

MATERIAUX 1

Enseignants: Dr TOKAM et M. NGIHEMLE

PLAN:

1. Introduction Générale
2. Structure atomique et liaisons interatomiques
3. Solides Cristallins
4. Impuretés
5. Propriétés mécaniques des métaux
6. Diagrammes de phase

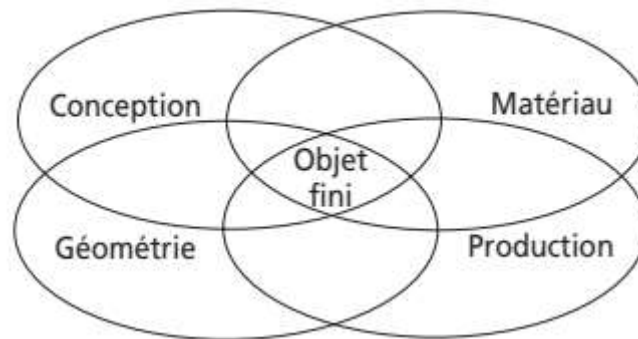
Références bibliographiques:

William D. Callister, Jr and David G. Rethwisch, 2014.
Materials Science and engineering, 9th edition. Wiley

Les objets qui nous entourent, que nous manipulons quotidiennement, sont tous constitués d'une matière choisie pour sa bonne adaptation à la fonction de l'objet en question et au procédé utilisé pour conférer à l'objet la forme souhaitée.

Une définition simplifiée de: matériau

Un matériau est une matière solide que l'homme façonne pour en faire des objets



Interactions présidant à la réalisation d'un objet fini.

Chapitre 1: **INTRODUCTION GENERALE**

OBJECTIFS :

Vous devez être capable à la fin de chapitre de :

- Enumérer six classifications différentes des propriétés de matériaux déterminant leur applicabilité;
- Citer les quatre éléments à considérer lors de la conception, la production et l'utilisation des matériaux;
- Reconnaître trois critères importants dans le processus de sélection de matériaux;
- Lister les trois classifications primaires des matériaux;
- Noter les quatre types de matériaux avancés
- Définir brièvement les matériaux intelligents (smart materials);
- Expliquer brièvement le concept de nanotechnologie

Objets du quotidien, fabriqués à partir de trois matériaux différents: métal, plastique, verre



1.1. Historique

Les matériaux ont toujours été présents dans l'histoire de l'humanité et sont profondément ancrés dans notre culture.

Les transports, le logement, les vêtements, communication, le divertissement, et la production des aliments virtuellement impactent chaque segment de notre vie.

Les grandes périodes de l'évolution de l'humanité sont marqués par l'habilité de l'homme à produire et manipuler des matériaux et outils nécessaires à sa survie.
Ex: âges ou ères de la pierre taillée, pierre polie, fer,...

Avec le temps, l'homme découvre des techniques de production des matériaux ayant des propriétés supérieures à celles des matériaux naturels, notamment avec la maîtrise du feu.

Progressivement, il a été découvert que les propriétés de certains matériaux pouvaient être améliorées ou altérées par traitement thermique ou par addition d'autres éléments.

A cette étape, le choix des matériaux pour des applications spécifiques était réduit à un groupe limité de matériaux dont on connaît leurs caractéristiques.

Ce n'est que récemment il y a environ un siècle que les scientifiques sont parvenus à mettre en œuvre les différentes relations entre les éléments structuraux des matériaux et leurs propriétés.

Cette connaissance a modifié de façon radicale le domaine des matériaux et a permis la conception de matériaux répondant plus aux besoins spécifiques de notre société moderne.

On peut par exemple noter l'impact de ce développement dans le domaine de l'automobile ou dans l'électronique.

1.2. Science de matériaux et ingénierie

La discipline science des matériaux est souvent subdivisé en deux sous-disciplines:

- Science de matériaux. Elle s'intéresse aux relations entre la structure et les propriétés des matériaux
- Ingénierie des matériaux. Sur la base des corrélations entre structure et propriétés, elle développe ou conçoit des structures de matériaux ayant des propriétés prédéfinies.

Sur le plan fonctionnel, le chercheur en matériaux développe ou synthétise des nouveaux matériaux, tandis que l'ingénieur en matériaux conçoit de nouveaux produits sur la base des matériaux existants et/ou développe des nouvelles techniques de traitement des matériaux.

Toutes les propriétés importantes des matériaux peuvent être virtuellement regroupés dans les 6 catégories suivantes: **mécanique, électrique, thermique, magnétique, optique et détérioration.**

Pour chacune de ces catégories, on obtient des réponses différentes à des types de stimulus extérieurs spécifiques.

Ex: Le champ électrique stimule les propriétés électrique des matériaux.

