

## **Les nanocomposites à base de polymères : vers de nouveaux matériaux légers ultraperformants**

Jean-Michel THOMASSIN, Christine JÉRÔME

Centre d'Étude et de Recherche sur les Macromolécules (CERM),

Université de Liège, Sart Tilman, B6a, 4000 Liège. [jm.thomassin@ulg.ac.be](mailto:jm.thomassin@ulg.ac.be)

Les matériaux composites sont constitués de plusieurs composants élémentaires, dont l'association confère un ensemble de propriétés qu'aucun des composants, pris séparément, ne possède. Dès lors, ils peuvent répondre aux cahiers des charges de nombreuses applications et leur utilisation ne fait que s'accroître aux cours de ces dernières années. Les composites à base de polymères (molécules de grandes tailles généralement appelées « plastiques » dans le langage commun) représentent la classe la plus importante de ces nouveaux types de matériaux de par les nombreux avantages que ces matrices organiques apportent, comme la facilité de mise en œuvre, leur faible coût, leur résistance à la corrosion et, leur atout majeur par rapport aux composés métalliques, leur faible poids. Citons, à titre d'exemple, des applications dans le domaine automobile (chassis, pare chocs...), aéronautique, des câbles pour ponts et des tuyauteries anticorrosions (Figure 1 et 2). La formation du composite se fait par ajout de charges, généralement inorganiques, afin d'améliorer les performances du matériau polymère en terme de rigidité, de résistance au feu et dans certains cas de conductivité électriques. Ces charges sont généralement sous forme de fibres de diamètre supérieure à 1 micromètre. Les exemples les plus représentatifs sont les fibres de verre (Figure 3a), les fibres à base de polymères à rigidité élevée et les fibres de carbone (figure 3b) (1).



Figure 1 : Exemples d'applications des composites à base de polymères.

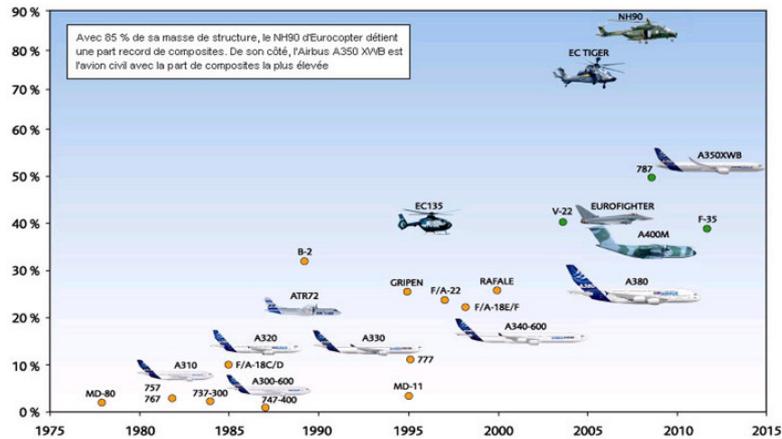


Figure 2 : Pourcentage des matériaux composites dans le domaine aéronautique en fonction des années.

Cependant, l'efficacité des performances attendues par l'ajout de ces charges est à reliée à la quantité de surface des interfaces et, pour certains cas, de la capacité de la charge à former un réseau tridimensionnel (Figure 4) au sein de la matrice ce qui nécessite généralement, dans le cas de ces additifs microscopiques, une concentration importante en charge. Les propriétés de la matrice polymère en terme de processabilité s'en trouvent fortement affectées. Dès lors, depuis deux décennies, de nouvelles charges, aux dimensions nanoscopiques font leur apparition afin d'atteindre les mêmes niveaux de performances à des taux de charges bien inférieures. Leurs faibles dimensions permettent en effet d'augmenter les interfaces polymères-charges et de faciliter la création du réseau tri-dimensionnel.

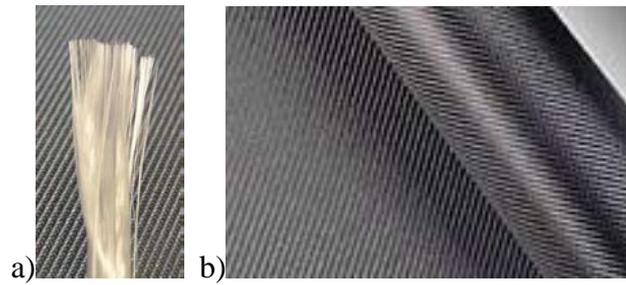


Figure 3 : a) Fibre de verre et b) Fibre de carbone

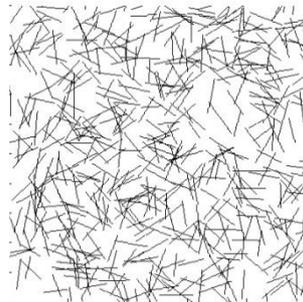


Figure 4 : Formation d'un réseau tri-dimensionnel par les nanocharges. La formation de ce réseau sera d'autant plus facile que la taille de la charge diminue et que son facteur de forme augmente.

