

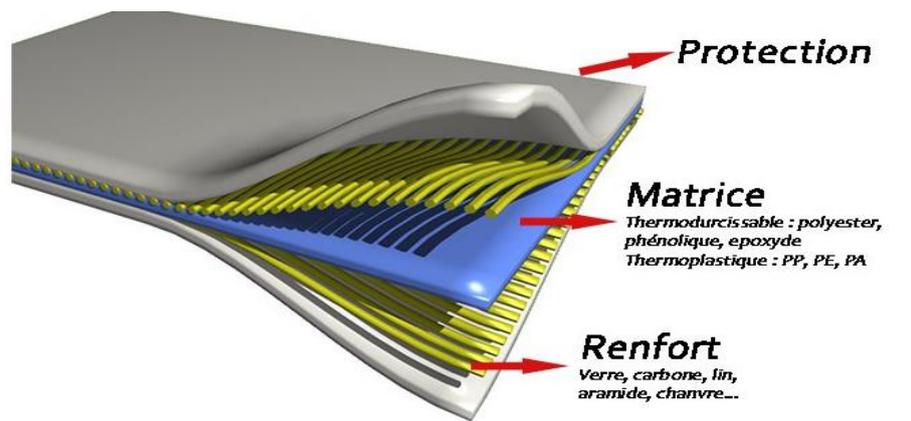
COURS N°14

Chapitre : VIII- Fabrication des pièces en matériaux composites

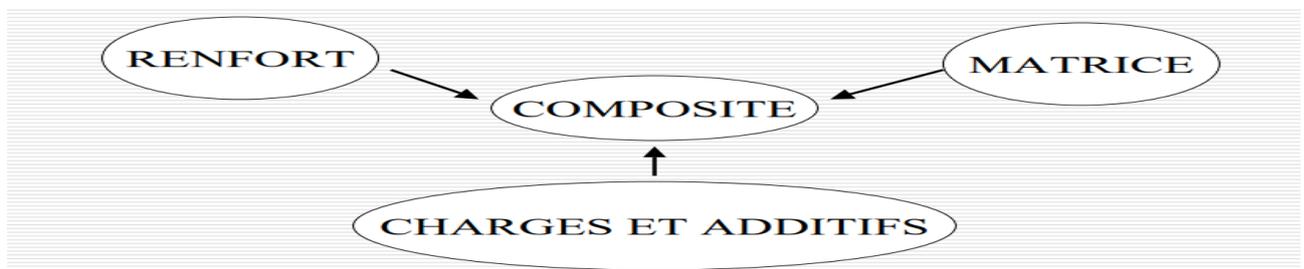
VIII.1-Introduction

Un composite est un mélange d'au moins 2 matériaux et qui possède des propriétés que les matériaux seuls ne possédaient pas. On distingue le renfort (généralement fibreux), contribuant à la résistance mécanique du matériau composite, et la matrice (généralement une résine) qui assure l'adhésion des fibres et répartit les contraintes entre elles. Après polymérisation, on ne parle plus de renfort et de matrice ou de fibres et de résine mais on a bien affaire à un nouveau matériau. Les composites les plus courants en industrie sont constitués de résine polyester et de renforts de fibres de verre. En aéronautique, on veut des matériaux hautes performances : on privilégiera les fibres de carbone et les résines époxy. Mais on peut également citer le bois et le béton armé comme de beaux exemples de matériaux composites largement rencontrés dans la vie de tous les jours.

