

Les matériaux qui se cachent dans l'iPhone

- 31,1 g Aluminium
- 19,9 g Carbone
- 18,7 g Oxygène
- 18,6 g Fer
- 8,1 g Silicone
- 7,8 g Cuivre
- 6,6 g Cobalt
- 5,5 g Hydrogène
- 4,9 g Chrome
- 4,9 g Autres
- 2,7 g Nickel
- 129,0 g Total

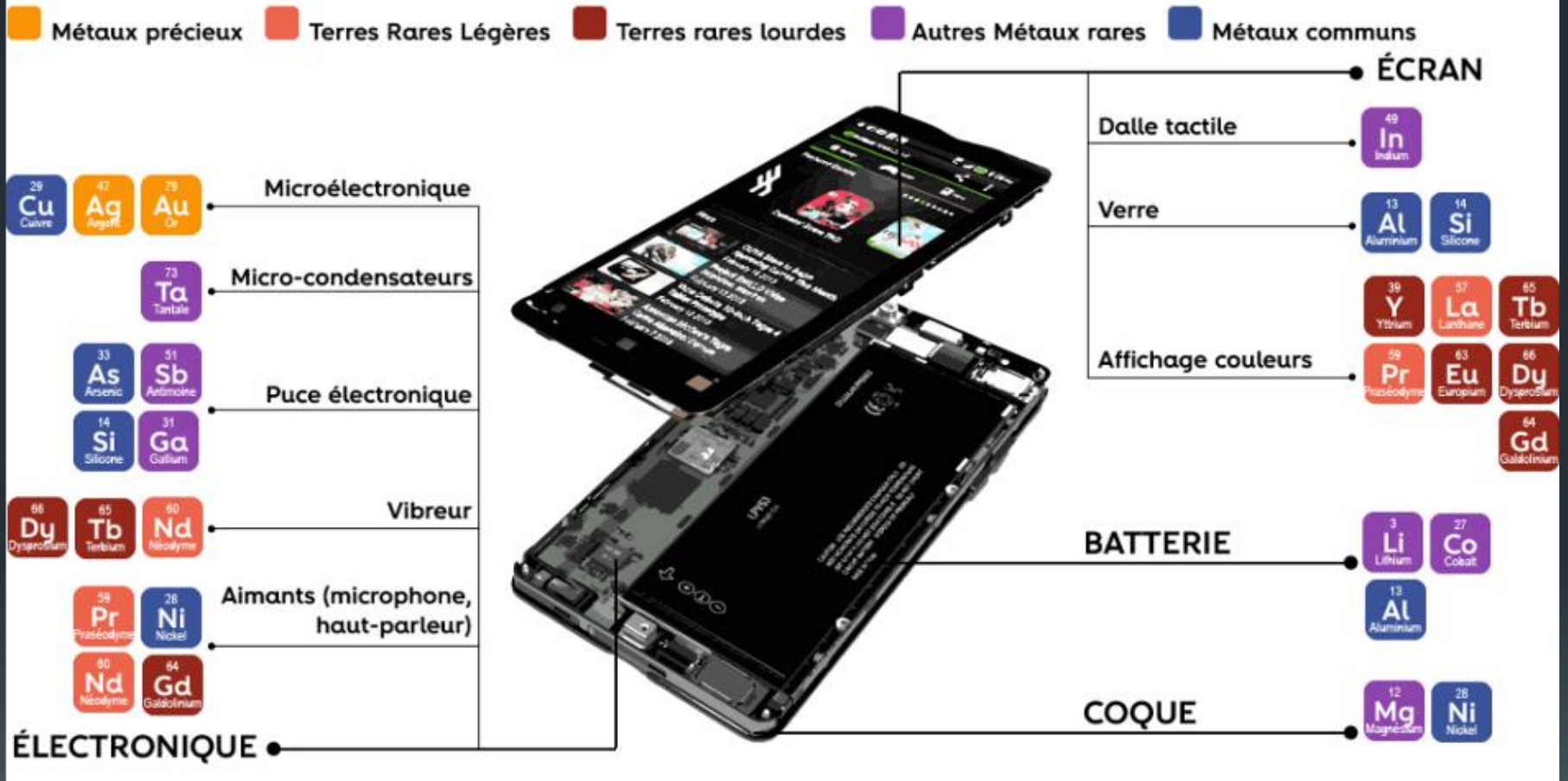


Valeur totale des éléments
1,03 \$

WHAT'S IN A SMARTPHONE?



MÉTAUX CONTENUS DANS NOS SMARTPHONES



Source : Compound interest, encyclopédie Universalis



Les matériaux et leurs utilisations

Les grandes familles de matériaux

Les propriétés des matériaux

Les matériaux ferreux

- Les aciers
- Les fontes

Les matériaux non ferreux

- Les alliages d'aluminium
- Les alliages de cuivre

Les super alliages

Les matières plastiques

Les matériaux composites

Matériau :

Toute substance utilisée pour la construction d'objets divers. Quand on pense « matériau », on pense toujours à un usage.

Qui dit usage dit caractéristiques et donc famille de matériaux ayant des caractéristiques communes.



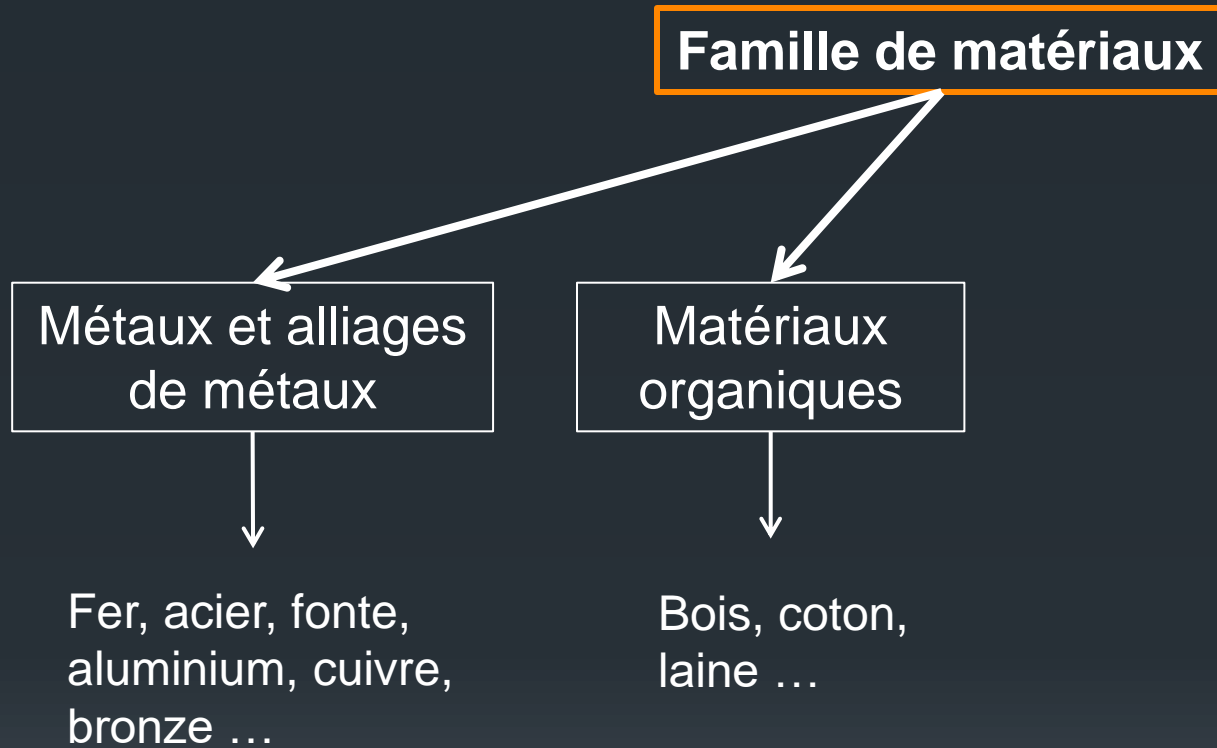
Un exemple de classification des matériaux en familles :

