

LA TECHNOLOGIE DES MATERIAUX



L'ALUMINIUM

01 MAT



L'ALUMINIUM

PRESENTATION

Cycle central

Page 2

L'aluminium dans la nature

- L'aluminium est le troisième élément pour l'abondance dans la croûte terrestre.
- Dans la nature, il n'existe cependant pas à l'état pur mais sous forme d'oxydes. C'est pourquoi il n'a été découvert qu'au siècle dernier (en 1825).
- Il est présent en grande quantité dans la **bauxite**, minéral découvert par **Pierre BERTHIER** dans les Baux-de-Provence en France (1821) et constitué d'un mélange d'oxydes (50 % d'oxyde d'aluminium, d'oxyde de fer et d'oxyde de silicium). L'oxyde de fer (Fe_2O_3), présent également dans la rouille, donne une couleur rouge caractéristique à la bauxite.

L'aluminium dans l'industrie

- L'aluminium est un métal blanc argenté, léger, de masse atomique 26,98. Il fond à 660 °C, et a une densité de 2,7

(Encyclopédie : Encarta 2002)

Objectifs

Identifier ce matériau
Étudier ses propriétés
Étudier la méthode de production
Étudier les différentes utilisations
Étudier le recyclage de ce matériau
Étudier les ressources et la production mondiale de ce matériau



L'ALUMINIUM

Cycle central

ACTIVITE

Page 3

A

L'ALUMINIUM AU COEUR DE LA VIE

Recopier et répondre aux questions suivantes :

- A1. Quelles sont les 7 principales propriétés de l'aluminium ?
- A2. Donner 2 exemples d'utilisations pour chaque propriétés

B

LA FABRICATION DE L'ALUMINIUM

Recopier et répondre aux questions suivantes :

- B1. De quel minerai est extrait l'aluminium ?
- B2. Combien de tonnes de minerai faut-il pour obtenir une tonne d'aluminium ?
- B3. Quelles sont les 5 étapes nécessaires à la fabrication de l'aluminium ?

C

LE RECYCLAGE DE L'ALUMINIUM

Recopier et répondre aux questions suivantes :

- C1. Le recyclage de l'aluminium est-il rentable et pourquoi ?
- C2. Quelles sont les 6 étapes nécessaires au recyclage de l'aluminium ?

D

HISTOIRE DE L'ALUMINIUM

Recopier et répondre aux questions suivantes :

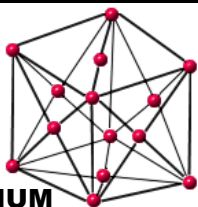
- D1. Qui a découvert la bauxite, où, et en quelle année ?
- D2. Qui a découvert le procédé qui permet d'extraire l'aluminium de la bauxite par électrolyse et en quelle année ?

E

L'ALUMINIUM PRODUCTION ET RESERVE

Recopier et répondre aux questions suivantes :

- E1. Quelle était la production mondiale en 1895 ?
- E2. Quelle était la production mondiale en 2000 ?
- E3. Quels sont dans l'ordre décroissant (*du plus grand au plus petit*) les 5 principaux pays producteurs d'aluminium ?
- E4. Quels sont dans l'ordre décroissant (*du plus grand au plus petit*) les 5 principaux pays possédant les plus grandes réserves de minerai d'aluminium ?
- E5. Dessinez sous forme de diagramme circulaire (camembert) la consommation française d'aluminium par secteur d'utilisation



1 Solidité.

En 2000, une voiture européenne contient en moyenne 100 kg d'aluminium : bloc moteur, carter, radiateur, jantes... et, de plus en plus souvent, carrosserie et châssis. L'aluminium, allié à d'autres métaux ou traité à froid, se révèle aussi résistant que l'acier. Il confère aux véhicules une résistance améliorée aux chocs, ainsi qu'une meilleure tenue de route.

Autres exemples :

Ponts, Bouteilles sous pression, Trains d'atterrissage.

2 Esthétique.

L'aluminium, par la multiplicité des traitements de surface : lisse, brossé, satiné, brillant, mat..., permet de créer des objets du quotidien originaux et designs, tels que réfrigérateurs, plaques de cuisson, fours, mais aussi des chaises, tables

Autres exemples :

Étuis à lunettes, Appareils photos, Valises, Montres.