VIII.2-Composants



Structure d'un matériau composite



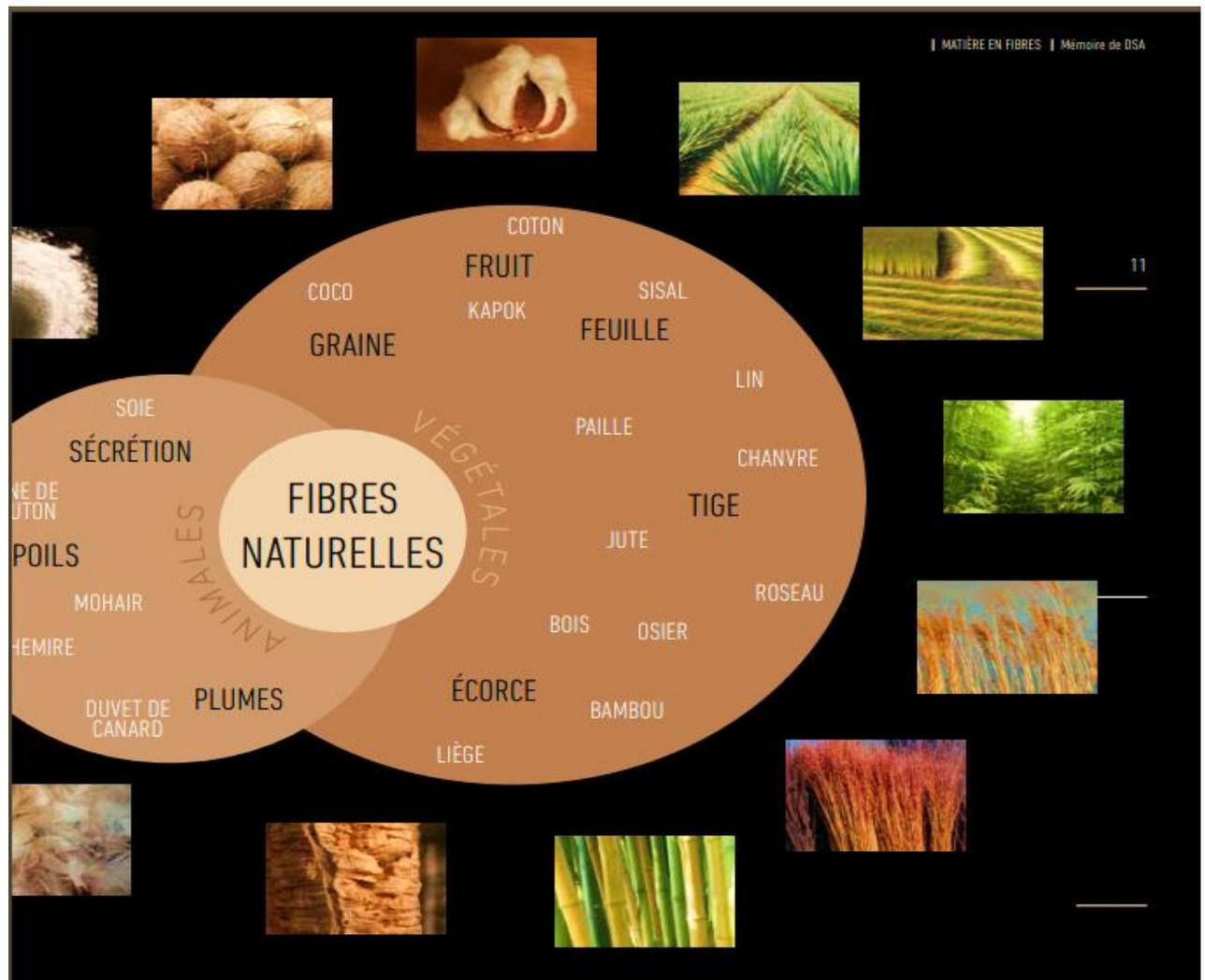
Association de deux ou plusieurs matériaux

- **Renfort** : Phase discontinue et souvent filamentaire à très hautes caractéristiques mécaniques, qui assure le principal des contraintes mécaniques, du composite (résistance et rigidité, tenue aux chocs).

- **Matrice** : Phase continue qui assure la cohésion, transfère et répartit les contraintes, protège des agressions extérieures des renforts et commande la mise en œuvre.

- **Charges et additifs** : adhérence fibre/matrice, pigments de coloration, agents anti-UV.

VIII.3- Classification des fibres (renfort).



VIII.3-1. Introduction

La fibre est la matière première qui constitue votre tissu. C'est grâce à une fibre d'origine naturelle, artificielle ou chimique que l'on crée un fil qui, une fois tissé formera une étoffe (tissu). On connaît deux grandes familles de fibres : les naturelles qui sont trouvées dans la nature et celles que l'homme crée de manière chimique.

