



# Matériaux composites

## Chapitre 1

Niveau 2<sup>eme</sup> MASTER

Spécialité Matériaux en Génie Civil

Semestre 3

Promotions 2020-2021

## Chapitre1 : Généralités sur les matériaux composites

### 1- Définitions et historique :

Un **matériau composite** peut être défini d'une manière générale comme l'assemblage de deux ou plusieurs matériaux différents, l'assemblage final ayant des propriétés supérieures aux propriétés de chacun des matériaux constitutifs.

On appelle maintenant de façon courante "matériaux composites" :

Un matériau composite est constitué de l'assemblage de deux matériaux de natures différentes, se complétant et permettant d'aboutir à un matériau dont l'ensemble des performances est supérieur à celui des composants pris séparément. Ils sont constitués d'une ou plusieurs phases discontinues réparties dans une phase continue. La phase continue est appelée **matrice** et la phase discontinue, qui présente usuellement des propriétés mécaniques (rigidités et résistances) supérieures à celle de la matrice, est nommée **renfort** (Figure 1).

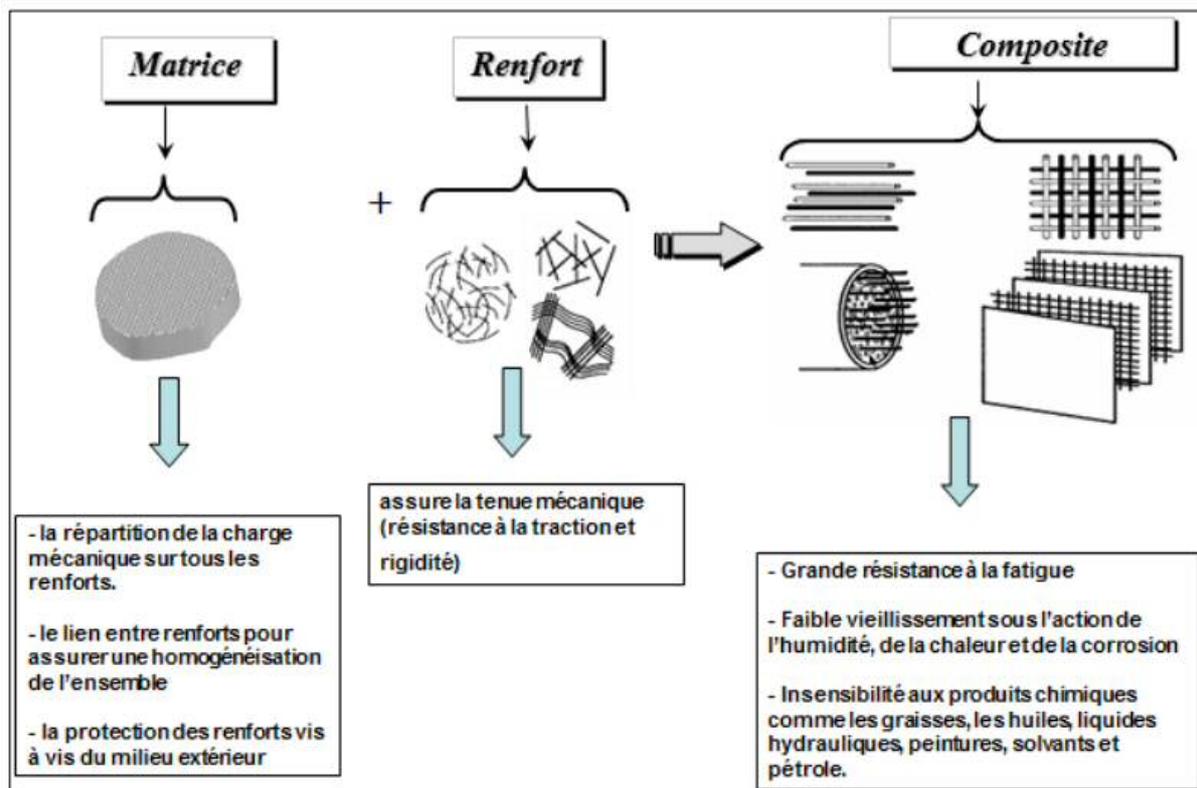


Figure 1 : composition d'un matériau composite

La **matrice** est elle-même composée d'une **résine**, **charges** et des **additifs** dont Les charges et les additifs ont pour but d'améliorer les caractéristiques mécaniques et physique du produit fini ou de faciliter la mise en œuvre.