3 Conductibilité électrique.

L'aluminium offre une excellente conductibilité électrique pour un poids inférieur à celui du cuivre. L'utilisation d'aluminium fait réaliser un gain de poids de 50 %. C'est pour cela qu'on l'emploie de plus en plus pour les lignes à haute tension.

Autres exemples :

Câbles souterrains, Fils de bobinage pour transformateurs.

4 Allègement.

On utilise plus de 70 % d'alliages à base d'aluminium dans la construction d'un avion, ce qui entraîne une division par deux du poids de sa structure. L'aluminium étant trois fois moins lourd que l'acier, cela induit une nette réduction du poids total, d'où une diminution de la consommation et de l'émission de gaz à effet de serre.

Autres exemples :

Transport ferroviaire, Bicyclette, Camping, Bâtons de ski.

5 Protection

contre les ultraviolets et l'humidité. Aux États-Unis, 100 % des boîtes de boisson, aujourd'hui, sont en aluminium. Tous les emballages en aluminium autorisent un niveau optimal de conservation des liquides et des aliments frais ou appertisés. Ce métal constitue de plus une barrière fiable contre l'oxygène et les micro-organismes.

Autres exemples :

Boîtes de conserve, Opércules de yaourt, Conditionnement des médicaments

6 Conductibilité thermique.

L'aluminium se distingue par une exceptionnelle conductibilité thermique (60 % de celle du cuivre). Il véhicule et transmet la chaleur, aussi le retrouve-t-on tout naturellement dans la plupart des capteurs solaires.

Autres exemples :

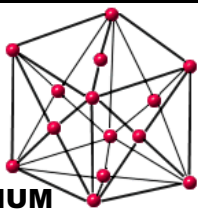
Casseroles, Poêles, Autocuiseurs, Disques de freins, Radiateurs.

7 Résistance à la corrosion.

L'aluminium est utilisé de façon courante par les architectes, aussi bien dans les édifices publics (Grande Arche de la Défense, Pyramide du Louvre...) que pour les habitations individuelles. Tout en offrant de nombreuses possibilités de formes et de couleurs, les structures de bâtiment en aluminium demandent peu d'entretien et résistent bien dans le temps.

Autres exemples :

Panneaux de signalisation routière, Citernes de transport de denrées alimentaires, Navires (coques, mâts, superstructures)

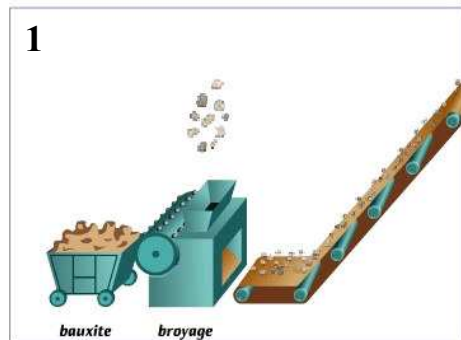


1. Extraction de la bauxite.

La bauxite est le minéral le plus couramment utilisé pour obtenir de l'aluminium. Ce nom vient des Baux de Provence où fut découvert ce minéral. Il en faut environ 4 tonnes pour obtenir 1 tonne d'aluminium. Les gisements de bauxite, souvent à ciel ouvert, se trouvent sous les tropiques pour la plupart.

La bauxite contient de 40 à 60 % d'oxyde d'aluminium hydraté, mélangé à de la silice et de l'oxyde de fer.

1



2. Élaboration de l'alumine : le procédé chimique Bayer.

Après avoir été broyée, la bauxite est mélangée à de la soude à haute température et sous pression. On obtient un liquide qui, une fois épuré et calciné, donne l'alumine (poudre blanche), produit intermédiaire.

La production mondiale annuelle d'alumine avoisine les 50 millions de tonnes.

2

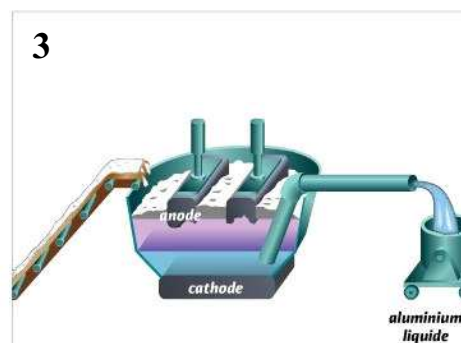


3. Production d'aluminium primaire.

L'aluminium s'obtient à partir de l'alumine en utilisant un procédé inchangé depuis 1886 : l'électrolyse, aujourd'hui gérée par ordinateur.

