

# Les composites : des matériaux d'avenir

## Partie 1 : Introduction

### Définition

---

Un matériau composite est un assemblage d'au moins deux composants non miscibles, de structure différente et dont les qualités individuelles se combinent et se complètent pour donner des performances globales améliorées.

Cette définition est très générale puisqu'elle englobe les papiers/cartons, les panneaux de particules, les toiles enduites, les pneumatiques, les revêtements d'étanchéité, les bétons etc.

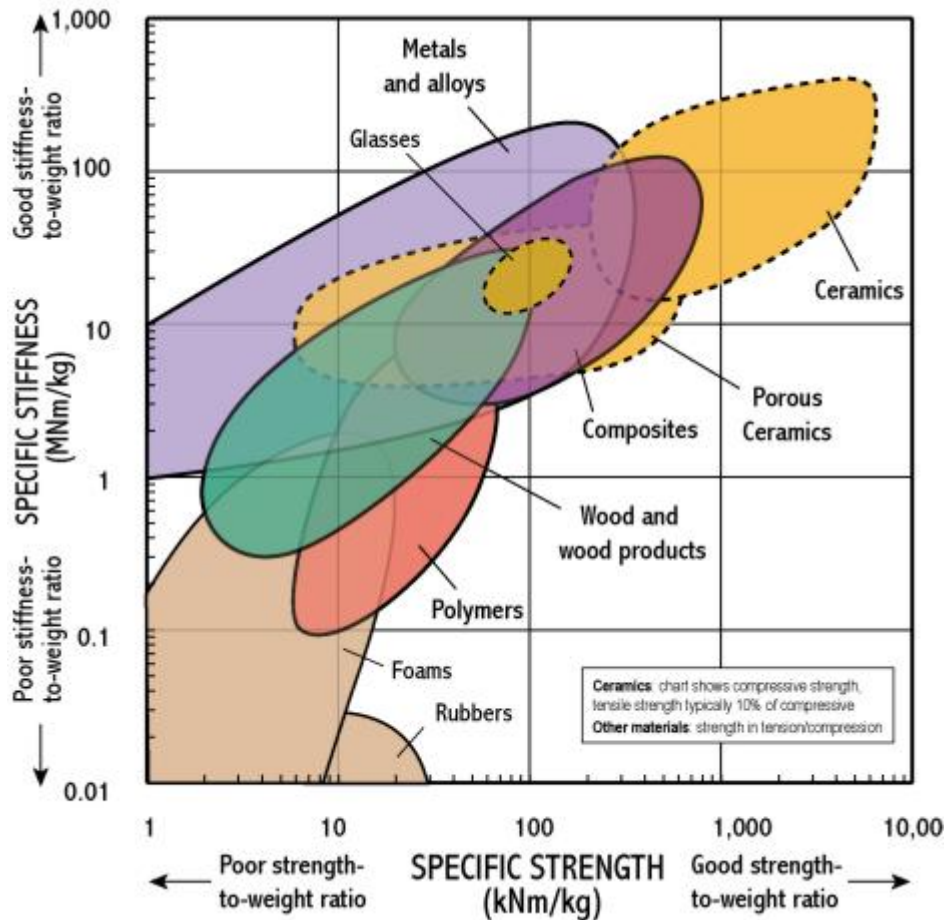
Dans cette série de publications, on retiendra les composites constitués

- D'une matrice polymère thermoplastique ou thermodurcissable qui apporte au matériau sa forme et sa cohésion, distribue les contraintes et protège les fibres de l'environnement. De renforts, principalement sous forme de fibres longues ou continues, dont la fonction est d'apporter résistance et rigidité
- D'autres composants et additifs : compatibilisants, stabilisateurs UV, charges conductrices, retardateurs de flamme...

Les matrices des composites peuvent également être métalliques (Metal Matrix Composite), céramiques (CMC Ceramic Matrix Composite) ou carbone (CC Carbone-Carbone). Ces matériaux, bien que servant des marchés modestes, de niche, présentent des propriétés intéressantes et feront également l'objet d'un article.

Un des grands atouts des composites est que les propriétés sont ajustables en fonction des paramètres de conception tels que la nature, le taux, l'orientation et l'architecture des fibres, l'agencement des plis et la nature de la matrice. Le matériau composite peut être isolant ou conducteur électrique et/ou thermique, avoir un

coefficient de dilatation thermique spécifique à l'application visée, être optimisé pour l'absorption d'énergie (impact, acoustique). Il peut prendre des géométries complexes et/ou avoir de grandes dimensions et intégrer de nombreuses fonctionnalités (inserts, éléments décoratifs, protection, ...). Il trouve des applications dans les domaines "low cost" comme "high tech".



