

Transition d'échelles en mécanique des polymères semi-cristallins : apport de la microscopie à force atomique et de la nanoindentation

Le projet de cette thèse est une collaboration entre deux équipes de l'[Institut Pprime](#) situé à Poitiers et profite de la complémentarité des compétences de l'équipe « [Endommagement et Durabilité](#) » sur les relations microstructure – comportement mécanique des polymères et des compétences de l'équipe « [Physique des Défauts et Plasticité](#) » sur la caractérisation des propriétés mécaniques des matériaux aux échelles fines. Le laboratoire possède 30 ans d'expertise en nanoindentation et microscopie à force atomique (AFM), les techniques de caractérisation mécanique à l'échelle nano et microscopique, et un parc expérimental important. Cette thèse est un projet innovant et ambitieux qui mettra des équipements de pointe au profit d'une problématique scientifique originale et sera financée par une allocation doctorale du ministère (environ 1420 € net/mois) avec un début prévu le 01/10/2021. Au-delà de ce sujet précis, il fournira au futur docteur une solide compétence en mécanique expérimentale aux très fines échelles, déclinables sur de nombreux domaines, en contexte académique et industriel.

Les polymères thermoplastiques semi-cristallins sont largement utilisés grâce à leur bonne résistance mécanique, leur faible poids et leur recyclabilité. Or ce sont des matériaux fortement hétérogènes, formés de zones amorphes et cristallines dans un arrangement complexe de lamelles d'épaisseur nanométrique, elles-mêmes organisées en sphérolites sur une échelle de quelques microns à quelques dizaines de microns. Cette microstructure, qui dépend aussi des conditions de cristallisation, influe fortement sur les propriétés mécaniques des matériaux polymères. Vouloir optimiser leurs propriétés mécaniques implique de mieux formaliser le lien entre la morphologie et les propriétés des constituants d'une part et la réponse macroscopique d'autre part. Mais cette démarche se heurte à deux verrous tenaces, non élucidés malgré diverses formes de tentatives depuis 15 ans, que les techniques les plus récentes de nanoindentation et AFM permettent de reconsidérer.

D'abord, bien qu'il y ait consensus autour de l'idée que les deux phases ont des propriétés mécaniques bien distinctes, celles-ci sont très difficiles à mesurer directement à cause de leur taille sub-micrométrique et du confinement de l'une par l'autre. L'objectif premier de cette thèse est d'accéder à ces propriétés par des techniques expérimentales basées sur la mécanique du contact entre une pointe de taille nano ou micrométrique et le polymère. Ensuite, la remontée d'échelles a souvent été traitée par la modélisation, très limitée par la complexité morphologique de la microstructure à décrire. Alternativement à cela, l'appréhender expérimentalement implique de réaliser des essais mécaniques comparables aux diverses échelles. Les différentes approches expérimentales permettront d'étudier l'impact de chaque phase sur le comportement du polymère aux diverses échelles. Une question clé qui sera étudiée dans ce projet est le type de comportement pertinent à chaque échelle.

Les techniques les plus récentes de nano-indentation et AFM, ouvrent donc de nouvelles perspectives. Cette étude, majoritairement expérimentale, sera menée sur le Polypropylène isotactique (iPP), un matériau très utilisé et bien connu dans la littérature. Après une étude bibliographique préalable, le travail expérimental sera organisé autour de 3 volets : la préparation de surface et la caractérisation morphologique des échantillons (par microscopie optique, électronique et microscopie à force atomique), une première caractérisation mécanique par nano-indentation et AFM limitée au régime élastique, étendue ensuite à un régime viscoélastique. Les résultats de ces travaux seront présentés à des congrès nationaux et internationaux et publiés dans des journaux scientifiques en anglais.

Profil recherché :

- Diplôme d'ingénieur et/ou master en mécanique et/ou science des matériaux.
- Un goût prononcé pour la recherche expérimentale.
- Des connaissances en mécanique du contact et/ou mécanique des polymères seront appréciées.

Pour candidater :

Envoyer les pièces suivantes à olga.smerdova@ensma.fr

- CV détaillé
- Lettre de motivation
- Relevés de notes de 2 dernières années