

Modélisation micromécanique non-linéaire du comportement d'une classe de nanocomposite à renforts plaquettaires

L. Cauvin¹, D. Kondo², M. Brieu³, N. Bathnagar⁴,

¹LMGC, Laboratoire Roberval UMR-CNRS 6253, UTC, Compiègne, France, Ludovic.Cauvin@utc.fr

²Institut Jean Le Rond d'Alembert, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France

³Laboratoire de Mécanique de Lille-UMR CNRS, U.S.T.L., Lille, France

⁴Mech. Eng. Dpt., Indian Institute of Technology, HausKhaz, New Delhi, India

1 Contexte

Depuis la publication il y a une quinzaine d'années de résultats obtenus par Toyota Research sur la dispersion à l'échelle nanoscopique de silicates en feuillets (Montmorillonite, MMT) dans du polyamide 6, un effort considérable de recherche a été entrepris au niveau mondial dans le domaine des matériaux nanocomposites à matrice thermoplastique et renforts de plaquettes d'argile. L'obtention en particulier de niveaux remarquables de propriétés mécaniques pour des taux de renforts très faibles (inférieurs à 5%), a suscité un vif intérêt dans les communautés industrielle et académique (Gloaguen et Lefebvre (2001), Chabert (2002), Fornes (2003), Marcadon (2005), etc.) et font des nanocomposites une nouvelle classe de matériaux à fort potentiel. L'impact réel des nanoplaquettes sur les propriétés mécaniques effectives du nanocomposite reste néanmoins encore mal connu et peu maîtrisé.

L'objet principal de la présente étude est d'étudier le comportement mécanique de nanocomposites à renforts plaquettaires et notamment l'influence de la morphologie nanostructurale sur leurs propriétés macroscopiques. Une caractérisation expérimentale a permis de mettre en évidence l'impact des nanoplaquettes sur le comportement mécanique du matériau. Une approche d'homogénéisation de milieux à microstructure aléatoire a été mise en oeuvre pour rendre compte du comportement mécanique du matériau étudié dans le domaine non-linéaire

2 Modélisation

La modélisation du comportement non-linéaire des nanocomposites reste encore à l'heure actuelle un sujet ouvert et en plein essor (Chabert (2002)). Le schéma de Ponte Castañeda et Willis (PCW) (1995) ayant fourni des résultats plus que satisfaisants dans le domaine linéaire (Cauvin et al. (2007)), son extension au domaine non-linéaire permet d'apporter aux modèles déjà existants des informations sur la morphologie nanostructurale du matériau. La modélisation par approche incrémentale (Hill (1965)), particulièrement adaptée aux matériaux élastoplastiques, est ainsi mise en oeuvre pour rendre compte du comportement du matériau caractérisé expérimentalement (PP+MMT).

De part leur formulation les principes d'homogénéisation permettent de lier le comportement macroscopique du matériau au comportement des différents constituants. L'analyse de l'évolution des propriétés macroscopiques du nanocomposites couplée à l'analyse du comportement mécanique des différents constituants peut ainsi expliquer l'impact des nanorenforts sur le comportement du nanocomposite.

2 Conclusion

La caractérisation expérimentale en traction uniaxiale d'un nanocomposite étudié a conduit à la mise en évidence d'une augmentation significative de la rigidité pour de faibles taux de renforts. Les dimensions nanoscopiques et la forme des renforts sont sans doute responsables de cette augmentation. La modélisation de la réponse à une sollicitation de traction uniaxiale indique une bonne concordance entre les simulations et les données expérimentales en régime élastique, mais surestime les niveaux de contraintes dans le domaine plastique. Toutefois, la connaissance de l'évolution du comportement mécanique des différents constituants du nanocomposite permet de mieux cerner les mécanismes susceptibles d'expliquer le formidable pouvoir renforçant des nanoplaquettes.