L'alumine est versée en continu dans le bain d'électrolyse composé de cryolithe (dérivé fluoré) maintenu à 100 °C.

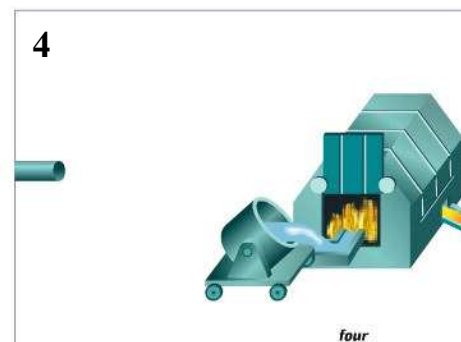
3



4. Coulée de l'aluminium liquide.

L'aluminium liquide est siphonné au fur et à mesure. Transporté sur un chariot vers la fonderie, il est déversé dans un four. C'est à ce moment que d'autres métaux peuvent être ajoutés lorsqu'il s'agit de produire des alliages.

4



5. Obtention des produits.

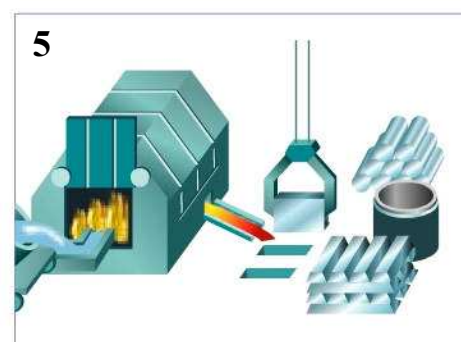
L'aluminium sort de la fonderie sous des formes diverses, en fonction de la destination des produits.

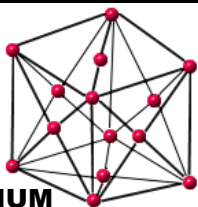
Le fil est dédié aux câbles de distribution d'énergie aux grillages...

Les lingots s'utilisent pour les pièces de fonderie comme les blocs moteur par exemple.

Les plaques de laminage servent à la fabrication des tôles pour les avions ou les automobiles.

5





Le recyclage des objets en aluminium (boîtes de boisson, emballages divers...) constitue une voie d'action efficace pour la préservation de l'environnement : d'une part, en protégeant les réserves naturelles de bauxite et en diminuant donc sa consommation, d'autre part, en utilisant 20 fois moins d'énergie que pour une production d'aluminium primaire. En outre, l'aluminium peut être recyclé de nombreuses fois sans être altéré.