©Cambridge University Engineering Dpt

## Les matrices

Les matrices des composites sont classiquement des thermodurcissables : ce sont des résines liquides, de faible viscosité, qui durcissent au cours d'un cycle de polymérisation irréversible et qui, de ce fait, sont non recyclables par fusion : polyester surtout, vinyl ester, époxy, phénolique, cyanate ester...

Les matrices thermoplastiques prennent de plus en plus d'importance. Elles ont une viscosité élevée et se mettent en œuvre par fusion au cours d'un cycle réversible. Ce sont des PP, PA, PBT, PEI, PPS, PEEK...

### Thermodurcissables

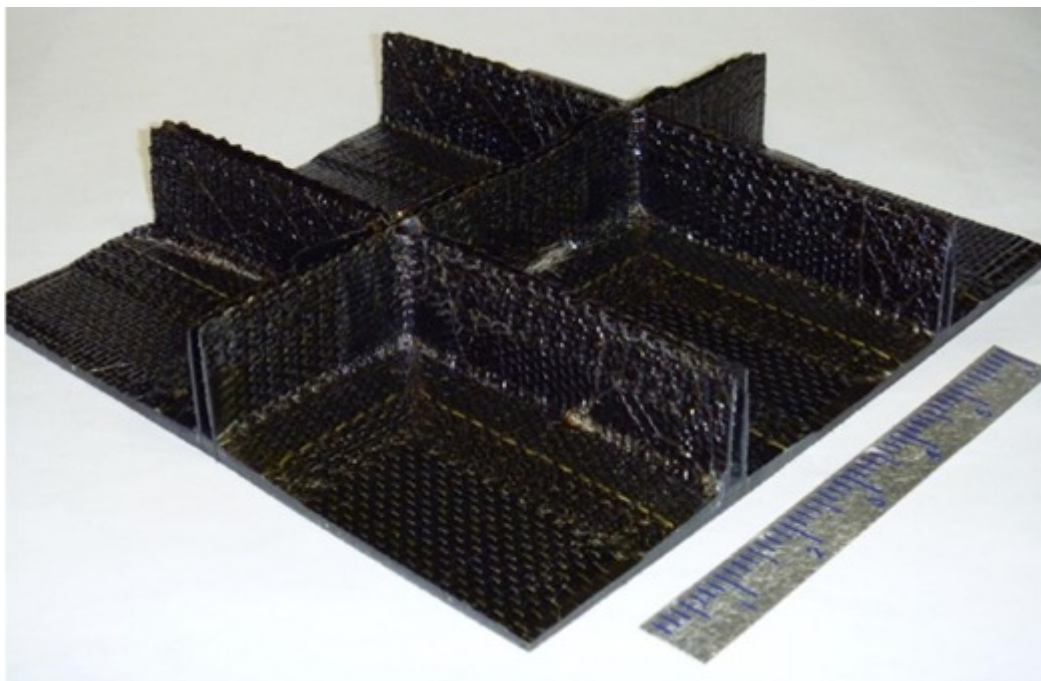
Les composites thermodurcissables conventionnels présentent plusieurs inconvénients :

- Leur mise en oeuvre dégage des produits volatils tels que le styrène;
- Les cycles de fabrication sont longs puisqu'ils comportent une phase de polymérisation.
- Le matériau n'est pas recyclable par refusion.

Ces dernières années, beaucoup d'efforts ont été portés pour résoudre ces problèmes. On a développé des résines à bas styrène, des matières à durcissement rapide, compatibles avec des productions de masse, des modes de mise en oeuvre efficace (chauffage par induction des moules, technologies à moule fermé...) et diverses formes de recyclage.

Le polyuréthane rencontre un intérêt croissant dans l'objectif de réduire les temps de cycle de fabrication. Son utilisation se limite normalement à des petites pièces ou à des processus continus comme la pultrusion car la viscosité augmente rapidement après le mélange des deux composants. Mais de nouveaux systèmes résines/catalyseurs permettent aujourd'hui de régler le temps de gel et le profil de viscosité de sorte que certains PU peuvent être utilisés dans des procédés RTM, VARTM, enroulement filamentaire et autres.

Les résines haute température, disponibles depuis plus de 15 ans, connaissent des progrès en termes de processabilité et de ténacité qui permettent d'élargir leurs applications en dehors du militaire ou de l'aéronautique. Ce sont les polyimides, les esters cyanates, les bismaleimides, les benzoxazines, les phthalonitriles, les phénoliques, certaines résines nanocomposites...



