

Approche globale sur les matériaux : métalliques, céramiques, organiques et composites

Contenu

1	MATERIAUX METALLIQUES	2
1.1	LE PRINCIPE DE FABRICATION DE L'ACIER	2
1.2	LES RESSOURCES	3
1.3	CLASSIFICATION DES MATERIAUX METALLIQUES	3
2	LES CERAMIQUES	4
2.1	ELABORATION D'UNE CERAMIQUE	4
2.2	LES CERAMIQUES TRADITIONNELLES	5
2.3	LES CERAMIQUES TECHNIQUES	5
3	LES MATERIAUX ORGANIQUES	7
3.1	MATERIAUX ORGANIQUES D'ORIGINE NATURELLE	7
3.2	MATERIAUX ORGANIQUES D'ORIGINE SYNTHETIQUE	7
3.3	LES ELASTOMERES	8
3.4	DIFFERENCE ENTRE LES STRUCTURES MOLECULAIRES DES PLASTIQUES	8
4	LES MATERIAUX COMPOSITES	9
4.1	LES COMPOSITES A MATRICES ORGANIQUES (CMO)	9
4.2	LES COMPOSITES A MATRICES CERAMIQUES (CMC)	10
4.3	LES COMPOSITES A MATRICES METALLIQUES (CMM)	10
5	CONCLUSION	11

Durant la phase de conception d'un système, le **choix des matériaux** à utiliser est une étape importante. Les **critères** orientant ce choix sont multiples : résistance, esthétique, coût, procédé de fabrication, poids, encombrement, ... Il est impératif d'y associer également des critères de « **développement durable** » tels que la prise en compte des *ressources*, les *impacts écologiques* qui en découlent, le *recyclage*, ... Les familles de matériaux présentées sont les métalliques, les céramiques, les organiques et les composites.

1 MATERIAUX METALLIQUES

Utilisé depuis des millénaires (âge du fer, environ -1000 av J.C.), l'acier est toujours un matériau omniprésent dans de multiples domaines. Depuis l'extraction du minerai jusqu'à l'élaboration de nouveaux alliages, en passant par le secteur du recyclage, la métallurgie est un domaine très vaste. Près de 400000 personnes y travaillent en France.

Le *fer*, la *fonte* et l'*acier* sont souvent confondus ; il est donc important de d'abord les définir :

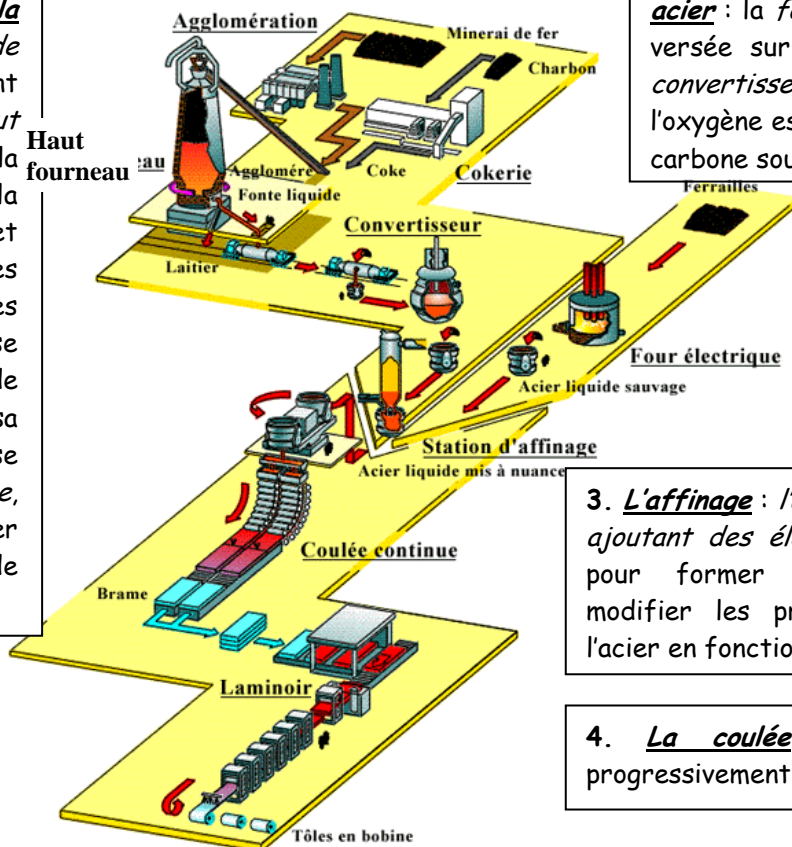
Le fer est un élément chimique entrant dans la composition des deux autres.