LES ETAPES DU RECYCLAGE DE L'ALUMINIUM

1. La collecte ménagère

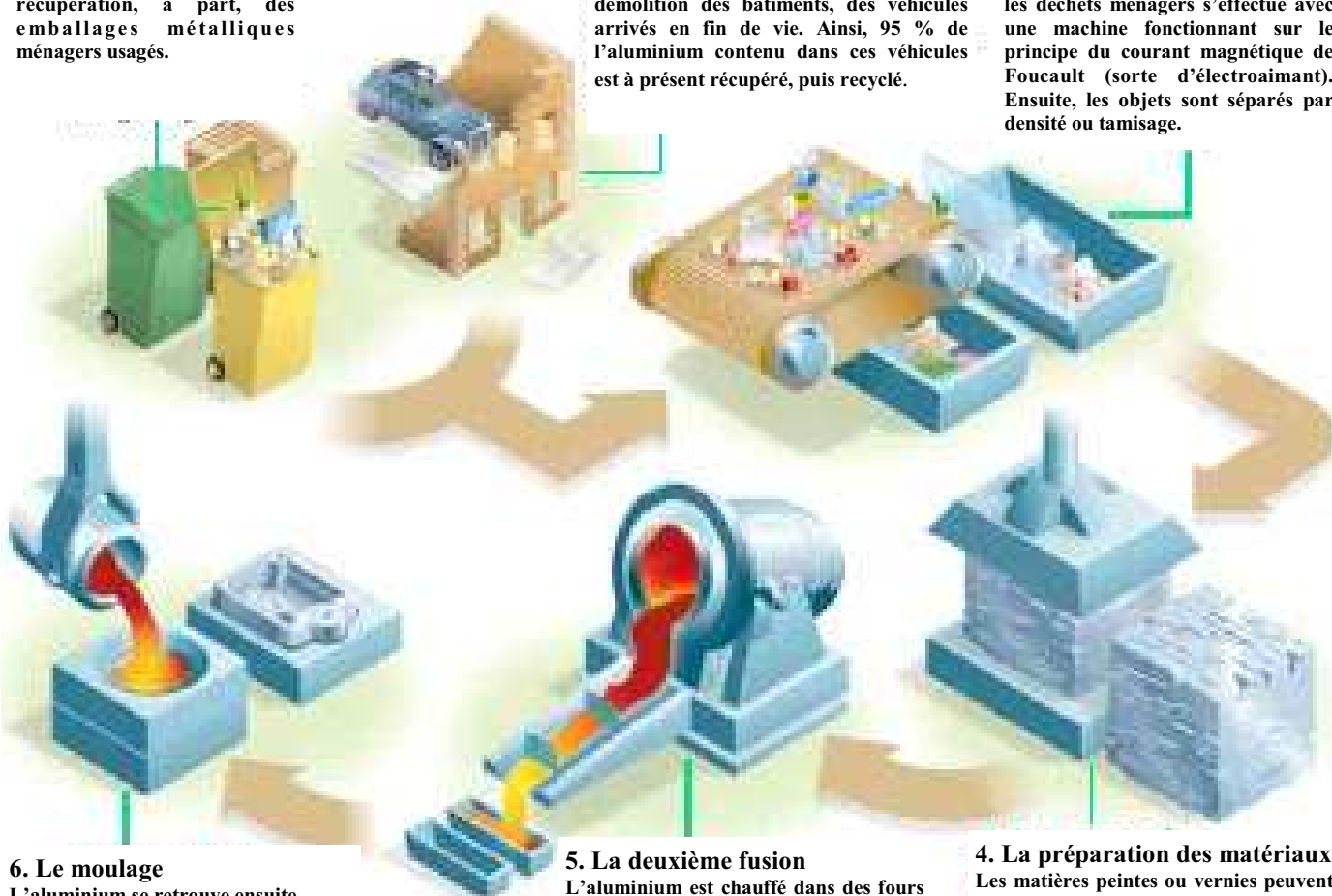
Le tri sélectif autorise la récupération, à part, des emballages métalliques ménagers usagés.

2. La collecte industrielle

On recueille le métal provenant de la démolition des bâtiments, des véhicules arrivés en fin de vie. Ainsi, 95 % de l'aluminium contenu dans ces véhicules est à présent récupéré, puis recyclé.

3. Le tri

La détection de l'aluminium parmi les déchets ménagers s'effectue avec une machine fonctionnant sur le principe du courant magnétique de Foucault (sorte d'électroaimant). Ensuite, les objets sont séparés par densité ou tamisage.



6. Le moulage

L'aluminium se retrouve ensuite moulé ou allié à d'autres métaux. Principal client de ces alliages de deuxième fusion, l'industrie automobile les utilise pour obtenir diverses pièces moulées : moteurs, jantes...

5. La deuxième fusion

L'aluminium est chauffé dans des fours spéciaux jusqu'à liquéfaction. L'affinage consiste alors à épurer le métal liquide et à séparer les impuretés.

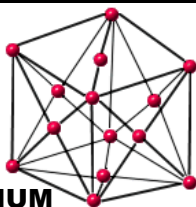
4. La préparation des matériaux

Les matières peintes ou vernies peuvent subir de plus un traitement de décapage. Après sa récupération et sa préparation, l'aluminium est comprimé dans une presse avant d'être acheminé vers des affineries et des fonderies de recyclage.

Chiffres clés

Taux de recyclage des produits en aluminium :

- 85% dans le bâtiment et l'équipement
- 80% dans les transports
- 70% dans les applications mécaniques et électriques
- 65% dans l'équipement ménager



1808 : Découverte de l'aluminium (aluminium) par Sir Humphrey Davy, chimiste anglais (1778-1829).
Davy tenta vainement de produire de l'aluminium par électrolyse d'un mélange fondu d'alumine et de potasse.

