

Corrélations mécanique et diélectrique des interfaces renfort-matrice de nano composites à matrice polymère

Adam EL AMRANI¹, Isabelle ROYAUD¹, Marc PONCOT¹, Adrien LETOFFE¹, Ali KALLEL², Zoubir AYADI¹

¹Institut Jean Lamour, UMR 7198 CNRS-Université de Lorraine, Campus ARTEM, 2, Allée André Guinier, BP 50 840, 54011 Nancy Cedex

²Faculté des Sciences de Sfax, Laboratoire des Matériaux Composites Céramiques et Polymères, 3018 Sfax, Tunisie

Résumé

Actuellement, le développement de la nanotechnologie et plus précisément l'utilisation des nanorenforts a permis d'offrir de nouveaux horizons au domaine des matériaux composites : les nanocomposites. En effet, la diminution de la taille de charges conduit à une forte augmentation du rapport surface/volume du renfort et donc au développement d'une interface importante. La création d'une telle interface avec des fractions volumiques plus faibles, permet d'améliorer d'une façon notable certaines propriétés fonctionnelles (mécanique, électrique, thermique...). En outre, il est bien admis que les performances de ces nanocomposites à matrice polymère dépendent à la fois des caractéristiques du nano-renfort (nature, géométrie, orientation et fraction volumique) et des caractéristiques de la matrice (stabilité, adhésion, ...). Or, outre les propriétés intrinsèques de chacun des constituants de base de ces composites, l'interface renfort-matrice joue un rôle déterminant pendant la conception et influence de manière significative le comportement mécanique et diélectrique de ces matériaux. Par ailleurs, la caractérisation mécanique ne permet pas à elle seule de mettre en évidence le rôle de l'adhésion matrice-renfort du fait que le transfert de charges de la matrice vers le renfort s'effectue à travers l'interface. L'analyse diélectrique dynamique permet de compléter ces mesures mécaniques. En effet, elle s'avère essentielle puisqu'elle sonde directement l'interface. La corrélation entre ces informations complémentaires, issues des techniques de caractérisation mécanique et diélectrique, est donc indispensable pour la caractérisation complète de ces structures composites. Cependant, rares sont les résultats présentés qui mettent en exergue cette corrélation. L'objectif de cette thèse est donc de mettre en lien les mesures diélectriques dynamiques et les mesures de propriétés thermomécaniques et microstructures de nanocomposites polymères via le développement de couplages expérimentaux innovants (Raman, WAXS-SAXS-TomoX, stéréocorrélation 3D, VidéoTraction™) permettant l'étude au plus proche des conditions réelles d'utilisation de leur comportement. L'objectif principal est alors de mieux cerner les propriétés des interfaces dans les systèmes hétérogènes d'une manière générale (1) et surtout d'établir des normes internationales en termes de corrélation entre mesures mécaniques (sous sollicitations statiques et dynamiques) et mesures diélectriques. Ces techniques de caractérisation complémentaires permettent de déterminer les conditions optimales de la mise en œuvre des nanocomposites conduisant aux meilleures performances. Les expériences seront menées dans un premier temps sur du polypropylène réticulé (2)(3) et renforcé par des nanoparticules fonctionnalisées par plasma (G2 Knano) à application allègement de structure dans le secteur automobile. Par la suite, une étude de l'endommagement des composites associant approches expérimentale, numérique et théorique sera faite pour comprendre et simuler les mécanismes d'endommagement dans ces matériaux. Des résultats préliminaires mettent en relation l'analyse diélectrique dynamique (relaxation interfaciale de Maxwell-Wagner-Sillars qui permet d'apprécier la qualité de l'interface en fonction de la concentration et de la fonctionnalisation des nanocharges choisies) avec les propriétés mécaniques obtenues en VidéoTraction™ et DMA. (4)

Références

- 1) Samet, M., A. Kallel, and A. Serghei. "Polymer bilayers with enhanced dielectric permittivity and low dielectric losses by Maxwell–Wagner–Sillars interfacial polarization: Characteristic frequencies and scaling laws." *Journal of Applied Polymer Science* 136.22 (2019): 47551.
- 2) Létoffé, Adrien, et al. "Switching from brittle to ductile isotactic polypropylene-g-maleic anhydride by crosslinking with capped-end polyether diamine." *Polymer* 164 (2019): 67-78
- 3) Létoffé, Adrien, et al. "Resilience improvement of an isotactic polypropylene-g-maleic anhydride by crosslinking using polyether triamine agents." *Polymer* 179 (2019): 121655.
- 4) F. Agrebi, A. Letoffe, A. Kallel, I. Royaud, Z. Ayadi and M. Ponçot, « Dynamic dielectric properties of isotactic polypropylene-g-maleic anhydride crosslinked by capped-end polyether diamine and filled with native or functionalized nano-graphite particles », submitted April 21 to Materials Chemistry and Physics