La fonte et l'acier sont fabriqués essentiellement à partir du minerai de fer mais contiennent également d'autres composants. Ils sont différenciés par leur teneur en carbone : la fonte en contient de 2,1 à 6,67 % et l'acier de 0,03 % à 2 %.

1.1 Le principe de fabrication de l'acier

Pour fabriquer de l'*acier*, il faut du *minerai de fer*, du *charbon*, de la *chaux* et des *ferro-alliages* : molybdène, chrome, manganèse, silicium, titane, nickel, ... Ces derniers confèrent à l'acier des caractéristiques particulières adaptées à ses divers usages : architecture, ameublement, bons nombres de pièces de voitures (carrosserie, piston, boîte de vitesses, jantes, ...), armement (blindage), ...

1. La formation de la fonte : le *minerai de fer* et le *coke* sont introduits dans le *haut fourneau* par le haut, la chaleur provoquant la combustion du coke et l'élimination des éléments chimiques contaminants. Le fer se charge ensuite de carbone au cours de sa descente et se transforme en *fonte*, qu'il faut alors séparer d'un mélange de déchets appelé *laitier*.



2. La conversion de la fonte en acier : la fonte en fusion est ensuite versée sur de la ferraille dans un convertisseur à oxygène où de l'oxygène est insufflé pour éliminer le carbone sous forme de CO₂.

3. L'affinage : l'acier obtenu est affiné en ajoutant des éléments (nickel, chrome...) pour former différents alliages et modifier les propriétés mécaniques de l'acier en fonction des besoins.

4. La coulée : l'acier est refroidi progressivement jusqu'à solidification.

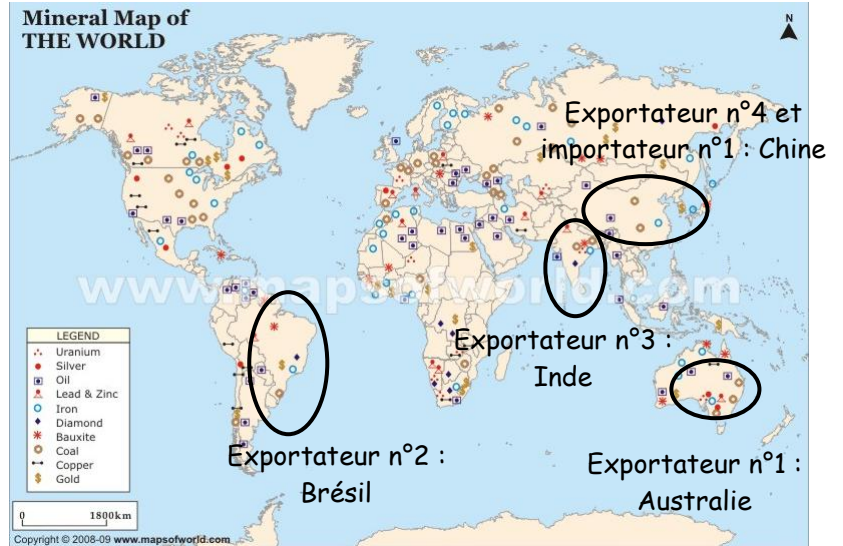
5. Le laminage : l'acier est à nouveau monté en température pour le rendre malléable. Il est ensuite laminé. On obtient des tôles d'épaisseurs variables. L'acier peut-être également forgé, matricé, filé, ...

1.2 Les ressources

L'acier est un matériau 100 % recyclable, sans altération de qualité. Il peut donc être indéfiniment recyclé sans que ses propriétés de départ ne soient modifiées.

Actuellement l'acier recyclé représente environ 40 % des ressources en fer utilisées dans l'ensemble des procédures sidérurgiques.

Au rythme d'exploitation actuel, on estime à 80 petites années les réserves mondiales de fer.



1.3 Classification des matériaux métalliques

La liste suivante concernant la classification des matériaux métalliques est loin d'être exhaustive. Elle donne une première approche permettant d'appréhender ces matériaux universellement utilisés.