- **Les fibres naturelles :**

Leur origine peut être végétale comme le coton et le lin ou animal comme la laine et la soie. Qui dit fibre naturelle ne dit pas forcément écologique contrairement à ce que l'on a tendance à penser. En effet, le coton est l'une des productions les plus polluantes au monde. Et sa transformation en fil l'est tout autant. Les principales fibres naturelles sont le coton, le lin, la soie, la laine.

- **Les fibres artificielles :**

Les fibres artificielles sont créées par l'homme à partir de la cellulose qui se trouve dans les végétaux (pin, bambou, eucalyptus...). Les principales fibres artificielles sont la Viscose, le Cupro, le Modal, le Lyocell et l'Acétate.

- **Les fibres synthétiques :**

Les fibres synthétiques proviennent pour la plupart du pétrole, ensuite une partie vient des végétaux (huile de ricin, maïs, soja...) ou encore du recyclage. Le gros avantage des fibres synthétiques est que la qualité ne diminue pas malgré un recyclage en boucle. Les fibres recyclées prennent une place de plus en plus grande dans l'univers du textile. Les principales fibres synthétiques sont le Polyester, le Polyamide, le Polyuréthane, l'Élasthane, l'Acrylique.

VIII.3.2-Fibres de verre

- Utilisé dans plus de 95 % des composites.
- Prix bas (environ 500da/kg).
- Grande déformation à rupture.
- Rigidité insuffisante dans certaines pièces de structure.



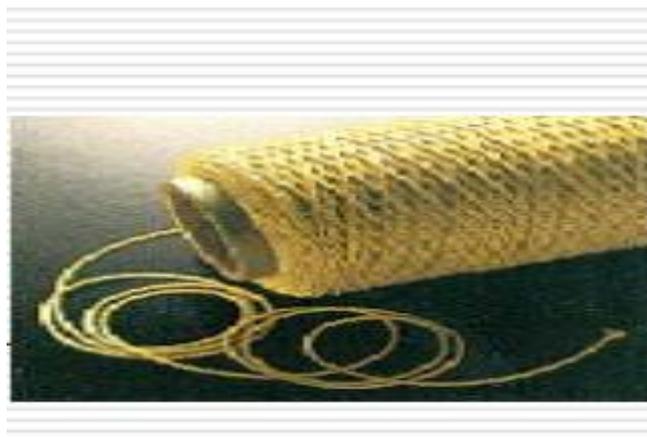
VIII.3.3- Fibres de carbone

- Très bonnes caractéristiques mécaniques.
- Prix élevé (3000da/kg).
- Allongement à rupture insuffisant.



VIII.3.4- Aramides (Kevlar ...)

- Tenue à l'impact (applications balistiques).
- Absorption des vibrations, amortissement.
- Prix élevé.