Le premier matériau composite naturel utilisé par l'humanité fut le bois (fibre de cellulose). Parmi les premiers composites fabriqués par l'homme, nous citons les arcs sino-mongols (2000 ans av. J-C.), dans les années 1500 avant Jésus-Christ, les premiers Égyptiens utilisaient le torchis (mélange d'argile et de paille) pour construire des bâtiments rigides et durables, les sabres japonais traditionnels à partir de VIIème siècle (assemblage de fines lames métalliques). En 1823, Charles Macintosh crée l'imperméable en recouvrant du tissu

(coton) avec du caoutchouc et en 1829. En 2009 on a l'avion Boeing787, qui contient 50% de composite.



Mur en torchis



Arc sino-mongol

Les propriétés des matériaux composites résultent de :

- Les propriétés des matériaux constituants.
- Leurs distributions géométriques.
- Leurs interactions.

Ainsi, pour accéder à la description d'un matériau composite, il sera nécessaire de spécifier :

- La nature des constituants et leurs propriétés.
- La géométrie du renfort, et sa distribution.
- La nature de l'interface : matrice-renfort.

La géométrie du renfort sera caractérisée par : sa forme, sa taille, sa concentration et sa disposition (son orientation).

Le principal intérêt de l'utilisation des matériaux composites provient de ses excellentes caractéristiques. Ils disposent d'atouts importants par rapport aux matériaux traditionnels. Ils apportent de nombreux avantages fonctionnels à savoir :

- Légèreté
- Grande résistance à la fatigue
- Liberté de formes
- Maintenance réduite
- Faible vieillissement sous l'action de l'humidité, de la chaleur, de la corrosion (sauf au carbone)
- Insensibles aux produits chimiques sauf les décapants de peinture qui attaquent les résines.
- Une bonne isolation électrique.

## **2- Classification des matériaux composites:**

Il existe aujourd'hui un grand nombre de matériaux composites qui peuvent être classés suivant différents critères (La nature de la matrice et la nature du renfort) ou selon l'objectif recherché via leurs utilisations. Si l'optimisation des coûts est le principal objectif, on parlera de composites 'grande diffusion'. En revanche, pour une utilisation dans le but d'optimiser les performances mécaniques ou thermiques, liées à une réduction de poids, on parlera de composite 'hautes performances'.

### **2.1. Classification suivant la forme des constituants**

En fonction de la forme des constituants, les composites sont classés en deux grandes classes : les matériaux composites à particules et les matériaux composites à fibres.

#### **2.1.1 Composites à fibres**

Un matériau composite est un composite à fibres si le renfort se trouve sous forme de fibres. Les fibres utilisées se présentent soit sous forme de fibres continues, soit sous forme de fibres discontinues : fibres coupées, fibres courtes, etc. L'arrangement des fibres, leur orientation permettent de moduler à la carte les propriétés mécaniques des matériaux composites, pour obtenir des matériaux allant de matériaux fortement anisotropes à des matériaux isotropes dans un plan. Le concepteur possède donc là un type de matériau dont il peut modifier et moduler à volonté les comportements mécanique et physique en jouant sur :

- la nature des constituants,
- la proportion des constituants,
- l'orientation des fibres,

#### **2.1.2 Composites à particules**

Un matériau composite est un composite à particules lorsque le renfort se trouve sous forme de particules. Une particule, par opposition aux fibres, ne possède pas de dimension privilégiée. Les particules sont généralement utilisées pour améliorer certaines propriétés des matériaux ou des matrices, comme la rigidité, la tenue à la température, la résistance à l'abrasion, la diminution du retrait, etc. Dans de nombreux cas, les particules sont simplement utilisées comme charges pour réduire le coût du matériau, sans en diminuer les caractéristiques.