Famille de matériaux

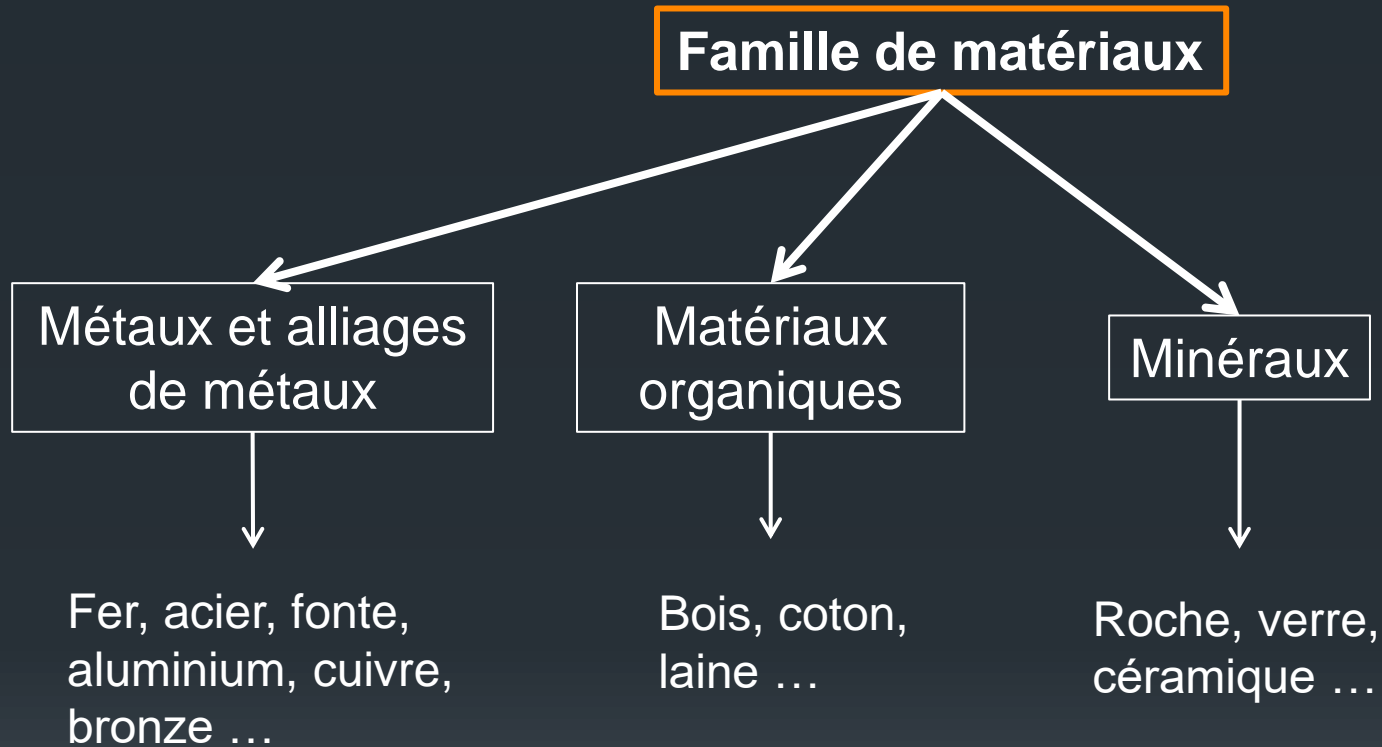
Métaux et alliages
de métaux

Fer, acier, fonte,
aluminium, cuivre,
bronze ...

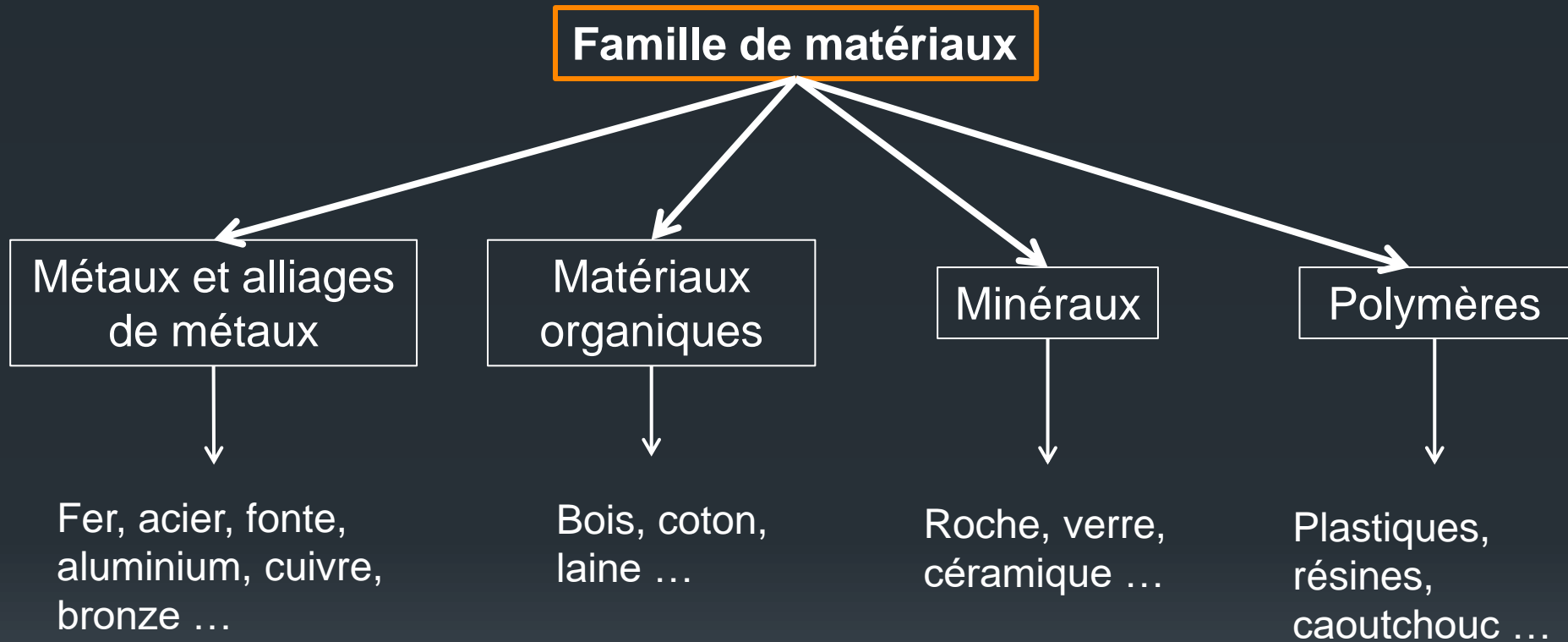
Un exemple de classification des matériaux en familles :



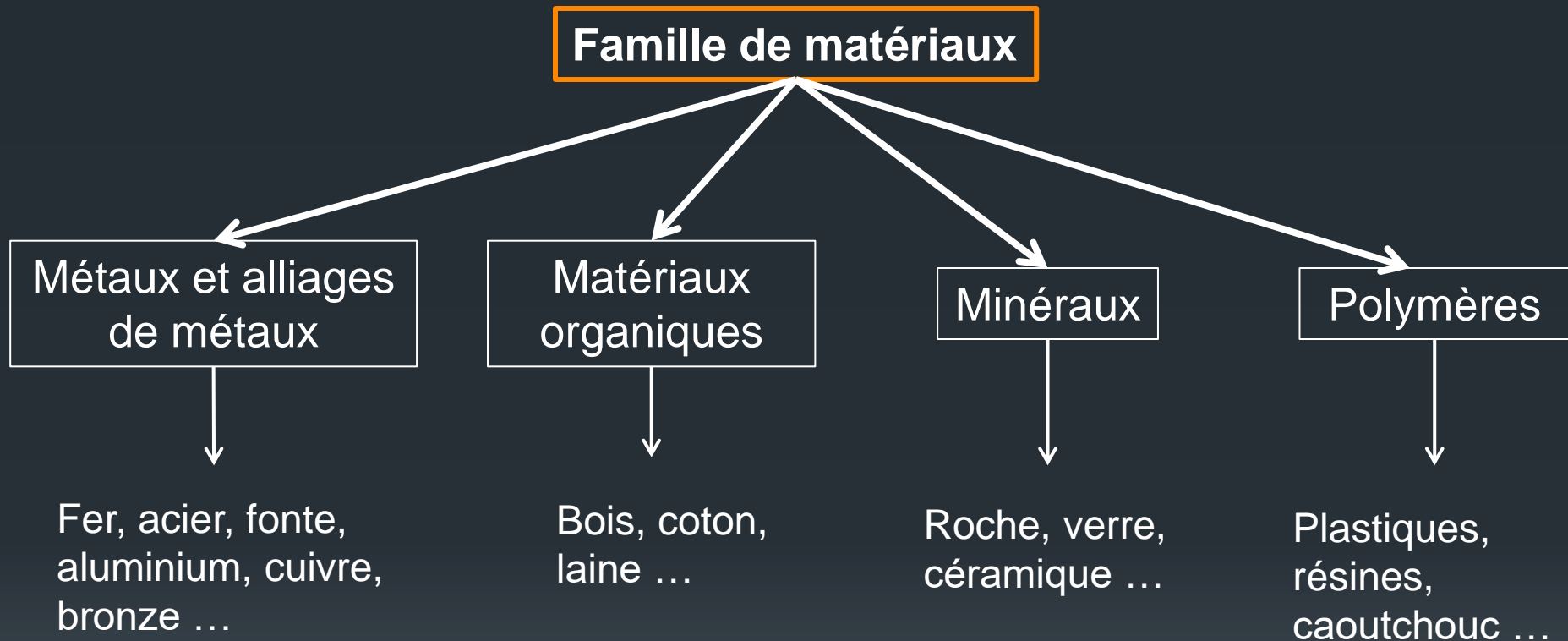
Un exemple de classification des matériaux en familles :