- **Aciers de construction générale**

LETTRE (suivant le type d'utilisation envisagé) + VALEUR NUMERIQUE (définit la limite élastique du matériau, Re en MPa)

S 235	Acier d'usage général Limite élastique : Re = 235 MPa	E 295	acier de construction mécanique Limite élastique : Re = 295 MPa
--------------	--	--------------	--

- **Aciers de traitements thermiques** (permet de modifier les capacités mécaniques du matériau)
 - **non alliés**

LETTRE (C) + VALEUR NUMERIQUE (2 chiffres représentant le % de carbone x 100)

C 38	0,38 % de carbone (trempe)	C 10	0,1 % de carbone (cémentation)
C 42 TS	0,42 % de carbone (trempe superficielle)	C 18	0,18 % de carbone (carbonituration)

- **faiblement alliés**

VALEUR NUMERIQUE (représente le % de carbone x 100) + SYMBOLES CHIMIQUES (symboles chimiques des éléments d'addition placés par ordre décroissant de leur teneur) + VALEUR NUMERIQUE (indique la teneur en % des éléments d'addition. Cette teneur est multipliée par un coefficient donné)

35 Cr Mo 4	0,35 % de carbone avec 1 % (4 / 4) de Chrome + du Molybdène (trempe à cœur)	45 Si Cr Mo 6	0,45 % de carbone avec 1,5 % de silicium + du Chrome + du molybdène (acier à ressorts)
16 Ni Cr 6	0,16 % de carbone avec 1,5 % (6 / 4) de nickel + du Chrome (cémentation)	100 Cr 6	1 % de carbone avec 1,5 % de Chrome (acier à roulements)

- **fortement alliés**

LETTRE (X) + VALEUR NUMERIQUE (représente le % de carbone x 100) + SYMBOLES CHIMIQUES (symboles chimiques des éléments d'addition placés par ordre décroissant de leur teneur) + VALEUR NUMERIQUE (indique la teneur en % des éléments d'addition)

X 6 Cr Ni 18-09	0,06 % de carbone avec 18 % de Chrome + 9 % de Nickel (acier inox)	X 8 Cr 17	0,08 % de carbone avec 17 % de Chrome (acier inox)
X 200 Cr 13	2 % de carbone avec 13 % de Chrome		

- **les alliages légers**

Ce sont des alliages ayant pour métal de base *l'aluminium*.

La densité de l'aluminium est de 2,7 par rapport à **l'acier qui a une densité de 7,8** ; d'où l'appellation « alliage léger ». Par analogie, on surnomme les alliages de magnésium : « alliages ultra légers ».

La norme fait la distinction entre alliages moulés (NF EN 1706) et alliages corroyés (NF EN 573) (alliage corroyé : alliage ayant déjà subi une déformation par laminage, matriçage ou forgeage).

Suivant les pays, la norme d'écriture n'est pas la même ! on peut donc avoir un alliage d'aluminium qui peut s'écrire : EN A C-4 2 200, ou bien AlSi7Mg0,6 ou encore A-57G06.

Donc si vous souhaitez par exemple acheter un vélo avec un cadre en aluminium (Aluminium 6061 ou AW-Al Mg1 Si Cu), il faudra prendre le temps de consulter les nombreux catalogues (internet, ...) qui donne la composition et les caractéristiques mécaniques exactes de l'alliage concerné.



- **Les autres matériaux métalliques**

Les alliages de cuivre (laiton, bronze, ...), **alliages de titane**, les **fontes**, etc. ; tous ces matériaux possèdent leurs normes d'écriture ainsi que leurs propres caractéristiques physiques.

Il faut également prendre en compte les **traitements thermiques** que l'on peut effectuer sur certains matériaux afin d'optimiser leurs caractéristiques mécaniques (*dureté, résistance, ...*).

2 LES CERAMIQUES

Des grottes du néolithique à la navette spatiale, en passant par la Grèce antique dont elles tirent leur nom (Keramos = "terre à potier"), les céramiques sont au cœur de l'histoire technique de l'humanité.

Prothèses dentaires, moteurs, outils de coupe, hauts-fourneaux, composants électroniques, tuiles, briques, filtres, buses d'arrosage, assiettes ou plats ; les céramiques sont omniprésentes dans notre vie quotidienne comme dans la plupart des secteurs d'activité.