Le choix de l'association matrice-particules dépend des propriétés souhaitées. Par exemple, des inclusions de plomb dans des alliages de cuivre augmenteront leur facilité d'usinage. Des particules de métaux fragiles tels le tungstène et le chrome, incorporées dans des métaux ductiles, augmenteront leurs propriétés à températures élevées, tout en conservant le caractère ductile à température ambiante.

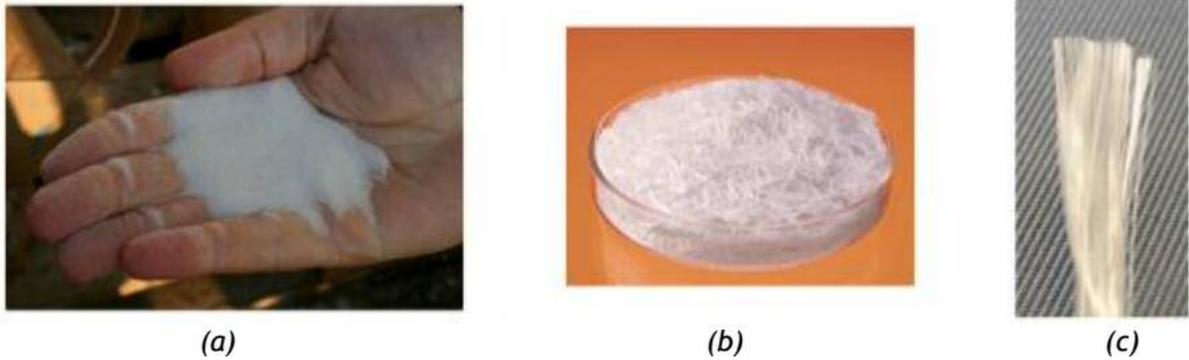


Figure 1 : Exemples de renforts en verre : (a) particules (microbilles creuses), (b) fibres courtes, (c) fibres longues.

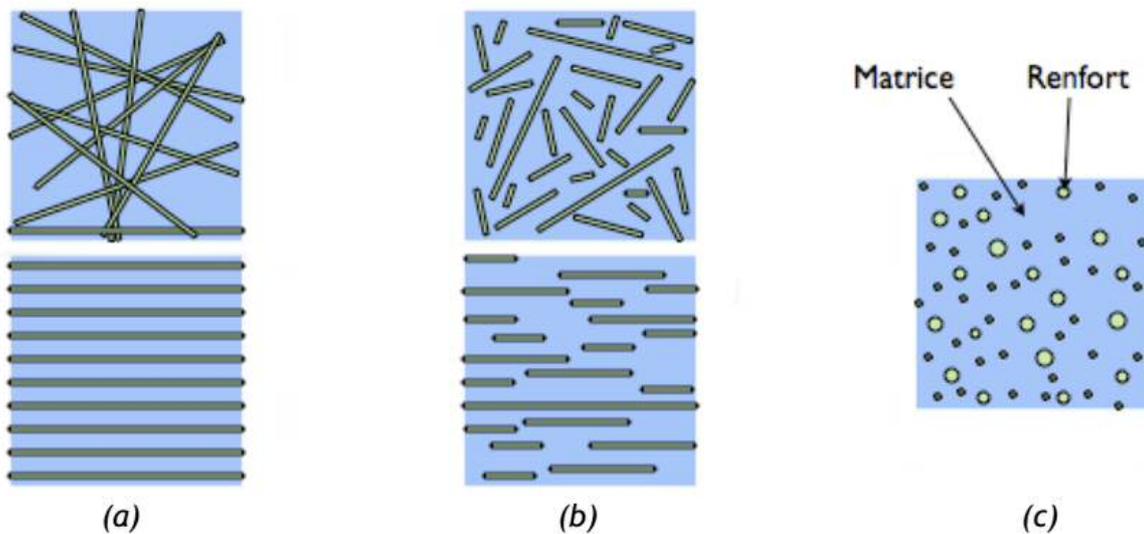


Figure 2: Les structures géométriques des composites : (a) fibres longues, (b) fibres courtes, (c) particules.