Les renforts des composites sont considérés comme nanocharges si au moins une de leurs dimensions morphologiques est inférieure à 100 nm. Elles peuvent être classées en fonction de leur géométrie, c'est-à-dire nanoparticules, nanotubes ou nanofibres et nanofeuillets (Figure 5). Les deux derniers types ont l'avantage de posséder un facteur de forme qui sera d'autant plus grand que leurs diamètres ou épaisseurs sont petits et qui permet d'atteindre la formation de réseaux tri-dimensionnel à des taux de charges extrêmement faibles. Les nanofeuillets ont également l'avantage d'offrir des obstacles à la perméation de composés à travers le matériau (Figure 6) ce qui est particulièrement intéressant dans le domaine des membranes et des emballages. Comme le démontre notamment la figure 6, l'amélioration attendue par l'ajout des nanocharges ne sera optimale que si une dispersion

isolée des nanorenforts au sein de la matrice est atteinte ce qui représente un challenge dans la plupart des cas (2). En général, une modification de la nanocharge par des macromolécules, identiques ou compatibles, à celles de la matrice est réalisée afin d'augmenter leurs affinités et la qualité de dispersion comme schématisé à la figure 7.

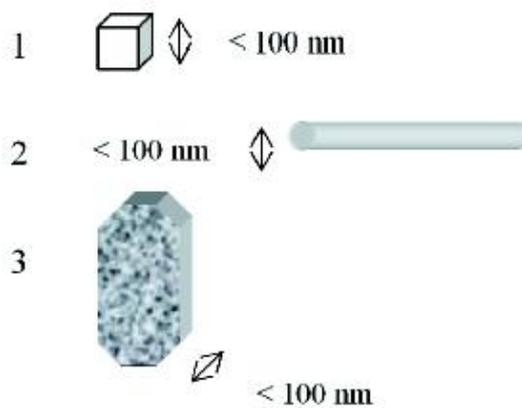


Figure 5 : Type de nanocharges : a) les nanoparticules (les 3 dimensions sont inférieures à 100 nm), b) les nanotubes ou nanofibres (2 dimensions sont inférieures à 100 nm) et c) les nanofeuillets (1 dimension est inférieure à 100 nm)

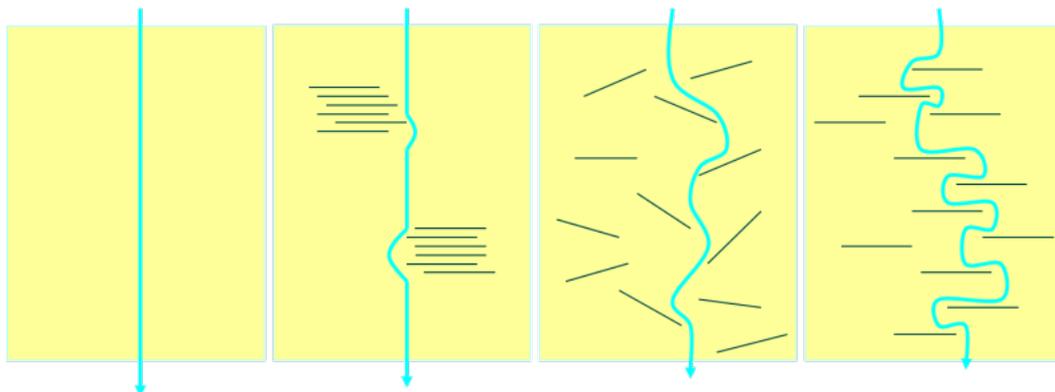


Figure 6 : Illustration de l'effet barrière obtenue par la dispersion de nanofeuillets dans une matrice polymère.

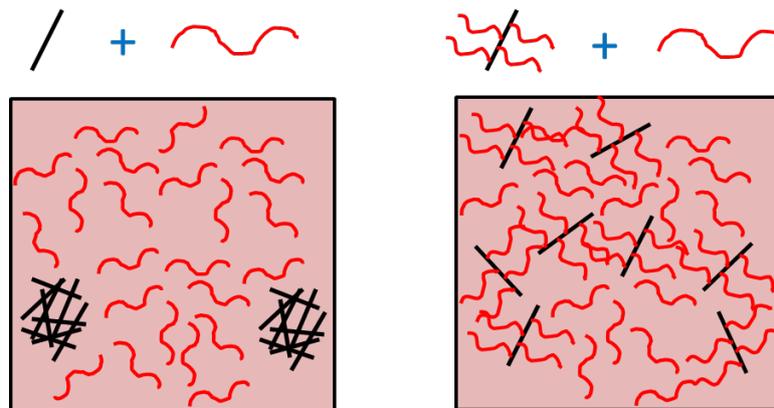


Figure 7 : Effet de la modification de la nanocharge sur la qualité de sa dispersion.