Les céramiques se distinguent de tous les autres matériaux par leurs qualités particulières : **résistance à la chaleur (matériaux réfractaires)**, **dureté et résistance à l'usure**, **propriétés isolantes, magnétiques et piézo-électriques**.

2.1 Elaboration d'une céramique

Pour élaborer une céramique, on commence par une phase de **mise en forme de la matière première** à l'état de poudre, à température ambiante. Très souvent, cette étape de mise en forme est réalisée en **mélangeant la poudre à un liquide** (mélange appelé *barbotine*) ou en utilisant toutes sortes d'additifs afin de favoriser l'homogénéité du matériau, mais aussi d'influer sur les caractéristiques du résultat final.

Ensuite, la **cuisson** se fait à une température bien inférieure à la température de fusion du matériau. La matière première (traditionnellement, une terre argileuse) subit une transformation irréversible et acquiert des propriétés nouvelles.

Parmi les céramiques dites traditionnelles, les céramiques à base de silicate d'alumine sont les plus connues. Produites essentiellement à partir **d'argiles** ou de **kaolin** (la matière principale constituant l'argile), ce sont les **terres cuites, les poteries, les faïences, les grès et les porcelaines**.

Si on compare les céramiques aux verres, les deux types de matériaux peuvent être obtenus à partir des mêmes matières premières. La différence est que, dans le cas du verre, on porte la matière première à son point de fusion, et, une fois obtenu l'état liquide, on la met en forme (dans un moule, ou par soufflage).



Façonnage d'une porcelaine
(Photo Pillivuyt_Mehun sur Yèvre)

2.2 Les céramiques traditionnelles

Les céramiques traditionnelles sont celles que l'on trouve dans notre environnement quotidien : *arts de la table, sanitaires*. Longtemps artisanales, les techniques traditionnelles se sont largement adaptées et améliorées.

Si à l'origine, l'argile constituait la matière première fondamentale, l'emploi de nouvelles matières premières naturelles ou synthétiques a favorisé l'essor des céramiques techniques.



Assiettes, vases, sanitaires, ... en porcelaine

2.3 Les céramiques techniques

Aujourd'hui, les céramiques techniques ont peu de ressemblance avec leurs origines. Elles offrent des propriétés uniques et étonnantes, tant physiques que thermiques, optiques et électriques, qui ont ouvert un monde nouveau d'opportunités de développement dans tous types d'industries.

Bien que très différentes des céramiques traditionnelles, il s'agit bien de céramiques, car la matière première est une poudre minérale mise en forme pour produire l'objet, et le traitement thermique est nécessaire pour lui donner les caractéristiques recherchées.



Tuiles en céramique, protection installée sous les navettes (échauffement important lors de l'entrée dans l'atmosphère)



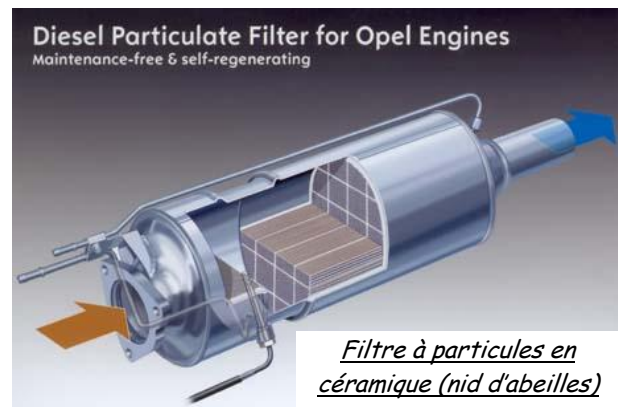
Bougie (isolation électrique)



Roulements à billes



Système de freinage en céramique (Plus dur, accepte plus de chaleur)



Filtre à particules en céramique (nid d'abeilles)

2.3.1 Les biocéramiques

Les **biocéramiques** sont des atouts précieux pour la médecine. Leur neutralité chimique et leur composition, voisines de celles des tissus osseux, permettent aux céramiques de conserver leurs propriétés une fois implantées dans l'organisme (qui est un milieu très agressif), et ainsi d'éviter les rejets.

Leur résistance à la torsion et au frottement permettent d'obtenir des prothèses quasiment inusables.

Les premières **prothèses osseuses** de hanche en céramique étaient à base d'alumine (Al_2O_3). Ce matériau est actuellement concurrencé par la zircone (ZrO_2) qui présente une tolérance biologique similaire, mais de meilleures propriétés mécaniques, permettant d'envisager la mise au point d'éléments beaucoup plus petits demandant une grande fiabilité (prothèses du doigt, de l'épaule, du genou).