Un exemple de classification des matériaux en familles :



Un exemple de classification des matériaux en familles :



Remarque : La famille matériaux composites est un assemblage d'autres matériaux existants

Propriétés des matériaux :

Propriétés physiques :

- Masse volumique
- Température de fusion
- Conductibilité électrique et thermique
- Coefficient de dilatation ...



Propriétés des matériaux :

Propriétés physiques :

- Masse volumique
- Température de fusion
- Conductibilité électrique et thermique
- Coefficient de dilatation ...

Propriétés chimiques :

- Masse atomique
- Sensibilités aux composés chimiques (acides, bases, sels ...)
- Sensibilité aux réactions d'oxydo-réduction et corrosion

Propriétés des matériaux :

Propriétés physiques :

- Masse volumique
- Température de fusion
- Conductibilité électrique et thermique
- Coefficient de dilatation ...

Propriétés chimiques :

- Masse atomique
- Sensibilités aux composés chimiques (acides, bases, sels ...)
- Sensibilité aux réactions d'oxydo-réduction et corrosion

Propriétés mécaniques:

- Elasticité : Capacité du matériau à retrouver sa forme initiale lorsqu'on relâche la contrainte appliquée
- Dureté
- Résistance au fluage (charge + température + temps)
- ...



A votre avis, quels sont les critères pour choisir un matériau ?



Le choix d'un matériau se fera en fonction:

- Des caractéristiques mécaniques souhaitées
- De l'environnement d'utilisation du produit (neutre, corrosif, marin ...)
avec la possibilité/nécessité de rajout de protection (revêtement,
protection contre l'oxydation ...)
- De la température d'utilisation (conservation ou non des carac. méca.)
- De sa forme géométrique souhaitée et donc des possibilités de mise en
forme (usinabilité, coulabilité ...)
- De son coût de production
- ...

Comportement électrique	Exemples de matériaux
Conducteur	Alliages ferreux, Alliages d'aluminium Alliages de cuivre, Or
Semi-conducteur	Silicium
Isolant	Plastiques, Nylon, Verre

Comportement électrique	Exemples de matériaux
Conducteur	Alliages ferreux, Alliages d'aluminium Alliages de cuivre, Or
Semi-conducteur	Silicium
Isolant	Plastiques, Nylon, Verre

Comportement thermique	Exemples de matériaux
Conducteur	Alliages de cuivre, Argent, Alliages ferreux, Alliages d'aluminium
Isolant	Laine de verre, laine de roche Polystyrène
Dilatation	Invar (alliage fer-nickel) avec un faible coeff de dilatation



Laine de verre



Laine de roche



**Caractéristiques
mécaniques
importantes**

Définition

Homogène

Possède les mêmes propriétés en tout point du matériau.

**Caractéristiques
mécaniques
importantes**

Définition

Homogène

Possède les mêmes propriétés en tout point du matériau.

Isotrope

Possède les mêmes propriétés dans toutes les directions.
Ex: le bois n'est pas isotrope car selon l'orientation des fibres, il va résister plus ou moins

**Caractéristiques
mécaniques
importantes**

Définition

Homogène

Possède les mêmes propriétés en tout point du matériau.

Isotrope

Possède les mêmes propriétés dans toutes les directions.
Ex: le bois n'est pas isotrope car selon l'orientation des fibres, il va résister plus ou moins

Elastique / rigide

Un matériau dont le module d'élasticité est élevé est dit rigide.
Il est élastique dans le cas contraire.

**Caractéristiques
mécaniques
importantes**

Définition

Homogène

Possède les mêmes propriétés en tout point du matériau.

Isotrope

Possède les mêmes propriétés dans toutes les directions.
Ex: le bois n'est pas isotrope car selon l'orientation des fibres, il va résister plus ou moins

Elastique / rigide

Un matériau dont le module d'élasticité est élevé est dit rigide.
Il est élastique dans le cas contraire.

Ductile / Fragile

Un matériau ductile (comme l'acier) va se déformer plastiquement avant de rompre.
Dans le cas contraire, il sera dit fragile (comme le verre).

**Caractéristiques
mécaniques
importantes**

Définition

Homogène

Possède les mêmes propriétés en tout point du matériau.

Isotrope

Possède les mêmes propriétés dans toutes les directions.
Ex: le bois n'est pas isotrope car selon l'orientation des fibres, il va résister plus ou moins

Elastique / rigide

Un matériau dont le module d'élasticité est élevé est dit rigide.
Il est élastique dans le cas contraire.

Ductile / Fragile

Un matériau ductile (comme l'acier) va se déformer plastiquement avant de rompre.
Dans le cas contraire, il sera dit fragile (comme le verre).

Dur / mou

Un matériau dur résiste au marquage (empreinte, rayures ...).
La dureté est mesurée avec différentes échelles (Brinell, Rockwell, Vickers ...)



Vidéos élasticité (aile d'avion) et dureté

Effet d'une sollicitation mécanique sur un matériau :

Sous l'effet d'une sollicitation mécanique croissante, trois phénomènes sont susceptibles de se succéder.

1. La déformation élastique : Sous l'effet d'une contrainte extérieure, le matériau se déforme sous charge, mais revient à sa forme initiale si la charge disparaît (elle est d'ampleur très variable selon les matériaux)

Effet d'une sollicitation mécanique sur un matériau :

Sous l'effet d'une sollicitation mécanique croissante, trois phénomènes sont susceptibles de se succéder.

1. La déformation élastique : Sous l'effet d'une contrainte extérieure, le matériau se déforme sous charge, mais revient à sa forme initiale si la charge disparaît (elle est d'ampleur très variable selon les matériaux)

2. La déformation plastique : Même si la charge disparaît, le matériau ne revient pas à sa forme initiale. Elle concerne les seuls métaux et alliages contrairement à la déformation élastique.

Effet d'une sollicitation mécanique sur un matériau :

Sous l'effet d'une sollicitation mécanique croissante, trois phénomènes sont susceptibles de se succéder.

1. La déformation élastique : Sous l'effet d'une contrainte extérieure, le matériau se déforme sous charge, mais revient à sa forme initiale si la charge disparaît (elle est d'ampleur très variable selon les matériaux)

2. La déformation plastique : Même si la charge disparaît, le matériau ne revient pas à sa forme initiale. Elle concerne les seuls métaux et alliages contrairement à la déformation élastique.