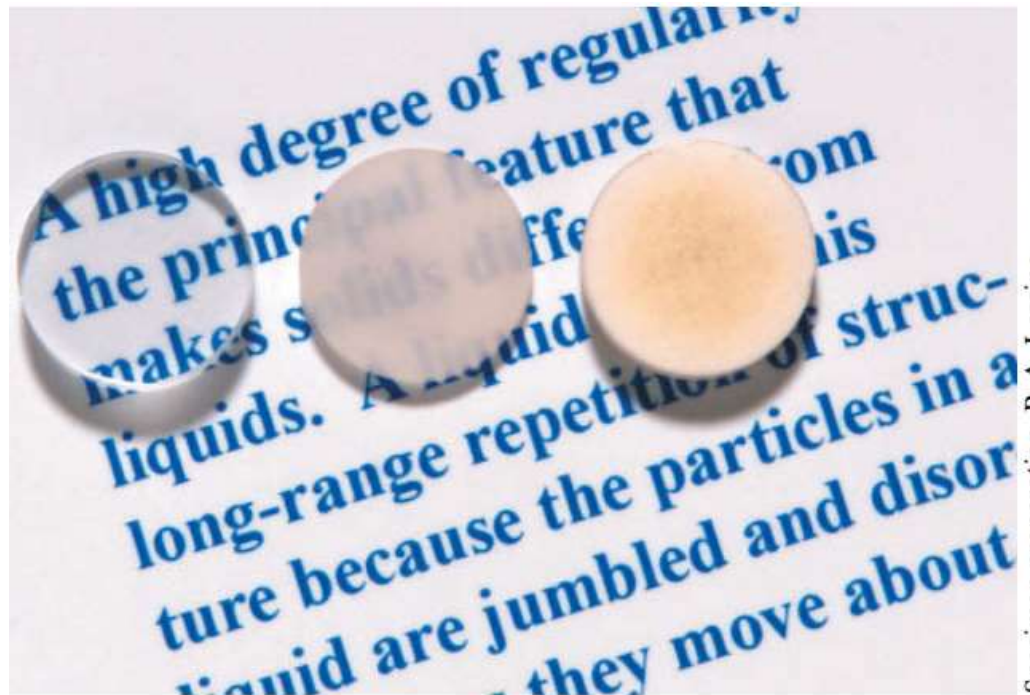
TPE: Pour chacune des catégories ci-dessus, donner le type de stimulus correspondant.

En science des matériaux, les quatre composantes à considérer lors de la conception, la production et l'utilisation des matériaux sont: Le traitement, la structure, les propriétés et la performance.



Pour illustrer cela, considérons 3 spécimens d'oxyde d'aluminium ayant subi des traitements leur donnant des propriétés optiques différents.

Ainsi, les structures de ces trois spécimens sont différentes en termes de structure cristalline et porosité, ce qui affecte les propriétés de transmittance optique. Chacun des spécimen a été produit avec des techniques de traitement différentes.



The disk on the left is *transparent* (i.e., virtually all light that is reflected from the page passes through it), whereas the one in the center is *translucent* (meaning that some of this reflected light is transmitted through the disk). The disk on the right is *opaque*—that is, none of the light passes through it. These differences in optical properties are a consequence of differences in structure of these materials, which have resulted from the way the materials were processed

1.3. Importance des sciences des matériaux

La problématique générale en science des matériaux est le choix du matériau optimal parmi de nombreux autres possibles pour résoudre un problème spécifique, la décision finale se basant généralement sur plusieurs critères.

Trois critères importantes orientent le choix des matériaux:

- Les conditions d'opérations auxquelles le matériau sera soumis;
- La détérioration éventuelles des propriétés du matériau durant les opérations;
- Les considérations économiques ou Le coût de fabrication de l'outil pour lequel le matériau a été choisi.