## 2.2. Classification suivant la nature des constituants

Selon la nature de la matrice, les matériaux composites sont classés suivant des composites à matrice organique, à matrice métallique ou à matrice céramiques. Divers renforts sont associés à ces matrices. Seuls certains couples d'associations ont actuellement un usage industriel, d'autres faisant l'objet d'un développement dans les laboratoires de recherche. Parmi ces composites, nous pouvons citer :

**2.2.1. Les composites à matrices organiques (CMO)** qui constituent, de loin, les volumes les plus importants aujourd'hui à l'échelle industrielle.

Composites à matrice organique (résine, charges), avec :

- des fibres minérales : verre, carbone, etc.
- des fibres organiques : Kevlar, polyamides, etc.
- des fibres métalliques : bore, aluminium, etc.

**2.2.2. Les composites à matrices métalliques (CMM)** qui tentent de concilier les qualités des métaux avec la légèreté et les caractéristiques mécaniques des structures composites.

Composites à matrice métallique (alliages légers et ultra-légers d'aluminium, de magnésium, de titane), avec :

- des fibres minérales : carbone, carbure de silicium (SiC),
- des fibres métalliques : bore,
- des fibres métallo-minérales : fibres de bore revêtues de carbure de silicium (BorSiC).

**2.2.3. Les composites à matrices céramiques (CMC)** réservés aux applications de très haute technicité et travaillant à haute température comme dans les domaines spatial, nucléaire et militaire, ainsi que le freinage.

Composites à matrice céramique, avec :

- des fibres métalliques : bore,
- des particules métalliques : cermets,
- des particules minérales : carbures, nitrures, etc.

Les matériaux composites à matrice organique ne peuvent être utilisés que dans le domaine des températures ne dépassant pas 200 à 300 °C, alors que les matériaux composites à matrices métallique ou céramique sont utilisés au-delà : jusqu'à 600 °C pour une matrice métallique, jusqu'à 1000 °C pour une matrice céramique.

### **2.3. Classification suivant l'objectif recherché**

On distingue selon l'objectif recherché via leurs utilisations deux types de composites: les composites appelés grande diffusion et les composites hautes performances.

#### **2.3.1. Grande diffusion:**

Les matériaux composites à grande diffusion offrent des avantages essentiels, qui sont : optimisation des coûts par diminution des prix de revient, sa composition de polyester avec des fibres de verre longues ou courtes.

#### **2.3.2. Hautes performances:**

Les matériaux composites à hautes performances sont utilisés dans le domaine de l'aéronautique où le besoin d'une grande performance déduite des hautes valeurs ajoutées. Les renforts sont plutôt des fibres longues. Le taux de renfort est supérieur à 50%.

### **3-Utilisation des composites**

Les matériaux composites sont employés dans un peu près tous les domaines à savoir la mécanique, le textile, le génie civil, armements et aussi dans l'aviation.

**Quelques exemples d'applications :**

- **Secteur de génie civil :**

- Le renforcement (augmentation de les performances initiales) et la réparation (retrouve les performances initiales) des structures.
- Fenêtres, portes, etc.



- **Secteur automobile**

- Utilisation de plastiques renforcés dans des nombreuses parties moulées (portières, pare-choc etc.)
- suspensions pour camion en fibre de verre.

- **Secteur ferroviaire**

- Parties moulées non structurales (panneaux isolants et phonoabsorbants, pare-choc en panneaux sandwich etc.)
- Bogies des wagons marchandises entièrement en fibre de verre, pour la diminution de la pollution sonore.

- **Secteur naval.**

- Coque en sandwich.
- Structures en composite.
- Mat et voiles en carbone.

- **Secteur aéronautique.**

- Plusieurs parties structurales et aérodynamiques sont en stratifié ou sandwich
- Freins en carbone: matrice en carbone et fibres non tissées en carbone aussi.

- **Secteur espace**

- Parties structurales de stellites en sandwich et stratifiés.
- Protections thermiques et structures à déformation thermique directionnelle nulle.

- **Secteur sport**

- Coques et freins en carbone pour voitures de compétition.
- Vélos de compétition en carbone.
- Skis et raquettes de tennis en composite.