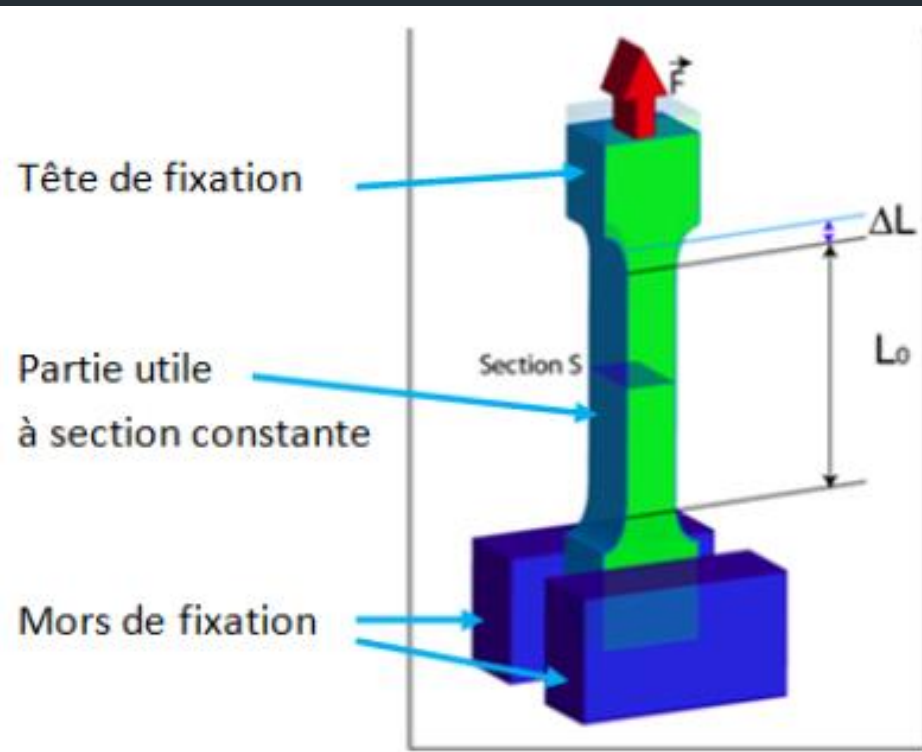
3. La rupture : quand la sollicitation est suffisante, ce phénomène n'épargne aucun matériau, mais il existe deux modes de rupture bien différents :

- la rupture fragile : qui se fait d'un coup et se propage à grande vitesse
- La rupture ductile : qui se fait progressivement



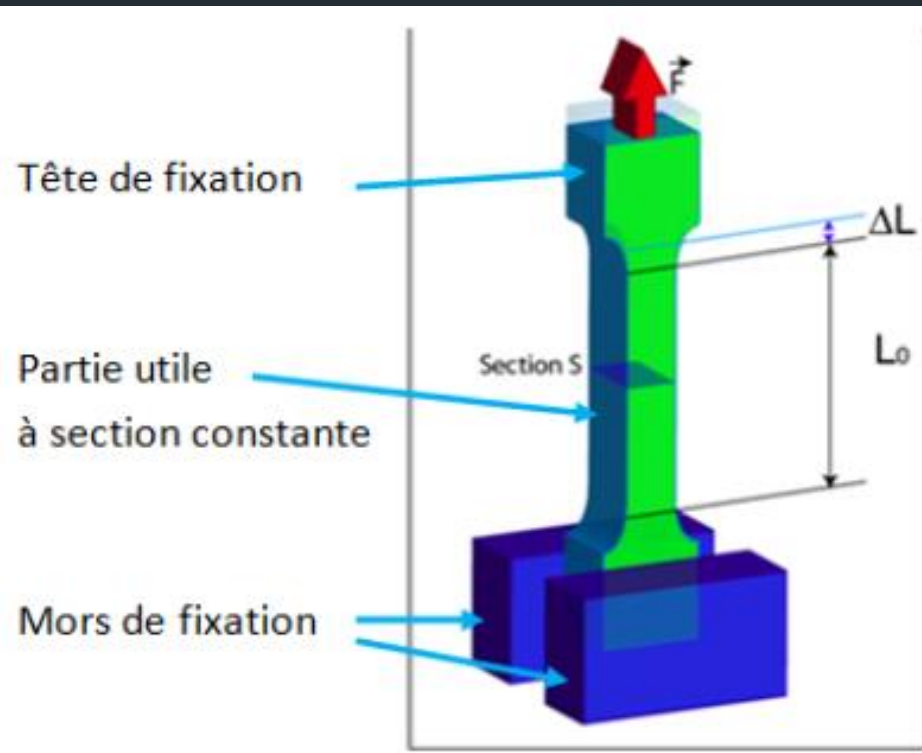
Vidéos test de traction

Effet d'une sollicitation mécanique sur un matériau :

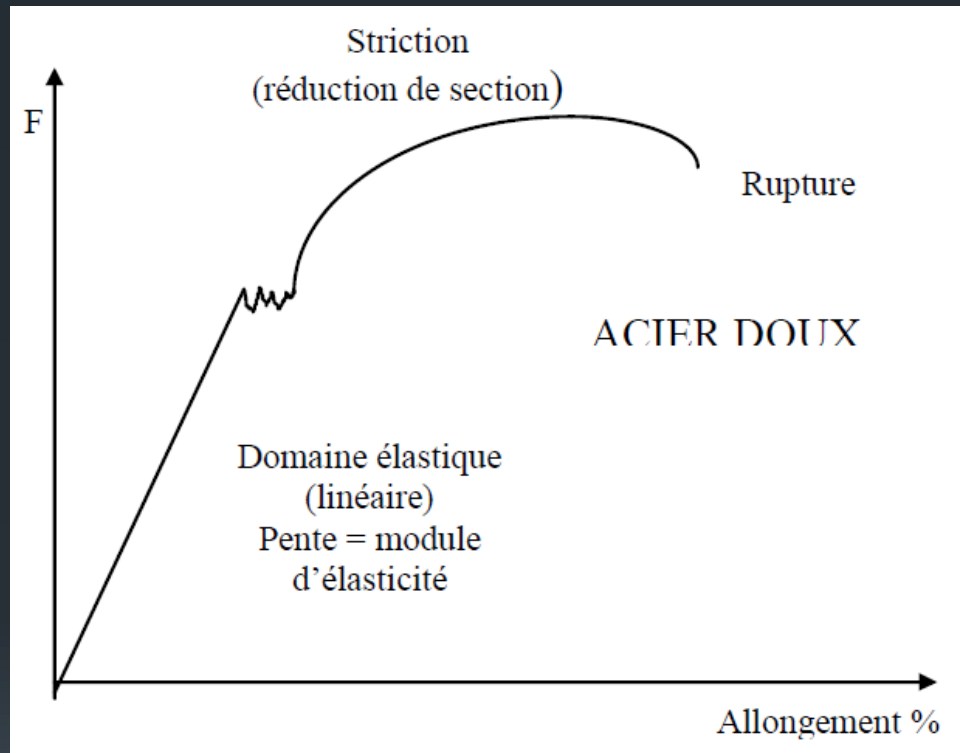


Essai de traction usuel

Effet d'une sollicitation mécanique sur un matériau :



Essai de traction usuel



Exemple de résultat d'essai de traction

Travail de recherche et de synthèse :

Chercher et présenter en 5 minutes environ les informations suivantes (en citant vos sources) :

- La définition du matériau ou de la famille de matériaux
- Ses nuances ou séries principales
- Ses caractéristiques (masse volumique, conductivité électrique et thermique, limite élastique) et utilisations principales.
- Son process de fabrication, et les méthodes de mise en forme
- Les matériaux qui peuvent le remplacer
- Ses perspectives pour l'avenir

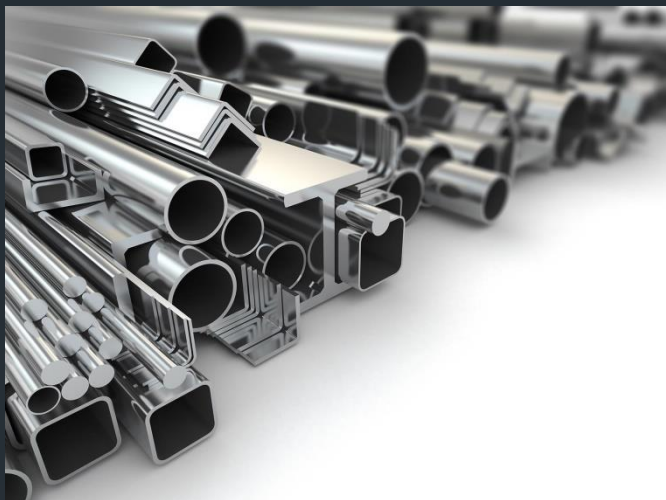
Gr 1 : Aciers et fontes

Gr 2 : Alliages non ferreux

Gr 3 : matériaux plastiques

Gr 4 : Matériaux composites

Les aciers



Les aciers :

L'acier est un alliage de fer et de carbone, composé d'entre 0,02 % et 1,8 % de carbone (en général). Le reste étant majoritairement du fer, et parfois d'autres éléments comme le chrome ou le nickel...

