



Étude des propriétés mécaniques, viscoélastiques et chimiques de films minces de mélanges de polymères

Pierre Nickmilder¹, Jérémie Mathurin², Alexandre Dazzi² et Philippe Leclère*

¹ Université de Mons (UMONS), Laboratoire de Physique des Matériaux et Energie (LPNE)
Institut de Recherche en Sciences et Ingénierie des Matériaux, B 7000 Mons, Belgique.

² Institut de Chimie Physique, UMR8000, Université Paris-Saclay, CNRS, 91405 Orsay, France.

Au cours des dernières années, les connaissances des propriétés à la nano-échelle, ont connu un bond en avant grâce au développement des techniques de microscopie à sonde locale, notamment en ce qui concerne l'étude des propriétés mécaniques et viscoélastiques. Ces connaissances sont d'une importance capitale vu que la structuration microscopique régit le monde macroscopique. Parmi les différents modes dynamiques disponibles aujourd'hui, le Peak Force Tapping (PFT), l'intermodulation AFM (ImAFM), et la nano-Dynamic Mechanical Analysis (n-DMA) [1] sont capables, sur base de l'analyse de courbes d'approche-retrait, de fournir des cartographies quantitatives de ces propriétés mécaniques (adhésion, déformation, indentation, module de rigidité) et viscoélastiques (module de stockage, module de perte et $\tan \delta$).

Dans cette étude, nous avons comparé ces différents modes AFM en analysant des films minces (de quelques centaines de nanomètres) de mélanges de polymères, pris comme systèmes modélés. Nous nous concentrons sur des films minces composés d'une part, de poly(styrène) (PS) et de poly(ϵ -caprolactone) (PCL) (Figures 1a et b) et d'autre part, de PS et de poly (méthacrylate de méthyle) (PMMA) (Figure 1c, 1d, et 1e). Notre avons opté pour ces mélanges pour profiter de la différence de propriétés physico-chimiques entre ces différents polymères.

In fine, de manière complémentaire, l'analyse de leurs propriétés chimiques locales (Figures 1c, 1d, et 1e) par AFM-IR [2] a été utilisée pour confirmer que les variations de propriétés physiques correspondent à une variation de nature chimique. Il s'agit d'une combinaison d'imagerie AFM en mode contact ou en Tapping mode avec un infrarouge modulable dans le but de faire de la spectroscopie infrarouge à l'échelle sub-micrométrique (i.e. en dessous de la limite de diffraction de la microscopie infrarouge classique). Cela nous permet d'obtenir une cartographie corrélant la topographie de l'échantillon et son identification chimique avec une résolution de l'ordre de la dizaine de nanomètres ainsi que des spectres IR locaux des différentes régions de l'échantillon étudié permettant d'estimer la composition des différentes phases.

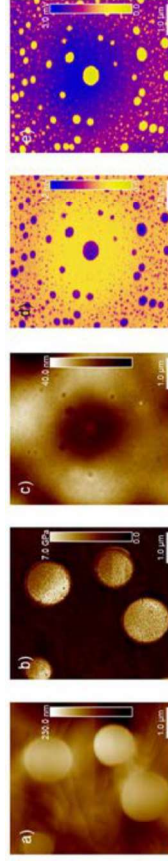


Figure 1 : Film mince de mélange PS-PCL ; (a) Topographie ; (b) Cartographie du module de rigidité ; Film mince de mélange PS-PMMA ; (c) Topographie ; Cartographie de l'absorption du laser IR à la longueur d'onde fixe (d) 1600 cm^{-1} , et (e) 1735 cm^{-1} .

Références

- [1] Pittenger, B., Osechinskiy, S., Yablon, D. Mueller, T., *Nanoscale DMA with the Atomic Force Microscope : A New Method for Measuring Viscoelastic Properties of Nanostructured Polymer Materials*, *Journal of Microscopy*, **2019**, 71, 3390–3398.
- [2] Dazzi, A., Prater, C. B., *AFM-IR: Technology and Applications in Nanoscale Infrared Spectroscopy and Chemical Imaging*, *Chem. Rev.*, **2017**, 117, 5146–5173.