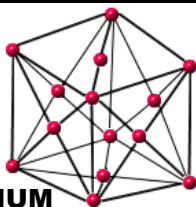


1821 : P. Berthier (chimiste Français) découvre près des Baux de Provence dans le sud-est de la France une mine contenant 52% d'oxyde d'aluminium. On l'appela bauxite. C'est le minerai le plus fréquent d'aluminium.

1827 : Le physicien Danois H.C. Oersted continua les travaux de Davy toujours par la même technique. Il produisit les premiers nodules d'aluminium.

1845 : L'Allemand Friedrich Wöhler mit en évidence des propriétés du métal aluminium et en particulier sa légèreté, ce qui excita ses contemporains.
Il est connu pour sa *synthèse de l'urée* (1828), mettant fin à la théorie du *vitalisme de Berzélius*. On obtenait pour la première fois un corps organisé à partir de matières inorganiques.
Isomérisation spontanée par évaporation d'une solution aqueuse d'isocyanate d'ammonium $O = C = N - NH_4^+$

1854 : Henri Sainte Claire Deville met au point un procédé de réduction utilisant le sodium. Ce procédé est repris dans toute l'Europe. On fabrique l'aluminium par kilogrammes, il est très cher.



L'ALUMINIUM

HISTOIRE DE L'ALUMINIUM

1855 : Une barre d'aluminium, nouveau métal précieux est montrée à l'Exposition de Paris.

1860 : L'usine de Salindres, dans le Gard, fut pratiquement la seule au monde, pendant 30 ans à produire de l'aluminium selon le procédé de SAINT-CLAIRE DEVILLE.



P. Héroult



C. M. Hall

1886 : Paul HEROULT, en France et, quelques mois plus tard Charles MARTIN HALL, aux États-Unis, découvrirent, indépendamment, que l'oxyde d'aluminium, ou alumine, se dissolvait dans la cryolite et pouvait ensuite être décomposé par électrolyse pour donner le métal brut en fusion.

1887 : Carl-Joseph BAYER, fils du fondateur de la société chimique BAYER, fait breveter un procédé de transformation du minerai de bauxite en alumine.

Préparation de l'alumine par attaque à la soude de la bauxite et réprécipitation de l'hydrate d'aluminium purifié. C'est le procédé le plus courant pour produire la matière première nécessaire à la réduction électrochimique.

- 1887 : Création de la Société Electrométallurgique Française, elle met en place un an plus tard, à Froges dans l'Isère, une usine équipée des premières cuves de fabrication industrielle d'aluminium électrolytique existant en France.

- 1888 : Naissance des premières compagnies en France, Suisse et USA

- 1889 :

- 1907 : A Saint-Jean de Maurienne, démarre la construction d'une des plus importantes usines de transformation de l'aluminium, dotée de cuves de 10 000 ampères. En 1952, elle possède des cuves de 100 000 ampères, puis de 180 000 ampères en 1979. En 1986, elle est la première usine au monde à accueillir une série de cuves atteignant 280 000 ampères.

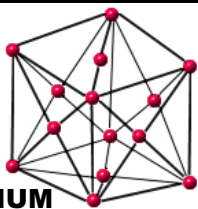
- 1920 : La production annuelle d'aluminium est de 128.000 tonnes

- 1946 : La production annuelle est de 681.000 tonnes.

- 1947 : Premières voitures de série, sur les chaînes de fabrication de la DYNA PANHARD, conçue par l'ingénieur J.A GREGOIRE. L'aluminium fut ensuite utilisé pour la fabrication des cycles, chemin de fer, l'aéronautique