© Vector Composites

## Thermoplastiques

Les composites thermoplastiques renforcés de fibres continues (CFRP) sont aujourd'hui largement disponibles : le choix des matériaux et des produits est plus vaste et les acteurs (fournisseurs, transformateurs) plus nombreux. Des applications industrielles, de grande série, apparaissent, dans l'automobile ou l'aéronautique.

Ces matériaux avant consolidation peuvent se présenter sous forme d'un mélange de fibres de renfort et de thermoplastique. Dans d'autres matières, les fibres de renfort sont recouvertes du polymère qui deviendra la matrice. Les constituants peuvent aussi être arrangés sous forme de laminats.

Tous ces systèmes sont commercialisés en différentes combinaisons renforts/résine (PA12, PBT, PPS, LCP, PEEK + carbone, verre, para-aramide).

Le choix des matières thermoplastiques est vaste : plastiques de commodité, plastiques techniques, plastiques hautes performances etc. Le choix s'opère en fonction de critères tels que la densité, la température d'utilisation, la résistance chimique... et bien sur le coût.

Les matrices hautes performances sont de plus en plus demandées car les applications exigeantes sont elles aussi en augmentation.

Les matériaux biodégradables et/ou biosourcés font l'objet de beaucoup d'intérêt, qu'il s'agisse de matrices issues de ressources renouvelables ou de fibres naturelles. Jusqu'ici, les matrices bio se rencontrent surtout dans les composites à fibres végétales courtes, mais les applications évoluent vers des produits plus techniques.

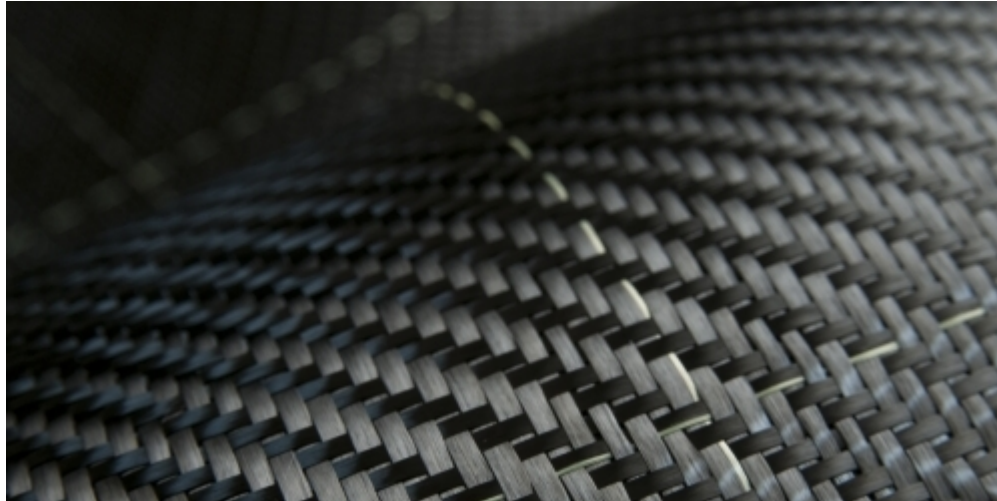
## Les renforts

---

Les fibres de verre représentent 95% du marché des composites. Leur production pour les composites est estimée à 250 000 t/an. Celle des fibres de carbone atteint 30 000 t et celle des fibres naturelles 40 000 t.

Les principales caractéristiques des fibres de verre sont le faible coût, la résistance mécanique et les propriétés d'isolation thermique et électrique.

Les fibres de carbone sont utilisées dans les composites structuraux à haute performance. Elles sont conductrices thermiques et électriques.



©Gurit

Les fibres d'aramide (Kevlar par exemple) sont utilisées pour leurs bonnes performances d'amortissement. Elles ont une résistance spécifique élevée, une faible résistance en compression, une excellente résistance à l'impact et à la coupure.

Des renforts hybrides tels que carbone/aramide, carbone/verre dans une même couche ou dans différents plis de la même structure sont utilisés pour combiner les propriétés des unes et des autres.

Les fibres naturelles, qui ne sont pas nouvelles dans les composites, font une importante percée actuellement.

Parmi les fibres de renfort moins courantes, on peut citer

- les fibres UHMWPE, à ultra haut poids moléculaire (comme le Dyneema de DSM), qui résistent particulièrement bien à l'impact. Elles ont un faible coefficient de frottement mais leur température d'utilisation est limitée.
- Les fibres métalliques, utilisées pour le blindage électromagnétique ou la décharge électrostatique. Leur densité est élevée.
- la fibre de basalte, caractérisée par un excellent comportement en température, de bonnes propriétés d'isolation thermique et acoustique, une bonne résistance mécanique etc. Elle est plus ductile que la fibre de verre et moins coûteuse que le renfort de carbone.