*Prothèse dentaire
en Zirconie*

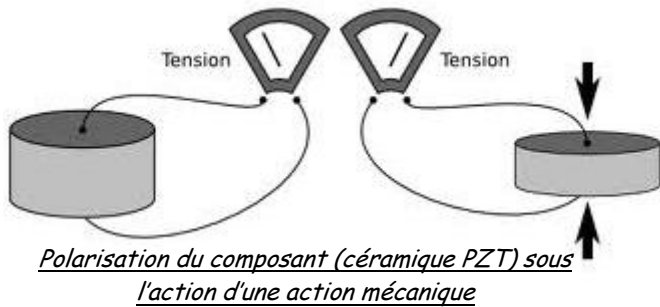


Prothèse de hanche



2.3.2 Les céramiques piézoélectriques

Les matériaux piézoélectriques sont très nombreux. Le plus connu est sans doute le quartz, toujours utilisé aujourd'hui dans les montres, pour créer des impulsions d'horloge. Mais ce sont des céramiques synthétiques, les PZT (Titanio-Zirconate de Plomb) qui sont le plus largement utilisées aujourd'hui dans l'industrie.



On retrouve des céramiques piézoélectriques dans les sonars, buzzers, téléphones, actionneurs divers, générateurs d'ultrasons etc...

D'après Le pôle européen de la céramique.
<http://www.cerameurop.com>

3 LES MATERIAUX ORGANIQUES

Si l'homme est encore sur terre aujourd'hui, c'est grâce à sa faculté d'adaptation dans le milieu dans lequel il vit. Il a sans cesse cherché à utiliser ce qu'il trouvait autour de lui pour vivre et améliorer sa situation.

La terre recèle d'éléments indispensables à notre survie. Mais depuis l'avènement de l'industrialisation vers la fin du 19^e siècle, associé à une demande croissante en termes de matières et d'énergies, notre planète est mise à mal. Ses ressources sont pillées sans relâche !

Une prise de conscience doit être impérative afin de protéger et d'utiliser « intelligemment » toutes les ressources : les matériaux organiques sont les premiers concernés : le bois, le charbon, le gaz, le pétrole, ...

Les différentes pollutions engendrées, de l'eau, de l'air, de la terre, doivent nous faire prendre conscience de l'équilibre fragile dans lequel nous vivons.

3.1 Matériaux organiques d'origine naturelle

Saignée sur un hévéa afin de récolter le caoutchouc

La liste des matériaux organiques d'origine naturelle est longue.

Ils sont utilisés pour la **construction et l'isolation des bâtiments** (bois, chanvre, laine de mouton, liège, ...), pour **s'habiller** (laine, cuir, coton, soie, ...). Le **caoutchouc** (issu de l'hévéa) intervient dans la fabrication des pneus.

Certains matériaux organiques ont des propriétés étonnantes : la soie qui compose la **toile d'araignée** est 10 fois plus résistante que l'acier et équivaut à 3 fois celle du Kevlar. On s'en sert également en guise d'emplâtre sur les blessures, comme un antiseptique naturel.



Toile d'araignée, résistance extrême



3.2 Matériaux organiques d'origine synthétique

On trouve essentiellement les **plastiques** (<http://www.laplasturgie.fr/index.php>). Ce sont des matériaux obtenus à partir du **pétrole**.

Ils sont **isolants électriquement**, très **légers**, quelquefois **déformables**, plutôt faciles à usiner, avec des **textures esthétiques, étanches et inoxydables**.

Leur utilisation est très vaste, d'une gaine isolant un câble électrique en passant par un tableau de bord de voiture ou encore la gomme d'un pneumatique. On distingue trois sous familles :

3.2.1 Les thermoplastiques

Un **thermoplastique** désigne une matière qui se ramollit d'une façon répétée lorsqu'elle est chauffée au-dessus d'une certaine température ; mais qui au-dessous, redevient dure. **Une telle matière conservera donc toujours de manière réversible sa thermoplasticité initiale.** Cette qualité rend le matériau thermoplastique potentiellement **recyclable** (après broyage).