Les aciers sont utilisés dans plusieurs domaines du fait de leurs caractéristiques mécaniques très intéressantes et leur coût souvent accessible.



Les aciers peuvent être divisés en plusieurs catégories :

- Les aciers d'usage courant
- Les aciers de construction
- Les aciers non alliés
- Les aciers faiblement alliés
- Les aciers fortement alliés

Désignation symbolique :

Aciers d'usage courant :
(pas de traitement chimique)

S 235
↑ ↑
Désignation *Limite élastique en
MegaPascal (Mpa)*

Aciers de construction :

E 295
↑ ↑
Désignation *Limite élastique en
MegaPascal (Mpa)*

Aciers non alliés :
(pour TTH et
forgeage)


C 40
↑ ↑
Désignation *Pourcentage de carbone
multiplié par 100. Ex : ici
c'est 0,4 % de carbone*

Désignation symbolique :


Aciers faiblement alliés (pourcentage de chaque élément ajouté < 5%), par ex :

25 Cr Mo 4 - 25


*Pourcentage de carbone
multiplié par 100. Ex : ici
c'est 0,25 % de carbone*



*Symbole des éléments
ajoutés*



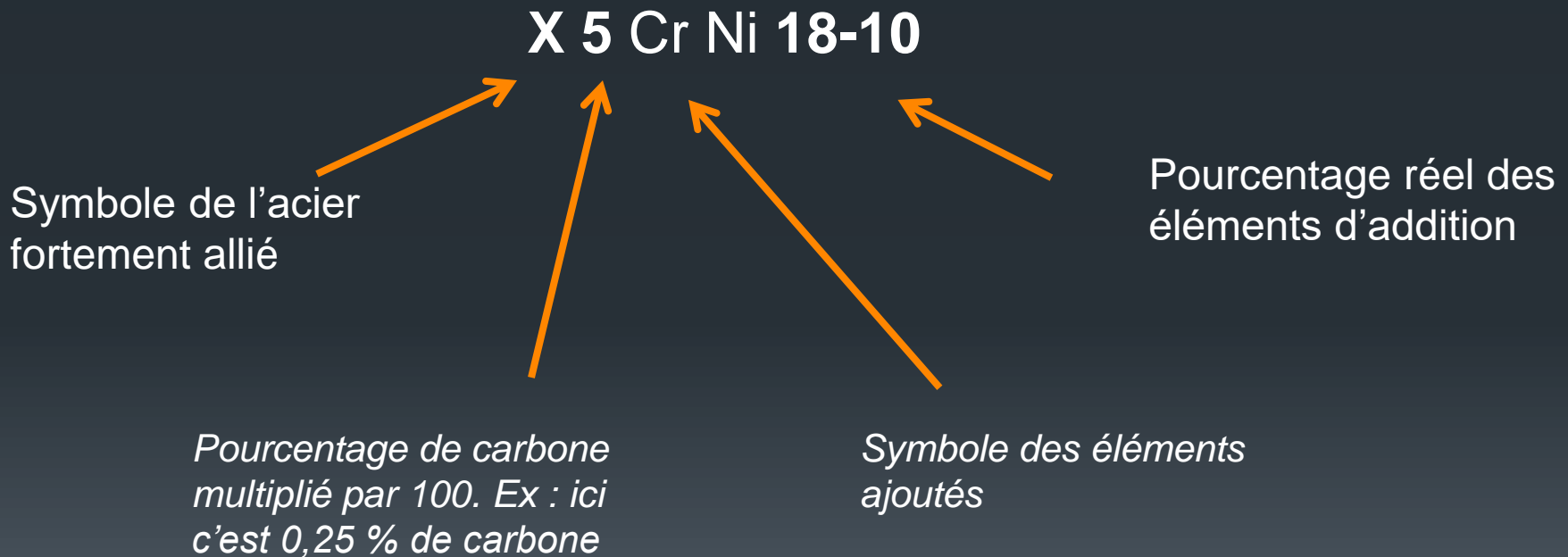
le % de la teneur
moyenne de chaque
élément (rangés dans le
même ordre). Les
teneurs sont multipliées
par un coefficient
variable en fonction des
éléments



Aciers utilisés lorsqu'on a besoin d'une haute résistance.

Désignation symbolique :

Aciers fortement alliés (au moins un élément d'addition hors carbone dépasse les 5 %). Leur désignation est assez proche de celle des aciers faiblement alliés.



Les aciers fortement alliés sont utilisés pour des applications spécifiques.

Par exemple le X 5 Cr Ni 18-10 est un acier inoxydable utilisé pour résister à la corrosion. Il est notamment utilisé dans les ustensiles de cuisine.

18/10



Les fontes



Les fontes:

La fonte est un alliage de fer et de carbone, composé de plus de 1,8 % de carbone .

Les fontes sont utilisés dans plusieurs domaines du fait de leur très bonne coulabilité.

Par rapport à l'acier, la fonte est plus cassante.

Les fontes:

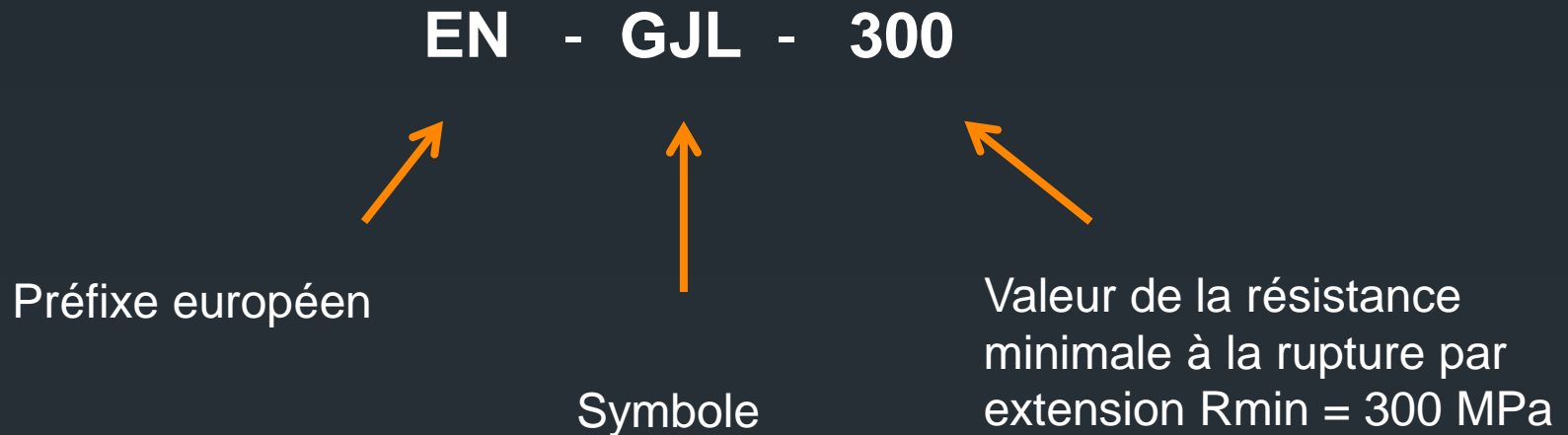
Dans les fontes, le carbone se précipite sous forme de graphite ou de cémentite (Fe_3C).

Ainsi, les deux principales familles de fontes sont :

- Fonte grise (carbone sous forme de graphite)
- Fonte blanche (carbone sous forme de cémentite)

Désignation normalisée des fontes :

Fonte à graphite lamellaire



C'est la fonte la plus courante et la plus fragile (cassante) à cause de la forme lamellaire du graphite.

