
Modélisation du comportement thermomécanique des polymères semi-cristallins à ultra-haute masse moléculaire

Chrystelle Bernard^{*†1,2,3}, Olivier Lame⁴, Tiana Deplancke⁵, Jean-Yves Cavaille³, and Kazuhiro Ogawa^{2,3}

¹Frontier Research Institute for Interdisciplinary Science, Tohoku University (FRIS) – Japon

²Fracture and Reliability Research Institute, Tohoku University (FRI) – Japon

³ELyTMaX UMI3757, CNRS, Université de Lyon, Tohoku University (ELyTMaX) – Japon

⁴Matériaux, ingénierie et sciences (MATEIS) – CNRS : UMR5510, Institut National des Sciences Appliquées (INSA) - Lyon, Institut National des Sciences Appliquées [INSA] - Lyon – Bâtiment Blaise Pascal 7, avenue Jean Capelle 69621 VILLEURBANNE CEDEX, France

⁵Unité Matériaux et Transformations - UMR 8207 (UMET) – Institut National de la Recherche Agronomique : UMR0638, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Lille, Université de Lille, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8207 – France

Résumé

Grâce à des propriétés (mécaniques, physiques, chimiques, thermiques...) intéressantes, les matériaux polymères sont largement utilisés dans différentes industries. Cependant, leur comportement mécanique reste assez méconnu en raison de la complexité des mécanismes de déformation mis en jeu. Au cours des années, les matériaux polymères ont fait l'objet de nombreuses recherches expérimentales et théoriques dans le but d'améliorer la connaissance de ces matériaux. Il en a résulté le développement de nombreux modèles numériques basés sur la physique des polymères et permettant de décrire leur comportement mécanique sur une large gamme de températures et de vitesses de déformation. La plupart de ces modèles numériques ayant été développés pour prévoir le comportement des polymères amorphes, ils ne tiennent pas compte de la microstructure spécifique aux polymères semi-cristallins ni de son évolution survenant en grandes déformations. En effet, au cours de sa déformation plastique, le matériau est soumis à d'importantes contraintes qui vont fortement faire évoluer sa microstructure passant d'une structure composée de lamelles cristallines et de phase amorphe confinée à une structure fibrillaire. Il en résulte également une forte évolution des propriétés mécaniques au cours de la déformation.

Pour améliorer les prévisions des modèles numériques de comportement mécanique des polymères semi-cristallins, il est indispensable de prendre en compte le couplage mécanique existant entre les lamelles cristallines et la phase amorphe confinée. A partir de l'expression du couplage développée par Humbert *et al.* [1] dans le cas du module élastique des polymères semi-cristallins et basée sur l'existence d'une configuration intermédiaire (ni série, ni parallèle), Deplancke *et al.* [2] ont développé un modèle 1D pour la prévision du comportement mécanique du polyéthylène à ultra haute masse moléculaire. Ce modèle donnant des

*Intervenant

†Auteur correspondant: chrystelle.bernard@rift.mech.tohoku.ac.jp

prévisions numériques en accord avec les expérimentations, il est intéressant d'étendre sa gamme d'applications en développant un modèle 3D à partir de la philosophie mis en place par le modèle 1D. Ainsi, nous avons développé un modèle 3D qui tient compte de l'évolution du couplage mécanique entre lamelles cristallines et phase amorphe confinée, au cours de la déformation. Le modèle est basé sur une décomposition multiplicative du gradient de déformation total (configuration série) tout en respectant le taux de cristallinité du matériau associé à chaque phase. De plus, le couplage mécanique intervient comme étant une relation entre les gradients de déformation relatifs aux lamelles cristallines et à la phase amorphe confinée. Ces deux équations constituent l'innovation de notre modèle car elles permettent de décrire l'évolution du comportement mécanique (passage d'une configuration parallèle vers une configuration série). Les prévisions numériques obtenues par l'utilisation du modèle 3D présentent un excellent accord avec les résultats expérimentaux aussi bien lors du chargement qu'en décharge.

Humbert et al., *Polymer* **52** (2011) 4899-4909

Deplancke et al., on going

Mots-Clés: polymères semi, cristallins, couplage mécanique, modélisation 3D