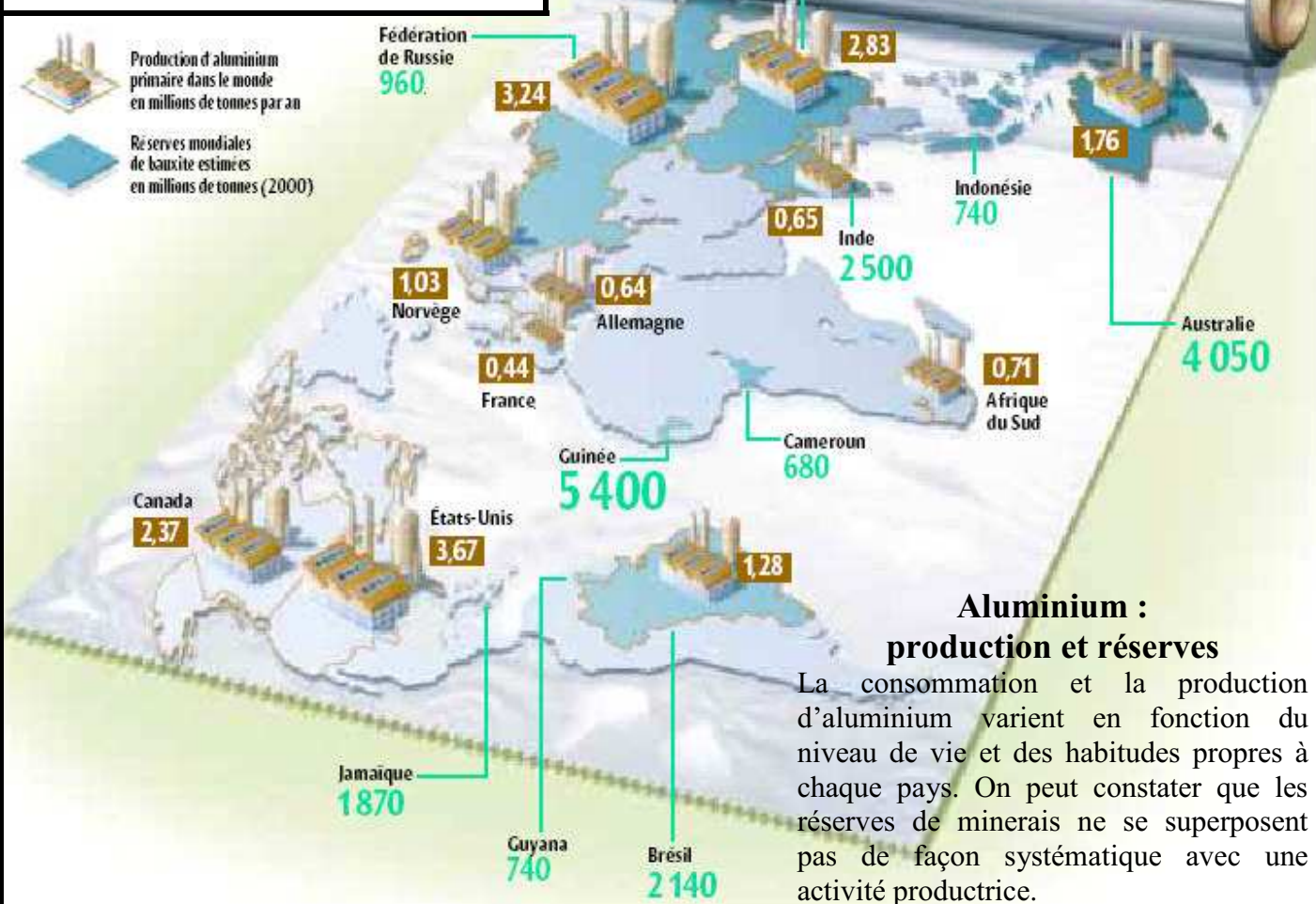
- 1997 : Production annuelle, 22 millions de tonnes.





L'aluminium en plein essor

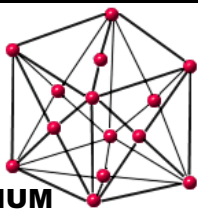
Depuis le début du XX^e siècle, l'industrie mondiale de l'aluminium a connu un développement sans précédent : de 2 500 tonnes en 1895, la production annuelle mondiale dépasse à présent les 20 millions de tonnes. La France en utilise par an plus de 20 kg par habitant, dans des secteurs aussi divers que la pharmacie, les transports, les sports, loisirs...



