
Influence des opérateurs de transport sur le comportement en grandes déformations des polymères amorphes : Cas du cisaillement

Chrystelle Bernard^{*†1}, Daniel George², Saïd Ahzi³, and Yves Rémond²

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

²Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie (ICUBE) – université de
Strasbourg – France

³Université du Qatar (QEERI) – Qatar

Résumé

Les matériaux polymères sont connus pour avoir un comportement thermomécanique complexe, fortement dépendant de la température et de la vitesse de déformation. De nombreuses études expérimentales, théoriques et numériques ont été développées pour comprendre et approcher leur comportement en petites et grandes déformations [1-5]. Ces modèles sont le plus souvent validés en chargement uniaxial pour des raisons de simplicité et montrent dans ce cas, généralement, une bonne corrélation entre prévisions numériques et résultats expérimentaux en grandes déformations sur de larges plages de vitesses et de température. En revanche, en cisaillement, l'introduction de la plasticité nécessite de prendre en compte des transports plus complexes au cours de la transformation dans les modèles 3D, ce qui limite l'utilisation de la déformation logarithmique. Plusieurs auteurs [6-9] ont développé ces approches utilisant le lien entre la dérivée du logarithme du tenseur de déformation pure droit ou gauche d'un côté, et le tenseur des taux de déformation de l'autre. Cependant, ces relations n'ont pas été introduites dans les lois de comportement numériques développées généralement pour les matériaux polymères. Nous proposons ici de montrer l'influence importante de ces transports dans le modèle élasto-viscoplastique proposé par Richeton *et al.* [10] qui permet de modéliser le comportement thermomécanique des polymères amorphes en grandes déformations sur de larges gammes de températures et de vitesses de déformation. Une application est donnée ici pour un polymère de type polycarbonate. Pour cela, nous considérons deux mesures de déformations : la déformation associée au logarithme des tenseurs de déformation pure droit ou gauche ou pour la déformation élastique et la déformation-différence (différence des valeurs propres de ces mêmes tenseurs avec leur invariant quadratique), associée à la déformation viscoplastique. Ce dernier choix est particulièrement intéressant pour l'utilisation du modèle " 8 chaînes " de Boyce [2] afin de prendre en compte les allongements des chaînes macromoléculaires. Il est enfin nécessaire d'appliquer les transports précédents également aux contraintes associées à ces mesures de déformations. Les effets de ces opérateurs de transports ont été étudiés d'un point de vue théorique par Hill [6] pour la mesure de déformation logarithmique (élastique) et par Rougée [8] pour la mesure de déformation-différence (viscoplastique). Nous avons implémenté ces deux théories à travers l'écriture d'une routine VUMAT dans le code Éléments Finis ABAQUS/Explicit,

*Intervenant

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

dans le modèle de comportement du polycarbonate étudié par Richeton *et al.* [10] afin de montrer l'influence de la rotation sur la modélisation en grandes déformations sous sollicitations complexes. Pour le cas de chargement en compression uniaxiale, une augmentation de la contrainte a été observée en comparaison des données expérimentales mesurées, due au modèle viscoplastique. Une réévaluation des paramètres matériau a donc été nécessaire afin de corrélérer les résultats numériques aux mesures expérimentales. L'utilisation de cette nouvelle famille de paramètres a ainsi permis de déterminer, pour un cas de chargement en cisaillement simple, une chute de contrainte de l'ordre de 60 % sur le comportement pour 100 % de déformation vraie.

Références

- A.S. Argon, Philos. Mag. 28 (1973) 839-865.
- E.M. Arruda and M.C. Boyce, J. Mech. Phys. Solids 41 (1993) 389-412.
- J. Richeton et al., Polymer 46 (2005) 6035-6043.
- J. Richeton et al., Polymer 46 (2005) 8194-8201.
- S. Patlazhan and Y. Rémond, J. Mat. Sci. 47 (2012) 6749-6767.
- R. Hill, Proc. R. Soc. Lond. Math. Phys. Eng. Sci. 314 (1970) 457-472.
- A. Hoger, Int. J. Solids Struct. 22 (1986) 1019-1032.
- P. Rougée, Mécanique des grandes transformations, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1997.
- H. Xiao et al., Int. J. Plasticity 16 (2000) 143-177.
- J. Richeton et al., Int. J. Solids Struct. 44 (2007) 7938-7954.

Mots-Clés: polymères amorphes, comportement en cisaillement, opérateurs de transport