filière; forcé entre le mandrin et la filière, l'aluminium prend la forme du mandrin à l'intérieur et la forme de la filière à l'extérieur.**

# Procédé d'Extrusion





# Profils extrudés



AZOM.COM™

Pr. A/Malek ROULA



## **C. AUTRES TECHNIQUES (de moulage)**

**A] Les techniques de moulage les + utilisées sont:**

- 1. le moulage sous pression,**
- 2. le moulage en coquille,**
- 3. le moulage au sable.**

**B] Le forgeage permet de former une pièce dans une matrice à partir d'un pion métallique chaud.**

**C] L'étirage permet de fabriquer des fils, des tubes et des barres.**

**D] Le filage par choc est une combinaison des procédés de filage et de forgeage.**

**E] L'anodisation : procédé électrochimique qui remplace la couche d'oxyde qui recouvre naturellement l'aluminium par une couche (teintée) d'oxyde**



# Bibliographie

1. **Banque de données-statistiques sur l'industrie de l'Aluminium:**  
<http://www.world-aluminium.org/default.asp>
2. **Leader de la recherche scientifique concernant l'Aluminium , sa production et ses alliages : Centre Québécois de Recherche et Développement en Aluminium**  
[www.cqrda.qc.ca](http://www.cqrda.qc.ca)
3. **Leader de la mise au point des produits et processus chimiques industriels BAYER GmbH :**  
[www.bayer.de](http://www.bayer.de)
4. **Leader mondial de la production d'Al : Consortium Dubaï Aluminium**  
<http://www.dubal.co.ae/dubal.html>
5. **Documentation générale sur les métaux:**  
<http://www.societechimiquedefrance.fr/extras/Donnees/acc.htm>