En France, le principal secteur utilisateur d'aluminium est celui des transports avec 430 000 tonnes, suivi du bâtiment 270 000 tonnes et de l'emballage 150 000 tonnes

Voici la consommation française d'aluminium par secteurs d'utilisation (chiffres de l'an 2000)

32%	Transports (avions, trains...)
20%	Bâtiment (structures, fenêtres, vérandas...)
11%	Emballage (canettes de boisson, aérosols, opercules de yaourt...)
8%	Constituants électriques (câbles lignes à haute tension...)
5%	Constituants mécaniques (pièces de moteur...)
5%	Équipement domestique (électroménager, meubles, radiateurs...)
19%	Divers (stylos, étuis à lunettes, équipements sportifs...)



Quelques propriétés des matériaux : l'aluminium, un métal

L'aluminium est un métal omniprésent dans notre environnement et qui tend de nos jours à remplacer l'acier dans de nombreuses applications. Étudions-le sous toutes ces facettes.

1. L'aluminium dans la nature

- L'aluminium est le troisième élément pour l'abondance dans la croûte terrestre.
- Dans la nature, il n'existe cependant pas à l'état pur mais sous formes d'oxydes. C'est pourquoi il n'a été découvert qu'au siècle dernier (en 1825).
- Il est présent en grande quantité dans la bauxite, un minerai découvert aux Baux-de-Provence en France (1821) et constitué d'un mélange d'oxydes (50 p.100 d'oxyde d'aluminium, de l'oxyde de fer et de l'oxyde de silicium). L'oxyde de fer (Fe_2O_3), présent également dans la rouille, donne une couleur rouge caractéristique à la bauxite.

2. La production de l'aluminium

2.1. Petit historique

- En 1854, Henri Saint-Claire Deville développe un procédé industriel pour produire l'aluminium.
- Jusqu'en 1887, la production onéreuse et peu importante de l'aluminium rend ce métal précieux au même titre que l'or ou l'argent.
- En 1886, C. M. Hall aux États-Unis et P. Héroult en France découvrent indépendamment un procédé qui utilise la bauxite et qui permet de produire à plus grande échelle de l'aluminium.

2.2. La production de l'aluminium à partir de la bauxite

- Le procédé Hall-Héroult d'extraction de l'aluminium se fait en deux étapes. À partir de 5 tonnes de bauxite, on extrait une tonne d'aluminium.
- Première étape : l'extraction de l'oxyde d'aluminium (alumine). Le procédé le plus courant est le procédé Bayer. On mélange la bauxite à de la soude très concentrée. Celle-ci dissout uniquement l'alumine pour donner une solution d'ions sodium et aluminate. Les composés insolubles sont séparés par décantation et filtration. L'alumine est ensuite récupérée à partir de la solution ionique.
- Seconde étape : l'électrolyse de l'alumine. En traversant un mélange d'alumine et d'un minéral en fusion (la cryolite), un courant électrique très important (300 000 A) sépare l'alumine en aluminium et dioxygène.

2.3. Quelques chiffres sur la production

- L'énergie électrique dépensée pour produire une tonne d'aluminium est très grande : environ 14 MWh (la consommation annuelle en électricité de 20 familles).
- Chaque année, plus de 20 millions de tonnes d'aluminium sont produites dans le monde.
- La production double environ tous les 10 ans.

3. Les propriétés et les utilisations de l'aluminium

3.1. Les propriétés

- C'est un bon conducteur de la chaleur.
- C'est un bon conducteur électrique, mais moins bon que le cuivre.
- Il est léger (3,5 fois plus que l'acier).
- Il s'oxyde à l'air en se recouvrant d'une couche protectrice d'alumine.
- Il est attaqué par les acides et les bases.
- Il est facilement recyclable. Son recyclage permet d'économiser 95 p.100 d'énergie par rapport à sa production.

3.2. Les utilisations

- Sa bonne conduction électrique et sa légèreté lui permettent d'être utilisé dans le transport d'électricité.
- Il est utilisé pour fabriquer des casseroles car il conduit bien la chaleur.
- Sa légèreté et son comportement à l'air lui permettent d'être utilisé dans l'aviation et l'aéronautique, dans l'industrie ferroviaire et nautique.
- Il est abondamment utilisé dans les emballages alimentaires mais il ne doit pas être en contact avec des aliments trop acides.
- Il remplace l'acier dans les carrosseries automobiles car sa légèreté permet de réaliser des économies d'énergie.
- Son utilisation dans le bâtiment est dû à son comportement à l'air et son aspect brillant.