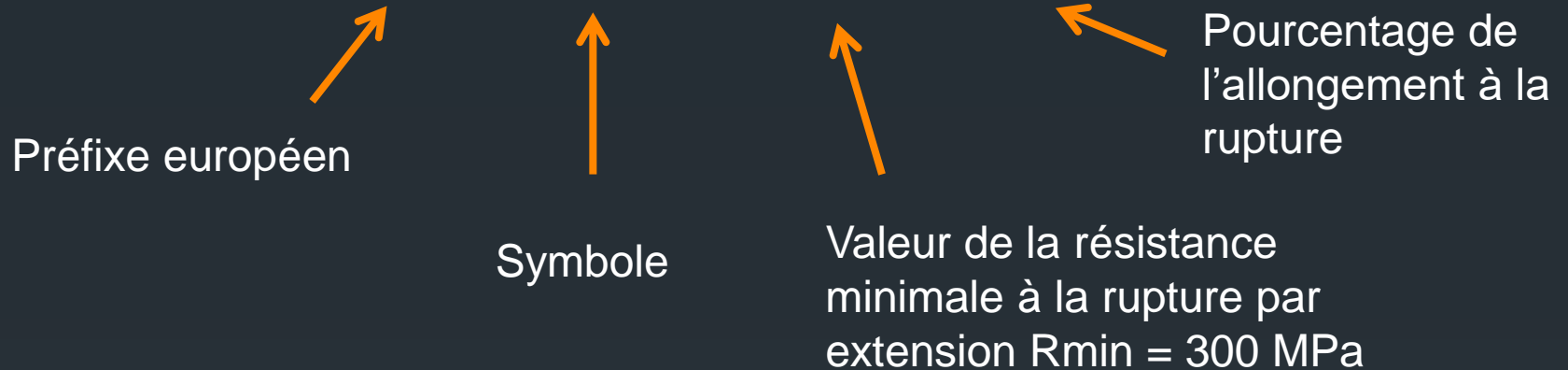
Utilisée pour des pièces mécaniques variées : carters, bloc moteurs, formes complexes, bâtis de machines-outils ...

Désignation normalisée des fontes :

Fonte à graphite sphéroïdale



EN - GJS - 300 - 22



Le graphite s'y trouve sous forme de sphéroïde. Elle est plus ductile que la fonte à graphite lamellaire.

Utilisée pour les étriers de freins, vilebrequin, tuyauteries soumises à hautes pressions.

Désignation normalisée des fontes :

Fonte malléable



EN - GJM - 350 - 4

Préfixe européen



Symbole



Valeur de la résistance
minimale à la rupture par
extension $R_{min} = 350 \text{ MPa}$



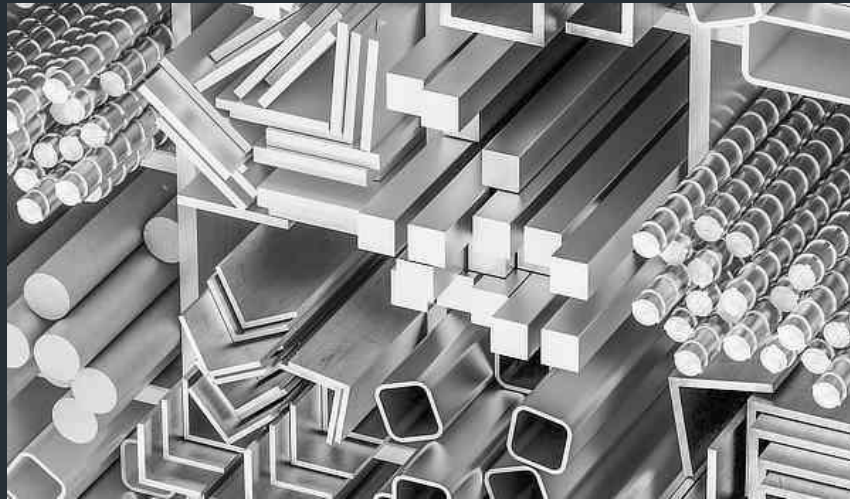
Pourcentage de
l'allongement à la
rupture



GJMW: à coeur *blanc* (white)

GJMB : à coeur *noir* (black)

Les alliages d'aluminium

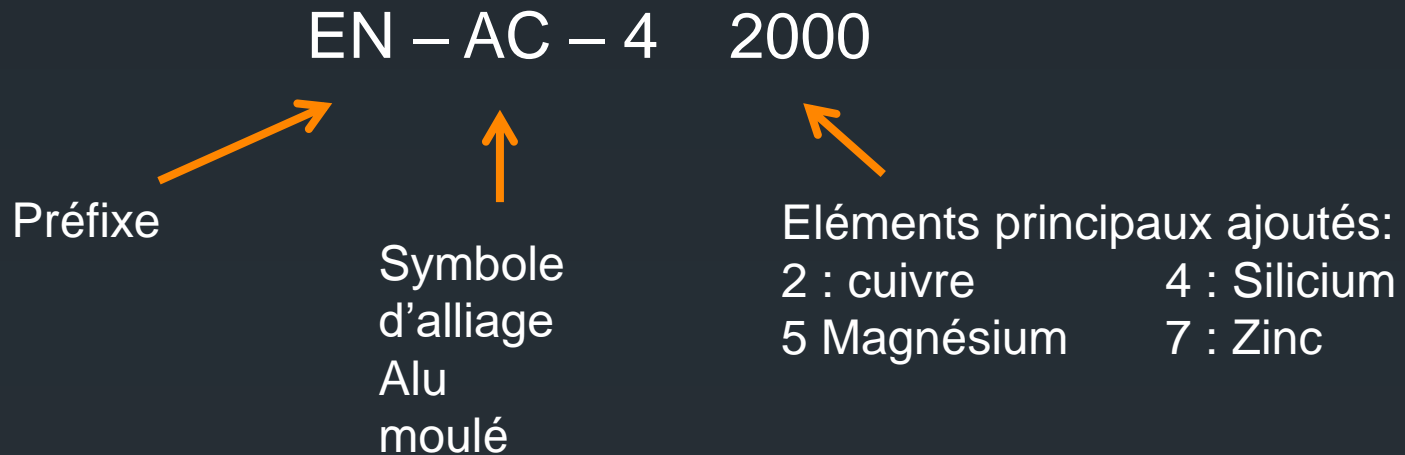


Les alliages d'aluminium

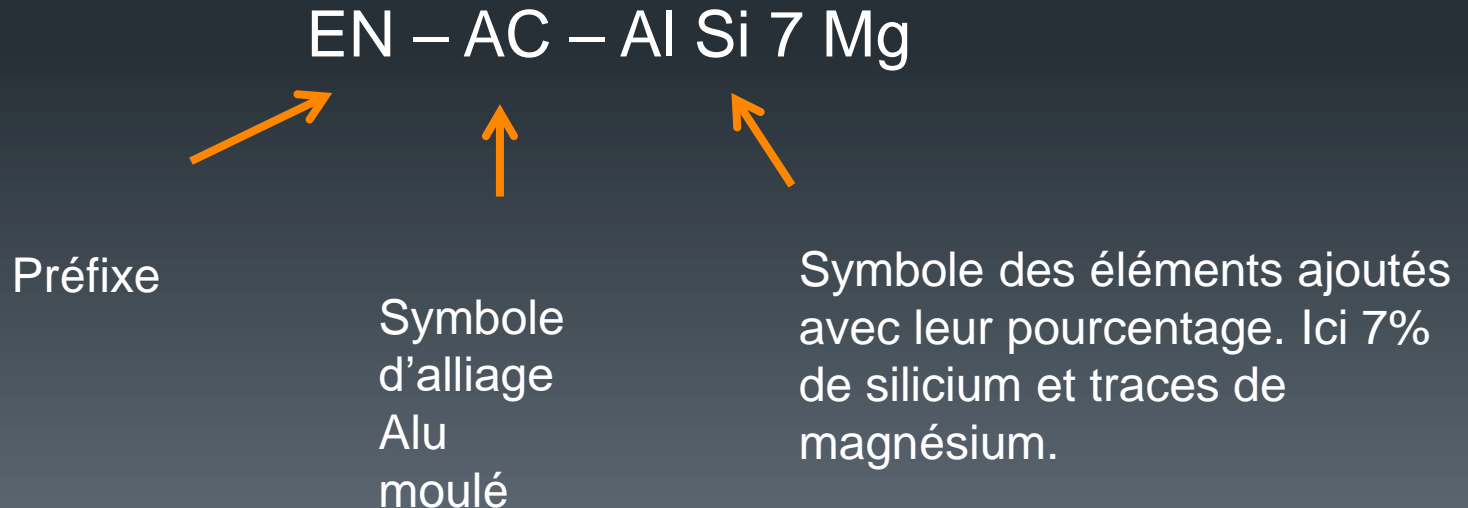
Un alliage d'aluminium est une composition chimique où éléments sont ajoutés à l'aluminium pur afin d'améliorer ses propriétés. La principale raison est d'augmenter sa résistance mécanique.

