

Mesures des propriétés viscoélastiques des matériaux : des mesures macroscopiques à la cartographie quantitative à la nanoéchelle

Philippe LECLERE¹, Florent DALMAS²

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

² Université Claude Bernard Lyon 1, INSA Lyon, CNRS UMR 5510, MATEIS, F - 69621 Villeurbanne, France.

philippe.leclere@umons.ac.be – florent.dalmas@insa-lyon.fr

Ce cours propose un rapide panorama des propriétés viscoélastiques des matériaux polymères et des techniques de caractérisations associées de l'échelle macroscopique à l'échelle nanométrique.

Dans un premier temps, nous reviendrons sur les grands principes de la viscoélasticité à travers un rappel des grandeurs mécaniques caractéristiques de ce type de comportement mécanique et des différents modèles rhéologiques et théories permettant de le décrire. Nous détaillerons ensuite le principe de l'équivalence temps-température et de la thermo-simplicité propre à de nombreux matériaux polymères. Ces propriétés viscoélastiques peuvent être mesurées macroscopiquement par analyse mécanique dynamique (DMA ou spectroscopie mécanique). Nous présenterons donc ensuite la DMA d'un point de vue théorique et expérimental et l'illustrerons à travers de nombreux exemples (Figure 1-a).

Pour certains matériaux structurés (polymères semi-cristallins, copolymères, matériaux composites, nanocomposites, alliages de polymères...), le comportement viscoélastique du matériaux polymères peut être modifié par la présence d'hétérogénéités et d'interfaces. Caractériser localement leur comportement viscoélastique, à très petite échelle, devient alors crucial pour mieux comprendre et appréhender le comportement mécanique de ces matériaux multi-échelles.

Dans une deuxième partie du cours, nous aborderons les récents développements de nouveaux modes mécaniques disponibles en AFM et plus particulièrement le mode nano-rhéologie (ou nano-DMA) ainsi que l'intermodulation AFM permettant d'envisager de nouvelles approches expérimentales pour aborder cette problématique. Nous illustrerons ces différents modes sur des mélanges de polymères (Figure 1-b) choisis comme exemples illustratifs et terminerons sur le traitement des données acquises.

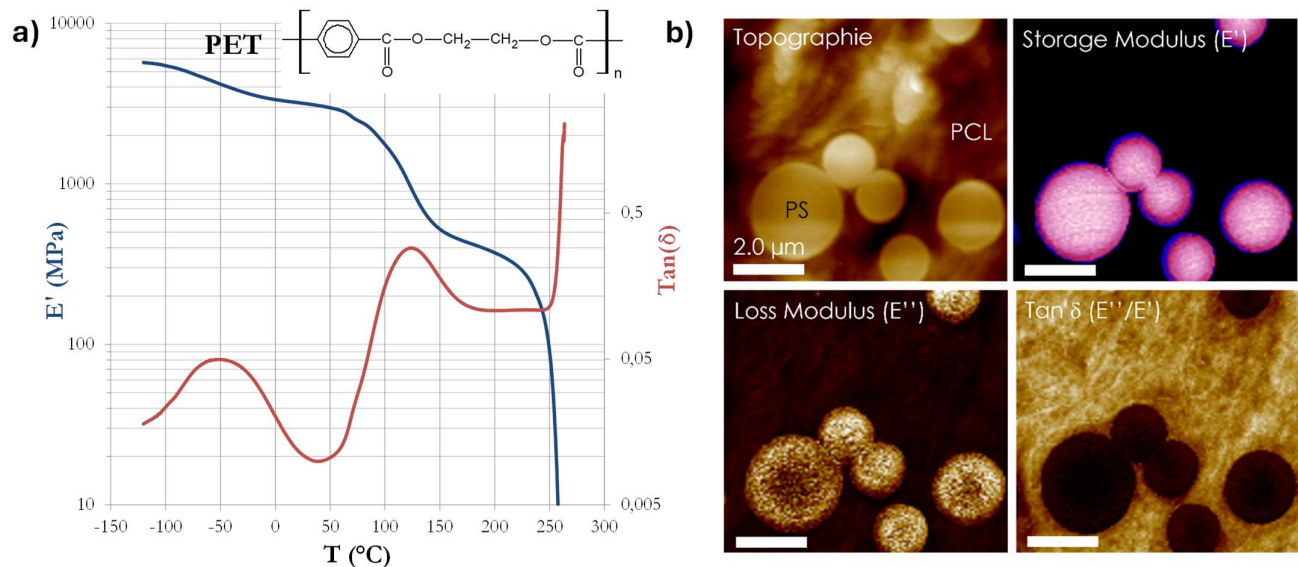


Figure 1 : a) Résultats obtenus par DMA à 1 Hz sur un PET (poly(éthylène téréphtalate)) : évolution du module de conservation E' et du facteur de perte $\tan(\delta)$ en fonction de la température. b) Cartographies de la topographie et des propriétés viscoélastiques d'un mélange de polystyrène et de polycaprolactone (nano-DMA).