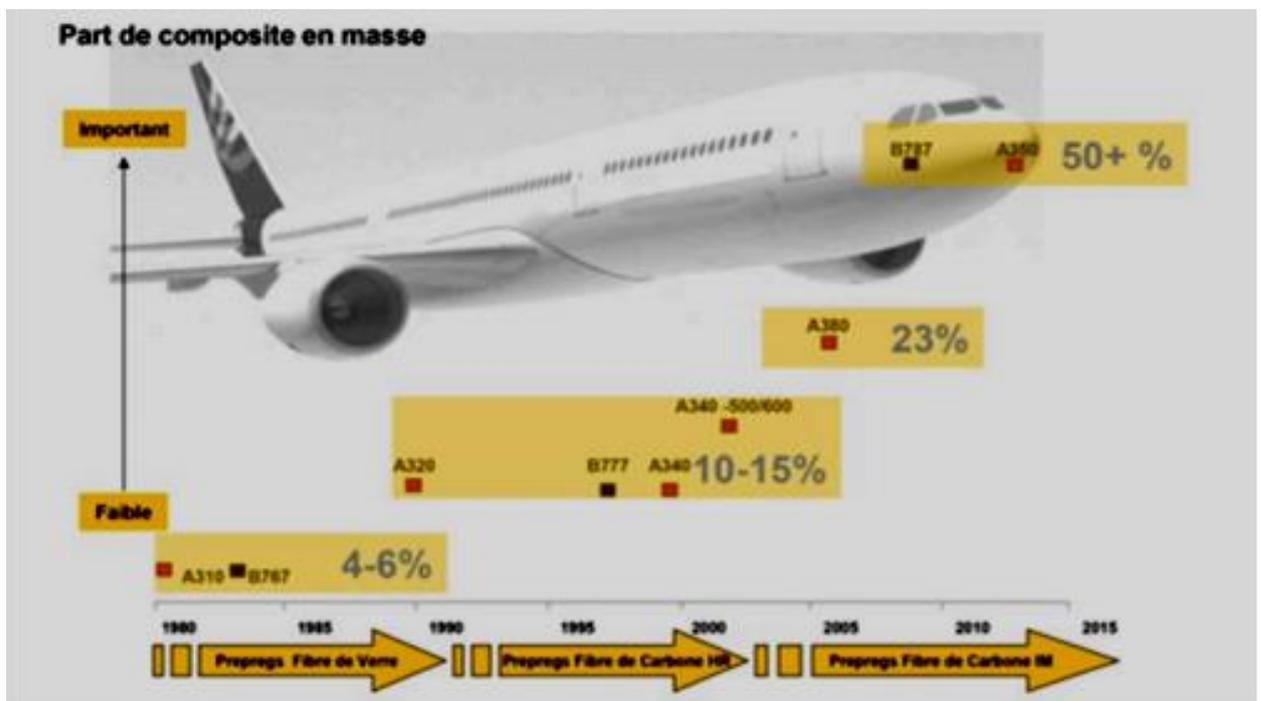
VIII.3.5- Fibres naturelles (exemple : le lin)



VIII.4-Structures des matériaux composites utilisés dans l'aéronautique

En général les matériaux composites présentent certains avantages par rapport aux autres matériaux. Ils présentent une rigidité plus élevée, d'excellentes caractéristiques mécaniques, et d'excellentes résistances à la fatigue et à la corrosion. Un autre avantage des matériaux composites est qu'ils ne favorisent pas la propagation des dommages lors de choc par exemple. Ce type de matériaux apporte aussi une grande souplesse au niveau de la conception. Néanmoins ces matériaux présentent certains inconvénients :