Exemples :



Polychlorure de vinyle (PVC)



Polystyrène (PS)



Plexiglas (PMMA)



Chaises en Polycarbonate (PC)



Bouteilles en Polyéthylène téréphtalate (PET)



Poêle en Polytétrafluoroéthylène ou téflon (PTFE)

3.2.2 Les thermodurcissables

La transformation d'un matériau **thermodurcissable** fait intervenir une **polymérisation**, laquelle est **irréversible** et conduit à un produit fini solide, généralement rigide. Le produit devient **non transformable**, ce qui **empêche son recyclage**.

Exemples :



Poignée en bakélite



Chaise en Formica



Résine Epoxy



Coque de piscine ... ou vêtements techniques en Polyester



Pare choc en Polypropylène (PP)

3.3 Les élastomères

Un **élastomère** est un **polymère** présentant des propriétés **élastiques**. Il supporte de très grandes déformations avant rupture. Le terme de « caoutchouc » est un synonyme usuel d'élastomère.

Les matériaux élastomères tels les pneumatiques sont souvent à base de caoutchouc naturel (sigle NR) et de caoutchouc synthétique (coupage).

Lunettes en élastomère



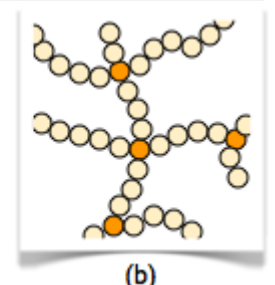
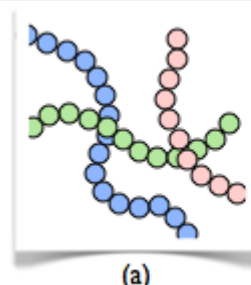
Pneu en élastomère

3.4 Différence entre les structures moléculaires des plastiques

La structure moléculaire d'un **polymère thermoplastique** (fig. (a)) peut être familièrement assimilée à « un plat de spaghettis » alors que la structure moléculaire d'un **polymère thermodurcissable** (fig. (b)) sera plus associée à « un filet de pêche ».

Cette différence fondamentale est à l'origine de propriétés bien distinctes :

- les thermoplastiques sont *moins rigides* et *moins résistants* que les thermodurcissables
- les thermoplastiques sont *plus ductiles* que les thermodurcissables (résistent mieux à la fissuration)
- les déchets thermoplastiques sont *recyclables*, les déchets thermodurcissables ne le sont pas.



4 LES MATERIAUX COMPOSITES

(http://www.si.ens-cachan.fr/accueil_V2.php?page=affiche_ressource&id=166)

Un **matériau composite** est un **assemblage hétérogène** d'au moins **deux matériaux non miscibles** (mais ayant une forte capacité d'adhésion). Le nouveau matériau ainsi constitué « additionne » les propriétés des 2 matériaux.

Ce phénomène, qui permet d'améliorer la qualité de la matière face à une certaine utilisation (légèreté, rigidité à un effort, etc.), explique l'utilisation croissante des matériaux composites dans différents secteurs industriels. Néanmoins, la description détaillée des composites reste complexe du point de vue mécanique.

Un **matériau composite** est constitué d'une **ossature** 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.

Exemple de fabrication d'un garde boue arrière de moto en fibres de carbone



Renfort : fibres de carbone



Matrice : résine Epoxy
badiageonnée au pinceau

Plusieurs couches de renfort et de matrice sont ainsi appliquées

Après un temps de séchage et une opération de démoulage, la pièce brute (garde boue arrière moto) est ainsi obtenue



Pièce finie après ponçage et vernissage



Il existe aujourd'hui un grand nombre de matériaux composites que l'on classe généralement en trois familles en fonction de la nature de la matrice :

- les **composites à matrices organiques (CMO)** qui constituent les volumes les plus importants aujourd'hui à l'échelle industrielle,
- les **composites à matrices céramiques (CMC)** réservés aux applications de très haute technicité et travaillant à haute température comme le spatial, le nucléaire et le militaire, ainsi que le freinage (freins céramique)
- les **composites à matrices métalliques (CMM)** qui tentent de concilier les qualités des métaux avec la légèreté et les caractéristiques mécaniques des structures composites.

4.1 Les composites à matrices organiques (CMO)

Il s'agit, de loin, des **composites les plus répandus** : ce sont en effet les seuls composites ayant, pour beaucoup d'entre eux, des **coûts unitaires** suffisamment **réduits** pour pouvoir être produits en grandes séries.