Parmi ces nanorenforts, les charges à base de carbone sont particulièrement intéressantes car en plus d'améliorer les propriétés traditionnelles, elles sont capables de conférer aux matériaux une conductivité électrique ce qui étend la gamme d'application envisageable avec ces nanocomposites. Notamment, des matériaux absorbant les rayonnements électromagnétiques ont été synthétisés (3) en vue, par exemple, de limiter les interférences dans les hôpitaux et de rendre des véhicules furtifs (figure 8). Des nanocharges carbonées de toute forme peuvent être trouvées comme des sphères (noir de carbone (4), fullerènes), des nanotubes (nanotubes de carbone (5, 6) et des feuillets (graphène) (7, 8) (Figure 9).

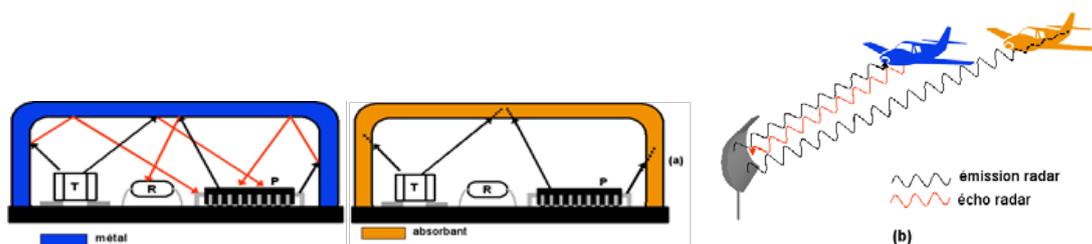


Figure 8 : Applications des matériaux nanocomposites absorbeurs des rayonnements électromagnétique : a) boîtier avec limitation des interférences entre composants électriques et b) avion furtif. à gauche : matériau métallique, à droite : matériau absorbant.

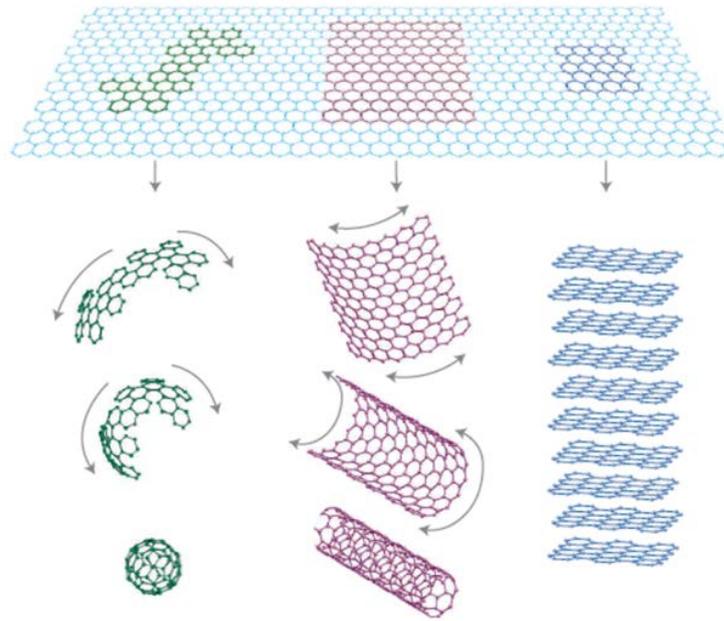


Figure 9 : Représentation des a) fullerènes, b) nanotubes de carbone et c) feuillets de graphène.

1. C. E. Bakis *et al.*, Fiber-reinforced polymer composites for construction-state-of-the-art review. *Journal of Composites for Construction* **6**, 73 (2002).
2. M. Alexandre, P. Dubois, Polymer-layered silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of a new class of materials. *Mater. Sci. Eng., R* **R28**, 1 (2000).
3. J. M. Thomassin *et al.*, Polymer/carbon based composites as electromagnetic interference (EMI) shielding materials. *Materials Science and Engineering: R: Reports* **74**, 211 (2013).
4. J.-C. Huang, Carbon black filled conducting polymers and polymer blends. *Adv. Polym. Technol.* **21**, 299 (2002).
5. J. N. Coleman, U. Khan, Y. K. Gun'ko, Mechanical reinforcement of polymers using carbon nanotubes. *Adv. Mater. (Weinheim, Ger.)* **18**, 689 (2006).
6. M. Moniruzzaman, K. I. Winey, Polymer Nanocomposites Containing Carbon Nanotubes. *Macromolecules* **39**, 5194 (2006).
7. H. Kim, A. Abdala, C. W. Macosko, Graphene/Polymer Nanocomposites. *Macromolecules (Washington, DC, U. S.)* **43**, 6515 (2010).
8. J. R. Potts, D. R. Dreyer, C. W. Bielawski, R. S. Ruoff, Graphene-based polymer nanocomposites. *Polymer* **52**, 5 (2011).