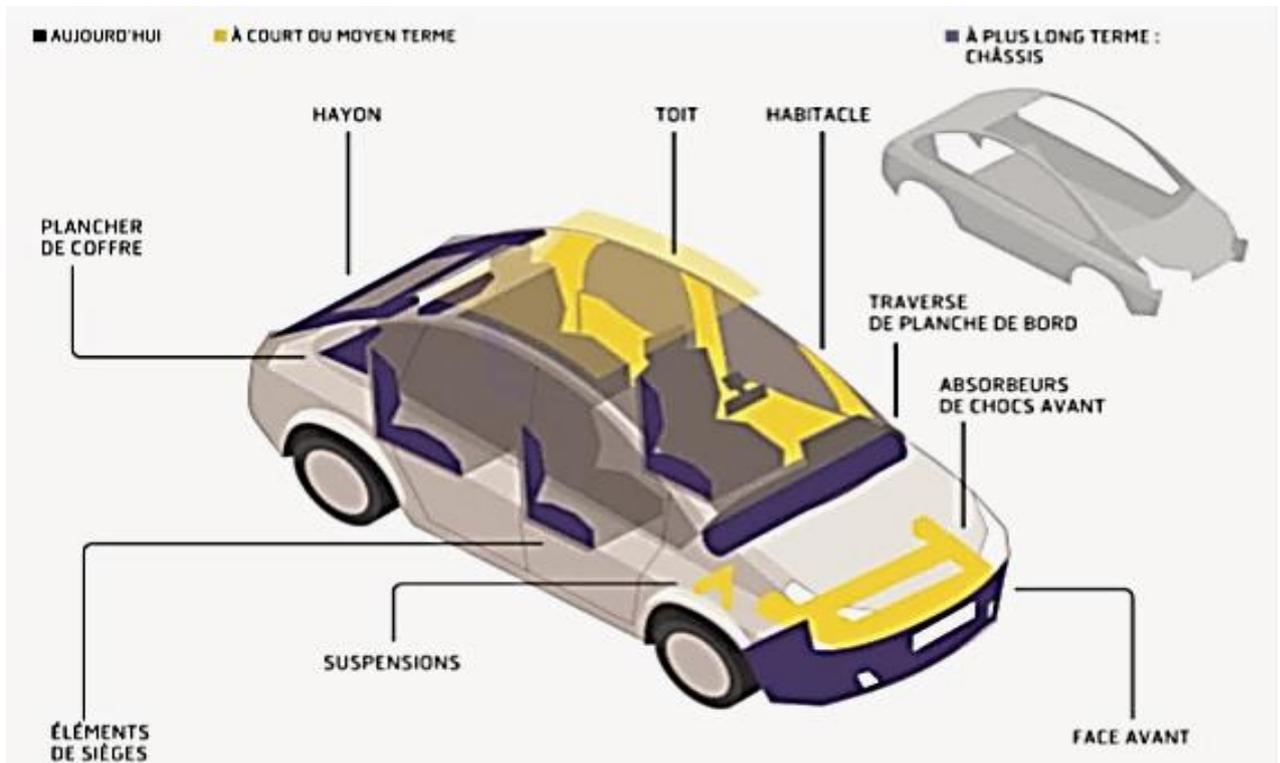
- résistance limitée aux chocs ;
- mauvaise conductivité électrique ;
- tenue limitée aux températures élevées ;
- sensibilité au vieillissement en milieu humide.



| Appareils | Alliages Al | Alliages Ti | Composites org | Aciers | Autres |
|-----------|-------------|-------------|----------------|--------|--------|
| A310 | 67 % | 5 % | 10 % | 13 % | 5 % |
| A320 | 58 % | 6 % | 20 % | 13 % | 3 % |
| A330/A340 | 73 % | 6,5 % | 10 % | 7,5 % | 3 % |
| A380 | 75 % | 7 % | 8 % | 7 % | 3 % |

VIII.5-Structures des matériaux composites utilisés dans l'automobile

Si les composites à fibres de verre ou de carbone répondent très bien à la demande d'allègement de l'industrie automobile et à l'obligation de diminuer les émissions de CO₂, leur coût reste encore prohibitif pour des applications grandes série sur des véhicules de masse. A ce problème de coût vient s'ajouter la faible réparabilité de ces matériaux et la difficulté de simuler le comportement en crash. Mais ces verrous techniques seront levés progressivement et l'automobile prévoit d'introduire massivement les matériaux composites sur les véhicules vers 2030 en substitution aux matériaux métalliques (acier, fonte, aluminium).



La place des matériaux composites dans une automobile en 2014

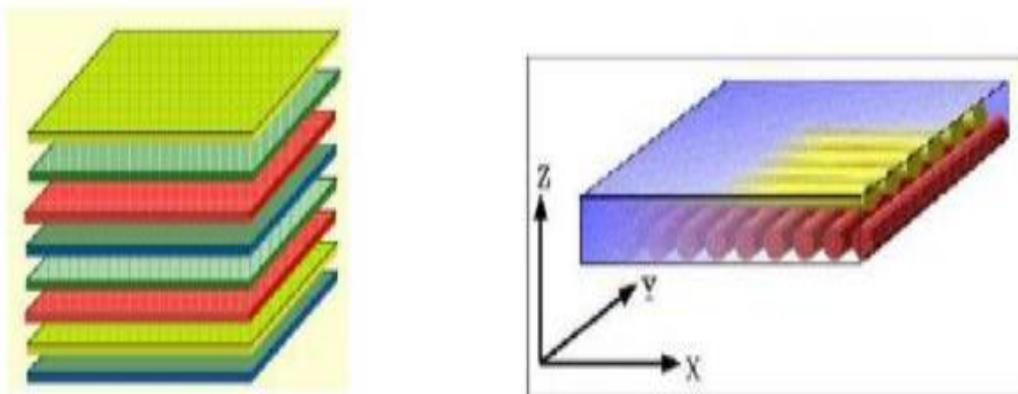


Un véhicule plus léger consomme moins de carburant, et rejette donc moins de dioxyde de carbone (CO₂), l'un des principaux responsables de l'effet de serre.