Plus précisément, on distingue généralement des composites à **grande diffusion** (peu coûteux et représentant près de 95% des CMO fabriqués, utilisés pour toutes sortes de pièces faiblement sollicitées) et des composites à **haute performance** (plus



(d)

onéreux mais présentant des qualités mécaniques supérieures), notamment employés dans l'aéronautique, le nautisme, les sports et loisirs ou encore la construction industrielle (Figure 1).

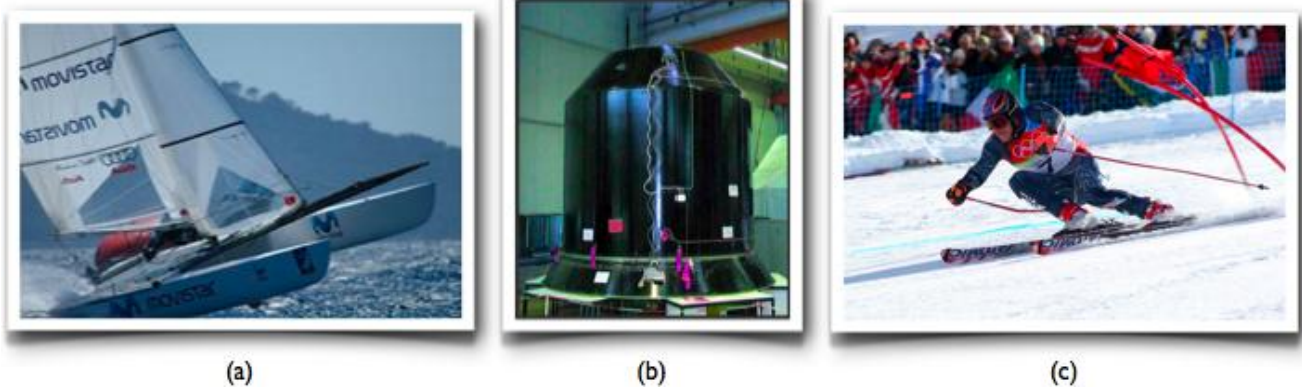


Figure 1 : Quelques applications des CMO "haute performance" : (a) un catamaran, (b) le support de la charge utile d'Ariane 5 (image d' Aerospace Technology), (c) des skis de compétition (image de Thomas Grollier), (d) perche en fibre de carbone.

Les renforts peuvent être à base de *fibres de verre*, *fibres de carbone*, *fibres d'aramide (Kevlar)* ou encore de *fibres végétales (chanvre, lin)*.

4.2 Les composites à matrices céramiques (CMC)

Beaucoup moins répandus que leurs homologues à matrice organique en raison d'un coût élevé, les CMC s'adressent aux applications à *très hautes températures*. Ils sont principalement utilisés dans *l'industrie spatiale* et *l'aéronautique militaire*, ainsi que pour la conception d'organes haut de gamme comme des *disques* ou *plaquettes de freins* (Figure 2).

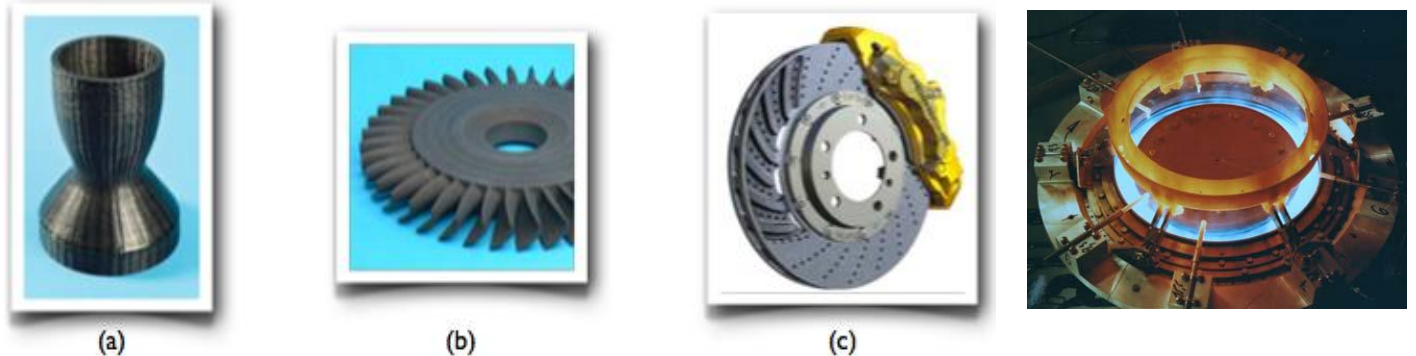


Figure 2 : Quelques applications des CMC : (a) la tuyère d'un moteur spatial. (b) le disque à aubes d'une turbine. (c) un disque de frein haut de gamme (image Porsche). (d) tuyère moteur avion.