## Marchés

---

Dans les trente dernières années, l'industrie du composite a connu une confortable croissance, parallèlement au développement économique général et grâce à la pénétration plus importante de ce matériau dans des marchés clés tels que la construction, l'éolien, l'aéronautique, l'automobile. On atteint aujourd'hui un marché mondial de 68 milliards € pour 7.9 Mt.

Depuis la crise économique, cependant, comme le marché des composites est fortement lié à ceux des secteurs utilisateurs, la production a connu une chute



globale de -3%/an. On observe toutefois une certaine relance, tout au moins dans certaines régions du monde.

Les composites font malgré tout preuve d'une grande vitalité et les innovations se succèdent. Les tendances principales, qui seront développées dans une série d'autres articles, sont résumées ici :

1. La croissance du marché est due au développement des pays émergents, particulièrement en Asie. Elle est en relation directe avec la santé de l'économie. Ces pays sont en phase d'équipement et la demande en biens divers y est grande..
2. Les composites à matrice thermoplastique se développent plus rapidement que les thermodurcissables.
3. Selon certains spécialistes, les composites au carbone seraient prêts à être introduits dans les applications de masse, via l'automobile notamment. Mais les incertitudes actuelles sur les marchés utilisateurs laissent la question ouverte.
4. Les composites "éco" ou "bio" rencontrent de l'intérêt et l'utilisation des fibres naturelles se professionnalise. Peu de produits "full bio", toutefois, sont renforcés de fibres longues naturelles. Ce marché devrait croître fortement dans les dix prochaines années.
5. Les architectures de renfort sont de plus en plus complexes et "intelligentes" : 2.5 D ou 3 D, en triaxial ou multiaxial. Des solutions sont proposées pour obtenir des structures de renforts beaucoup plus déformables. Les préformes 3 D s'imposent.
6. Les nanotubes de carbone se répandent. Ils sont ajoutés aux prépregs époxy ou aux résines de stratification pour améliorer la résistance à la rupture et la stabilité dimensionnelle ou pour modifier les conductibilités.
7. Les productions s'automatisent fortement. L'industrie des composites se déplaçant des faibles volumes vers les applications de masse, l'automatisation est indispensable et s'accompagne d'une accélération des temps de cycle.
8. Les systèmes out-of-autoclave (OOA) prennent leur essor. Ils permettent de produire des pièces composites rapidement, plus efficacement et avec un excellent fini de surface dans un environnement hors autoclave. La technique est plus flexible, demande des outillages moins coûteux, beaucoup moins d'investissement, et est plus économe en énergie. Les techniques d'injection de résine (RTM et autres) sont en croissance.
9. La nécessité de résoudre les problèmes du recyclage des composites est de plus en plus pressante avec l'arrivée d'applications de masse. Peu de progrès ont été réalisés ces dernières années, mais la question reste à l'ordre du jour.

10. Les structures composites intégrées, conçues et fabriquées en une seule étape sont une des tendances fortes actuelles. La combinaison de multiples processus permet une fabrication à faible consommation énergétique et une automatisation avancée. Une technique de mise en oeuvre intéressante consiste à thermoformer des feuilles renforcées de fibres continues et à les surmouler par injection classique avec un polymère renforcé de fibres courtes.
11. L'aéronautique, l'automobile et l'éolien sont des secteurs innovants. Les composites dans le premier créneau se développent (11%/an) grâce aux efforts continus pour produire des avions plus légers. L'automobile reste créative et investit dans les composites au carbone, mais ce secteur est très sensible à la situation économique. L'éolien consomme de plus en plus de composites (croissance de 16%/an), mais son avenir est lié aux politiques, assez incertaines aujourd'hui, des pouvoirs publics.



©EireComposites

## Conclusions

---

Les matériaux composites, après avoir suscité beaucoup d'espoir dans les années 80-90, étaient un peu "passés de mode". De nombreuses entreprises dans le secteur n'avaient pas pu passer du stade de l'artisanat et de la mise en œuvre manuelle à la professionnalisation rendue nécessaire notamment par les nouvelles exigences en matière de sécurité, hygiène et environnement.

Aujourd'hui, les composites apparaissent de nouveau comme des matériaux d'avenir et la R&D leur insufflent une nouvelle dynamique.

*Cet article fait partie d'une série de chroniques techniques s'adressant aux industriels souhaitant renforcer leurs connaissances dans le domaine des matériaux composites. Il a été rédigé dans le cadre du projet +Composites ([www.pluscomposites.eu](http://www.pluscomposites.eu)).*

*Copyright partenaires du consortium +Composites.*