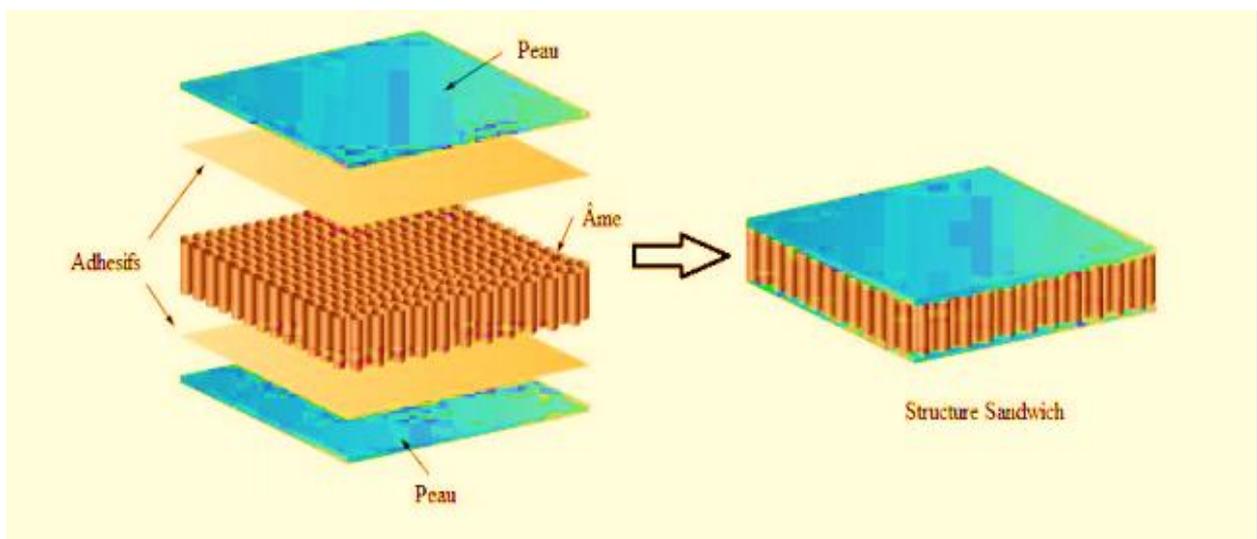
On considère qu'en moyenne, 13 kg = 1 g CO₂ par km parcouru.

| EXEMPLES DE MATÉRIEAUX COMPOSITES | EXEMPLES DE CONSTITUANTS | EXEMPLES D'APPLICATION |
|---|--|---|
| 1. A matrice minérale Béton Béton armé Composite carbone/carbone Composite céramique/céramique | Ciment, graviers, sable. Acier, béton. Fibres de carbone, matrice carbone. Fibres de céramique, matrice céramique. | Bâtiment, génie civil. Aérobalistique, biomédical. Pièces thermomécaniques. |
| 2. A matrice organique Papier et carton. Panneaux de particules. Panneaux de fibres. Contreplaqués. Composites de glissement. Toiles enduites non tissés. Composites d'étanchéité Pneumatiques. | Fibres cellulosique, charges, résines. Copeaux de bois, résine. Feuillet de bois, colle. Teflon, carbone, sulfure de molybdène. Tissus, résines souples. Fibre de synthèse, latex. Armatures textiles, bitume, élastomères. | Emballage, imprimerie. Menuiserie, ébénisterie. Bâtiment. Pièces mécaniques (paliers, coussinets). Bâtiment, sport, plein air. Lingerie, travaux publics. Toitures, revêtement de terrasse. Joint étanchéité hydraulique. Automobile. |

Exemples de matériaux composites



Structures en matériaux composites stratifiés



Structures en matériaux composites sandwich