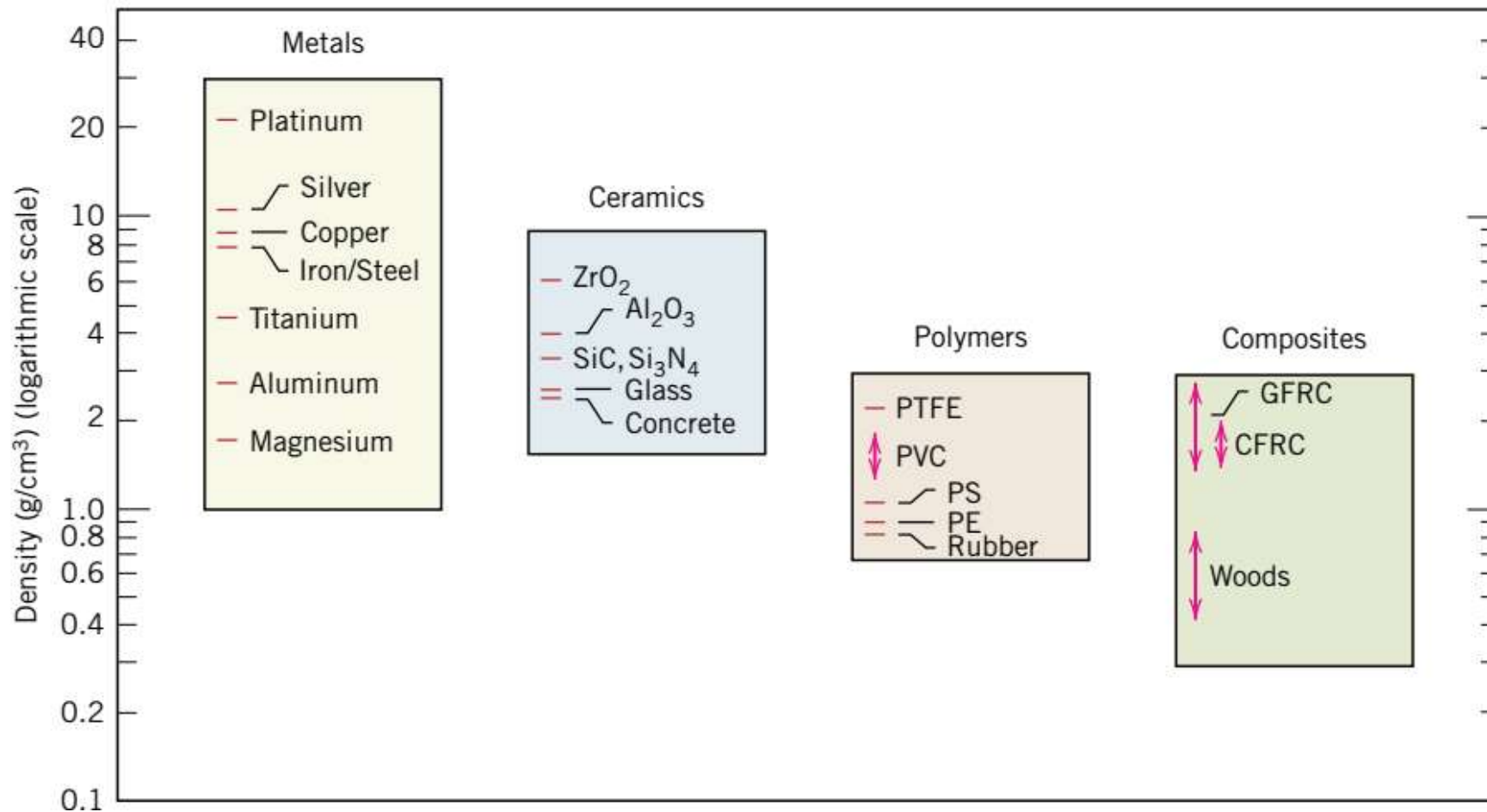
Ainsi, plus l'ingénieur ou le chercheur en science des matériaux s'approprie les connaissances sur les divers caractéristiques et les relations structure-propriétés des matériaux, mieux il acquiert les compétences lui permettant de faire des choix judicieux sur la base des critères ci-dessus.

1.4. Classification des matériaux

Les matériaux solides sont généralement classés en trois catégories sur la base de leur composition chimique et leur structure atomique: **métal, céramique, polymère**.

Une quatrième catégorie résultant de la combinaison technique de deux ou plusieurs autres matériaux se regroupe dans le vocable **matériaux composites**.

Une nouvelle catégorie en cours d'élaboration que nous appellerons **Matériaux évolués** (*Advanced materials*) regroupe les matériaux utilisés dans les nouvelles technologies: semi-conducteurs, biomatériaux, matériaux intelligents (*smart materials*) et les matériaux nano-technologiques.



Charte graphique des densités à température ambiante des divers matériaux **métalliques, céramiques, polymères et composites**.

1.4.1. Métaux

Les métaux sont composés d'un ou plusieurs éléments métalliques (ex: Fer, Aluminium, Cuivre, Titane, Or, Nickel) et parfois des éléments non-métalliques (ex: Carbone, Azote, Oxygène) en petites quantités.



Familiar objects made of
metals and metal alloys

*Objets du quotidien fabriqués
à base des métaux et des
alliages métalliques*

1.4.2. Céramiques

Les céramiques sont des composés se situant entre les éléments métalliques et non-métalliques; ils sont constitués plus souvent des oxydes, nitrures et carbures.

Exemple: la plupart des céramiques contiennent l'oxyde d'aluminium (Alumine Al_2O_3), dioxyde de silicium (silice SiO_2), carbure de silicium (SiC), nitrure de Silicium (Si_3N_4).