La caractéristique principale de ces alliages est leur légèreté. De ce fait ils sont très utilisés dans certaines industries comme l'aéronautique ou les Smartphones et laptops haut de gamme.

Alliage d'aluminium moulés (désignation numérique) :



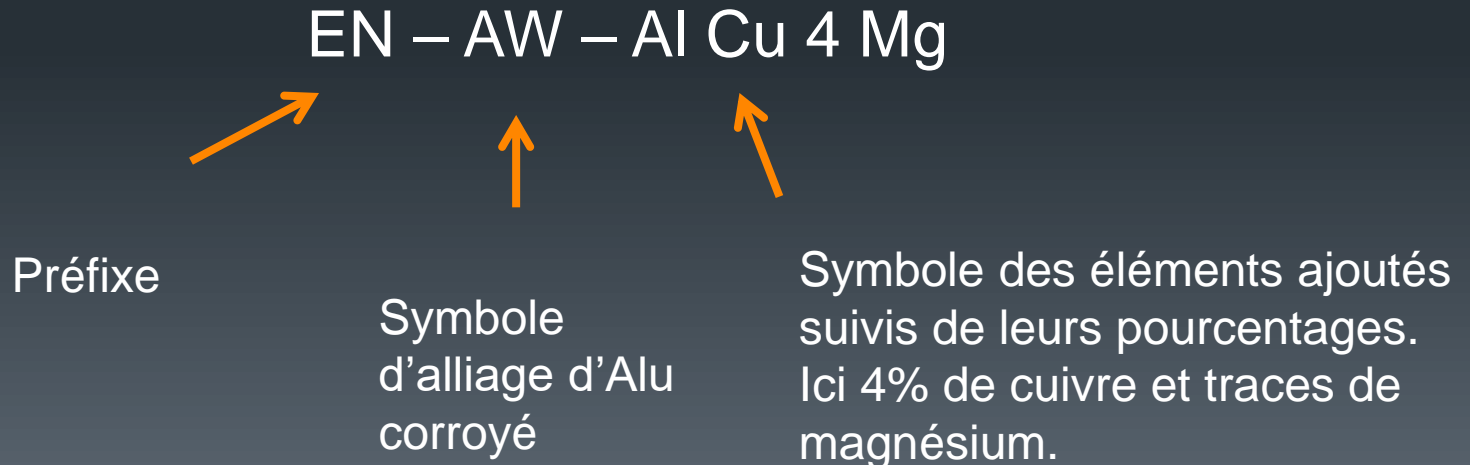
Alliages d'aluminium moulés (ancienne désignation symbolique):



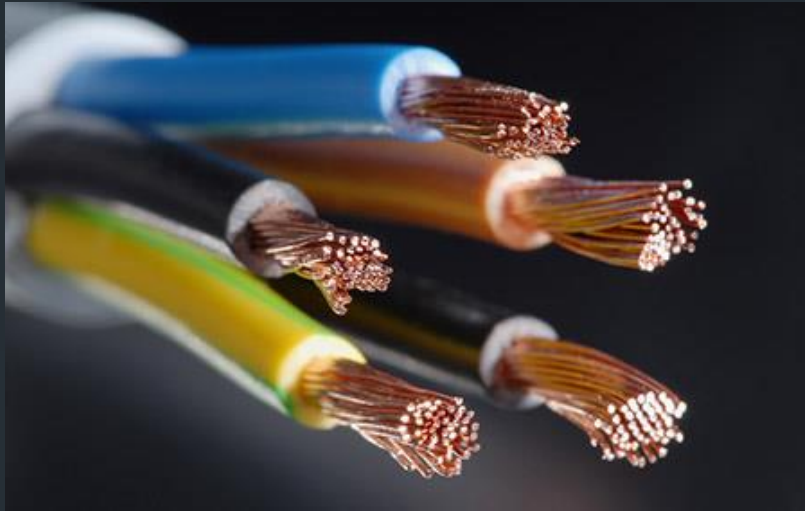
Alliage d'aluminium corroyés (désignation numérique) :



Alliages d'aluminium corroyés (ancienne désignation symbolique):



Les alliages de cuivre



Les alliages de cuivre

Les alliages de cuivre les plus courants sont :

Laiton = cuivre + zinc

(tubes, tuyaux, robinetterie ...)

Bronze = Cuivre + Etain

(résistant à l'usure et aux frottements : paliers de frottements, bagues ...)

Cupro-aluminium = cuivre + aluminium

(bonne résistance à la corrosion, notamment en milieu marin)

Cupronickel = cuivre + nickel

(bonne résistance à la corrosion, notamment en milieu marin, utilisé dans les pièces de monnaie aussi)

Maillechort = Cuivre + zinc + nickel

(rivets, visserie, instruments de précision, bijoux, pièces de monnaie ...)

Désignation des alliages de cuivre :

Cu Zn 36 Pb 2

Symbole
du cuivre.



Symbole de l'élément
d'addition avec son
pourcentage. Ici 36 %
de zinc.

Symbole de l'élément
d'addition avec son
pourcentage. Ici 2% de
plomb.



Les superalliages:

Les superalliages sont une catégories qui présentent des caractéristiques très intéressantes, comme une très bonne résistance mécanique même à températures élevées, et une bonne résistance à la corrosion et au fluage.

Les superalliages:

Parmi les super alliages les plus utilisés, on trouve les inconels. Inconel est une marque déposée avec des produits comme l'inconel 600, l'inconel 625 et l'inconel 718. Il s'agit d'alliages à base de nickel (min 50%) et cuivre (min 15 %).

Ils sont utilisés pour les pièces soumises à des températures très élevées et des sollicitations mécaniques importantes dans l'aéronautique et l'aérospatiale.

Les matières plastiques



Aliments en plastique dans la vitrine d'un resto japonais


Les Matières Plastiques

Un plastique est un mélange dont le constituant de base est un polymère (issu du pétrole ou du gaz) ou une résine, à laquelle on associe des adjuvants (ex. renforts, anti-oxydants ...) et des additifs (ex. colorants, lubrifiants ...).

Plastique = Polymère + Adjuvants + Additifs



- Les **Thermoplastiques** se déforment sous l'effet de la chaleur (comportement correspondant à celui des métaux, On peut les refondre et les remouler). Exemples: le PVC est un thermoplastique.
- Les **Thermodurcissables** ne se déforment pas sous l'effet de la chaleur (comportement correspondant à celui de l'argile, On ne peut pas les refondre, il faut les broyer avant de les réinsérer dans le matériau de base). Exemple : le polyuréthane.

- 
- Les **Thermoplastiques** se déforment sous l'effet de la chaleur (comportement correspondant à celui des métaux, On peut les refondre et les remouler). Exemples: le PVC est un thermoplastique.
 - Les **Thermodurcissables** ne se déforment pas sous l'effet de la chaleur (comportement correspondant à celui de l'argile, On ne peut pas les refondre, il faut les broyer avant de les réinsérer dans le matériau de base). Exemple : le polyuréthane.

