

Validation d'un modèle anisotrope de l'effet Mullins par l'étude d'une plaque trouée en silicone chargé

M. Rebouah¹, G. Machado², G. Chagnon¹, D. Favier¹

1 Université de Grenoble/CNRS, Laboratoire 3S-R, Cedex 9, 38041 Grenoble, France.

2 Université de Montpellier2, Laboratoire LMGC/CNRS, 34085 Montpellier, France.

La littérature a permis de mettre en évidence que certains matériaux élastomériques ou certains tissus du vivant s'adoucissent après la première charge. On définit cet adoucissement entre première et deuxième charge comme étant l'effet Mullins, de plus ce phénomène est anisotrope. Un modèle anisotrope permettant de prendre en compte cet effet a été développé et implanté numériquement via une UMAT dans Abaqus. Ce modèle repose sur une décomposition de l'énergie en une partie hyperélastique isotrope et en une partie hyperélastique anisotrope qui permet de prendre en compte la contribution de l'effet Mullins. Cette modélisation utilise 42 directions privilégiées réparties dans l'espace. Une fonction d'évolution est introduite dans le modèle, elle est définie par deux paramètres principaux, l'un prend en compte la déformation globale du matériau étudié et l'autre la déformation propre à chaque direction. Ce modèle utilise une formulation en invariants qui facilite son implantation dans un code de calculs éléments finis (Machado 2011)¹.

Pour valider ce modèle sur un cas de chargement complexe, une plaque trouée est utilisée. Les champs de déformations obtenus par éléments finis et expérimentalement à l'aide d'un système de corrélation d'images sont comparés. Cette structure permet d'avoir des états de déformation très hétérogènes et donc de tester aussi la robustesse de la loi de comportement.

Un essai de traction uniaxial cyclique est mis en place expérimentalement sur cette plaque trouée. Le système de corrélation d'images permet de mesurer les états de déformation au cours d'une première charge et au cours de secondes charges après différents maxima de déformation. Une comparaison est effectuée avec des simulations éléments finis utilisant le modèle de comportement proposé.

La figure 1 montre que les résultats obtenus expérimentalement et numériquement sont très semblables. Dans un premier temps on observe que les contours de notre plaque trouée expérimentale et numérique se superposent parfaitement après chacune des secondes charges. Des mesures plus locales sont proposées en traçant l'évolution de la déformation principale maximale le long d'un chemin. Il apparaît une bonne correspondance entre les mesures expérimentales et numériques pour des états de déformations très hétérogènes. Au vu des résultats obtenus on peut donc conclure que le modèle est capable de décrire les variations de déformations locales induites par l'effet Mullins.

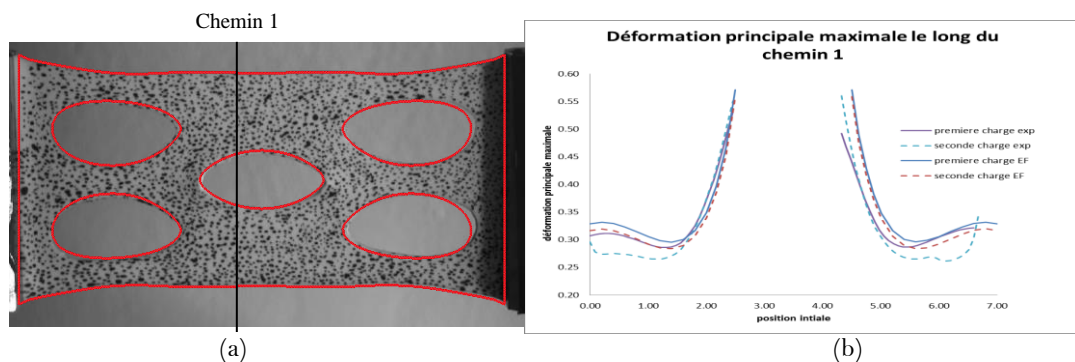


Figure 1. (a) comparaison contour du modèle EF et images expérimentales pour 50% de déformation; (b) déformation principale maximale le long d'un chemin

¹ Machado, G. « Contribution à l'étude de l'anisotropie induite par l'effet Mullins dans les élastomères chargés », Thèse Université de Grenoble, 2011.