Les céramiques possèdent de nombreux atouts pour de telles applications : elles peuvent *résister à des températures très élevées*, *sont plus légères que de nombreux métaux*, et présentent une *bonne stabilité chimique*. Malheureusement, leur *grande fragilité* limite fortement leur domaine d'utilisation. Le principe des CMC est donc de *rendre les céramiques moins cassantes en leur donnant une structure composite*.

4.3 Les composites à matrices métalliques (CMM)

Les composites à matrice métallique ont été élaborés pour tenter de *concilier les qualités des métaux* (ductilité, bonne tenue face au vieillissement et au feu...) *avec la légèreté et les bonnes caractéristiques mécaniques propres aux structures composites*. Ce sont des matériaux performants, mais pénalisés par un *coût de revient encore élevé* et réservés à des applications relativement exigeantes, dans divers domaines (Figure ci-contre).

Un avantage de ces composites est que la matrice étant métallique, ses caractéristiques mécaniques intrinsèques sont généralement bonnes. Il est donc possible de ne renforcer que certaines zones.



Cela est généralement impossible avec les matrices polymères (en raison de leur faible résistance) ou céramiques (en raison de leur fragilité).

Un inconvénient est la grande réactivité chimique des métaux : lors de la mise au point du composite, il faut s'assurer que la matrice et le renfort ne peuvent pas réagir entre eux, faute de quoi les conséquences sur les propriétés mécaniques peuvent être catastrophiques.

5 CONCLUSION

Un **matériau** est une matière d'origine naturelle ou artificielle que l'homme façonne pour en faire des objets.

Un matériau est donc une matière sélectionnée en raison de propriétés particulières :

- propriétés chimiques (anticorrosion, résistance aux produits corrosifs (acides, ...))
- propriétés physiques (taille et forme des particules)
- propriétés mécaniques (résistance, longévité, déformation, chaleur, ...)
- propriétés en termes de recyclage

On regroupe les matériaux dans 3 grandes familles :

- Les **minéraux** tels que les *roches (minerais)*, les *céramiques* et les *verres*.
- Les **métalliques** dont font parti les *métaux* et les *alliages de métaux*.
- Les **organiques** qui sont à base de *matière vivante (végétale ou animale)* ou d'*hydrocarbures (plastiques)*.

Une quatrième famille peut être établie, celle des matériaux **composites** qui sont fabriqués à partir de *plusieurs familles de matériaux de base*.

L'émergence des **nanotechnologies** et des **nanosciences** est une révolution : la conception de matériaux à *l'échelle atomique et moléculaire* pourrait rendre possible l'élaboration de toutes sortes de nouveaux matériaux comme : des nanoparticules catalytiques, des capteurs chimiques et biologiques, des implants biocompatibles, ...

L'impact des nanotechnologies sur l'économie est très prometteur car les applications industrielles seront nombreuses et concerneront les domaines les plus variés de l'électronique à la médecine en passant par l'aéronautique, la défense, l'environnement et les matériaux de construction.

Mais, comme dans toute nouvelle discipline, un certain temps sera nécessaire pour voir l'arrivée massive de produits industriels sur le marché.

Pourtant, **les nanotechnologies soulèvent aussi des questions d'éthique** ; manipuler la matière à l'échelle moléculaire, interférer avec le monde du vivant peut susciter non seulement de grands espoirs mais aussi des inquiétudes... Ces questions d'éthique devront être prises en considération par les pouvoirs publics bien sûr, mais aussi par tous les acteurs et utilisateurs concernés.

Les critères de sélection d'un matériau sont donc nombreux et complexes. Il faut également bien avoir en mémoire que le choix final d'un matériau doit prendre en compte tout le cycle de vie de celui-ci (extraction, tous les transports, fabrication, utilisation, recyclage) afin d'avoir une vision globale des impacts du choix et des conséquences pour le futur (développement durable).