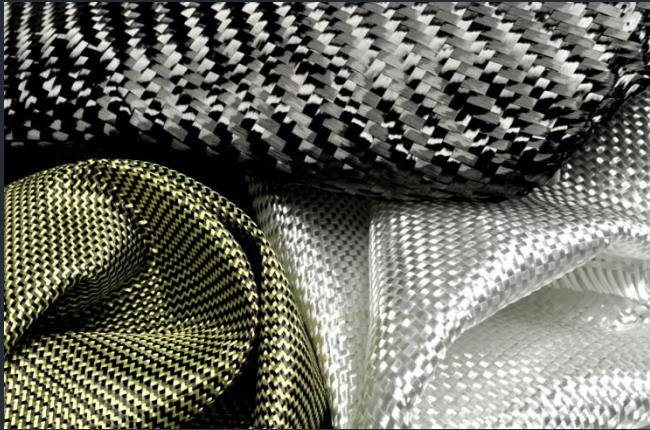
A votre avis, quels sont les avantages et inconvénients de choisir des matériaux plastiques ?

Avantages et inconvénients :

- + Faible masse volumique
- + Cout généralement bas
- + facilité de mise en forme
- + isolation électrique

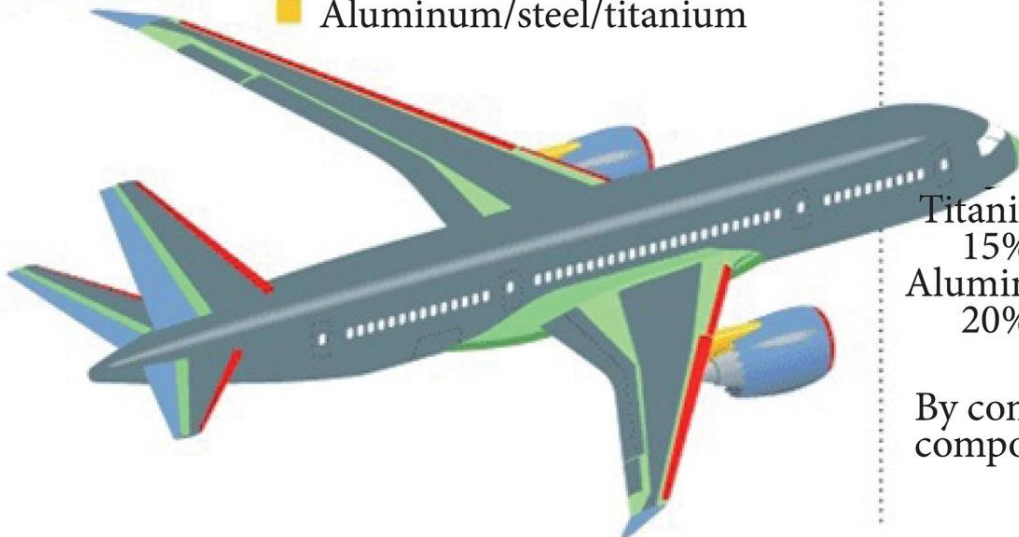
- Résistance mécanique
- Tenue en température
- Vieillissement

Les matériaux composites

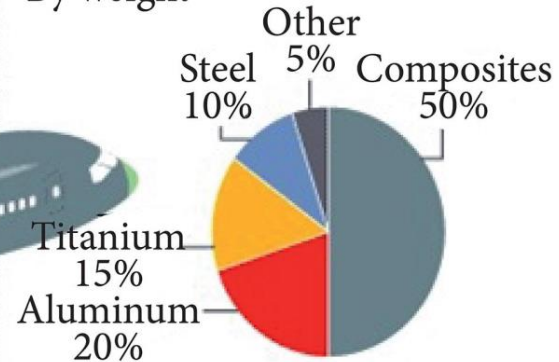


Materials used in 787 body

- Fiberglass
- Aluminum
- Carbon laminate composite
- Carbon sandwich composite
- Aluminum/steel/titanium



Total materials used
By weight



By comparison, the 777 uses 12 percent composites and 20 percent aluminum

Les matériaux composites :

C'est l'assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles qui permettent d'obtenir un matériau hétérogène anisotrope avec des propriétés mécaniques supérieures à celles des matériaux de base.



Les matériaux composites :

C'est l'assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles qui permettent d'obtenir un matériau hétérogène anisotrope avec des propriétés mécaniques supérieures à celles des matériaux de base.

Un matériau composite est constitué de :

- Renforts : qui constituent la structure de la pièce et qui absorbent les efforts
- Matrice : qui permet la liaison de l'ensemble et la répartition des efforts

Les matériaux composites :

C'est l'assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles qui permettent d'obtenir un matériau hétérogène anisotrope avec des propriétés mécaniques supérieures à celles des matériaux de base.

Un matériau composite est constitué de :

- Renforts : qui constituent la structure de la pièce et qui absorbent les efforts
- Matrice : qui permet la liaison de l'ensemble et la répartition des efforts

Composite = Matrice + Renforts

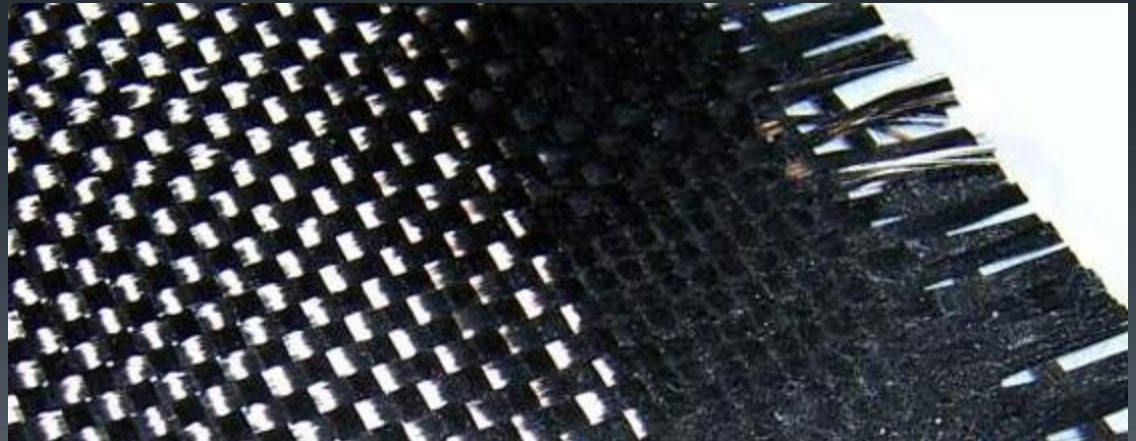
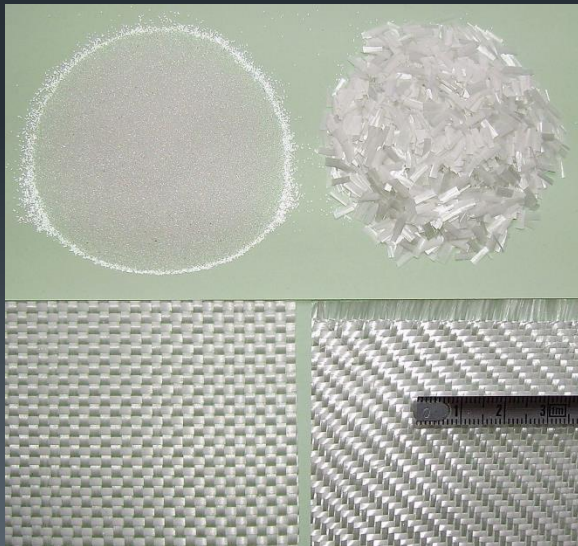


Connaissez-vous des exemples de matériaux composites ?

Les matériaux composites :

Exemples de matériaux composites usuels :

- Béton armé : matrice en béton (ciment + graviers + eau) + renforts (barre d'acier)
- Plastique à renfort de verre : matrice (résine) + renforts (fibre de verre de formes variées)
- Matrice (résine ou époxyde) + renforts (fibre de carbone ou aramide)





A votre avis, quels sont les avantages et inconvénients des matériaux composites?

Les matériaux composites :

Avantages et inconvénients :

- + Faible masse volumique
- + Bonnes propriétés mécaniques
- + Résistance à la corrosion
- + Résistance à la fatigue



Les matériaux composites :

Avantages et inconvénients :

- + Faible masse volumique
- + Bonnes propriétés mécaniques
- + Résistance à la corrosion
- + Résistance à la fatigue

- Cout plus élevé
- Conception et mise en forme plus complexe (anisotropie)
- Risques sanitaires lors de la fabrication
- Recyclage plus compliqué



Vidéo matériaux composites