De plus, on peut y inclure les céramiques traditionnelles composés d'argiles minérales (porcelaines), le ciment et le verre.

Common objects made of ceramic materials: scissors, a china teacup, a building brick, a floor tile, and a glass vase.

Objets du quotidien à base de matériaux céramiques: ciseaux, tasse à thé, brique de terre cuite, carreau pour revêtement de sol, et un vase en verre.



1.4.3. Polymères

Les polymères incluent les plastiques et les matériaux en caoutchouc. La plupart sont des composés organiques contenant les éléments chimiques à base de carbone, hydrogène et autres éléments non-métalliques (ex: oxygène O, azote N et silicium Si). De plus, ils ont de grandes structures moléculaires souvent en forme de chaîne ayant un squelette d'atome de carbones.

Quelques polymères usuels et familiers sont: polyéthylène (PE), nylon, chlorure de polyvinyle (PVC), polycarbonate (PC), polystyrène (PS) et caoutchouc. Ce sont des matériaux ayant pour caractéristiques principales leur faible densité.



Several common objects made of polymeric materials: plastic tableware (spoon, fork, and knife), billiard balls, a bicycle helmet, two dice, a lawn mower wheel (plastic hub and rubber tire), and a plastic milk carton.

Etude de cas: Contenants pour boissons gazeuses

The material used for this application must satisfy the following constraints:

- (1) provide a barrier to the passage of carbon dioxide, which is under pressure in the container;
- (2) be nontoxic, unreactive with the beverage, and, preferably, recyclable;
- (3) be relatively strong and capable of surviving a drop from a height of several feet when containing the beverage;
- (4) be inexpensive, including the cost to fabricate the final shape;
- (5) if optically transparent, retain its optical clarity; and
- (6) be capable of being produced in different colors and/or adorned with decorative labels.

TPE 2

A partir des 6 contraintes à satisfaire par les contenants des boissons gazeuses ci-dessus, décrire les avantages et inconvénients de chacun des contenants en céramique (verre), plastique ou métallique.



1.5. Matériaux évolués

La catégorie des matériaux évolués sont les matériaux utilisés dans les applications dite de haute technologie :

- les semi-conducteurs (conductivités intermédiaires entre les matériaux conducteurs et isolants);
- les biomatériaux (compatibles avec les tissus du corps humain);
- les matériaux intelligents (sensibles et réagissant de façon prédéterminée aux changements dans leur environnement);
- les nanomatériaux (qui ont des caractéristiques structurales de l'ordre du nanomètre, certains pouvant être conçu à l'échelle atomique ou moléculaire).

1.6. Besoins modernes en matériaux

Malgré les progrès connus dans le domaine des sciences des matériaux ces dernières années, de nombreux challenges demeurent, notamment dans le développement de matériaux de plus en plus spécialisés et sophistiqués prenant en compte leur impact environnemental.

Par exemple la conversion directe de l'énergie solaire en énergie électrique requiert le développement de nouvelles cellules ayant des rendements supérieurs avec moins d'impact sur l'environnement.

Dans le domaine des transports, la réduction de la masse des véhicules (autos, avions, ...) associé à l'augmentation de la température de fonctionnement des moteurs pourraient améliorer l'efficacité des carburants.

Les piles à combustible à hydrogène est un autre domaine très prometteur et ayant la particularité d'être non polluant. Ces piles seront dans le futur utilisés dans les appareils électroniques et les véhicules électriques.

Exercices:

1. Classify each of the following materials as to whether it is a metal, ceramic, or polymer. Justify each choice:

(a) brass; (b) magnesium oxide (MgO);

(c) Plexiglas[®]; (d) polychloroprene; (e) boron carbide (B_4C); and (f) cast iron.

1. classer les matériaux ci-dessous dans les catégories suivantes et justifier votre choix :

(a) laiton ; (b) oxyde de magnésium (MgO), (c) Plexiglas; (d) polychloroprène; (e) carbure de bore (B_4C); (f) fonte

2. For each the following modern items or devices, conduct an Internet search in order to determine what specific material(s) is (are) used and what specific properties this (these) material(s) possess(es) in order for the device/item to function properly. Finally, write a short essay in which you report your findings :

- Cell phone/digital camera batteries
- Cell phone displays
- Automobile engine blocks
- Military body armor
- Football balls

2. Pour chacun des objets ou appareils modernes suivants, faites une recherche sur internet en vue de déterminer le(s) matériau(x) spécifique(s) utilisé(s) et les propriétés spécifiques qu'ils possèdent leur permettant de bien fonctionner. Présenter les résultats de vos recherche dans un bref compte-rendu:

- *Batteries de téléphone;*
- *Afficheurs de téléphone;*
- *Bloc moteur des automobiles;*
- *Gilet pare-balles militaire;*
- *Ballons de football*