

Caractérisation et Modélisation par approche macro-moléculaire du comportement endommageable des matériaux hyper élastiques

Mathias Brieu

Laboratoire de Mécanique de Lille - Ecole Centrale de Lille

LaMCoS - INSA Lyon

6 Décembre 2012

Les matériaux élastomères sont des polymères constitués de très longues chaînes macromoléculaires, réparties aléatoirement dans l'espace et réticulées, qui leur confèrent des propriétés élastiques remarquables rendant leur utilisation de plus en plus fréquente pour assumer des tâches de suspensions et/ou de liaisons dans les systèmes mécaniques. Afin de renforcer ces matériaux ou d'augmenter la résistance à la propagation de fissures, il est désormais usuel d'adjoindre à la gomme élastomère des charges de renforts. Cependant, l'ajout de ces charges induit au cours de chargements cycliques un adoucissement important communément nommé adoucissement Mullins^{1, 2, 3}. A ce jour, il n'y a toujours pas d'accord général sur les origines physiques conduisant à l'effet Mullins, l'influence des différents paramètres matériaux sur ce mécanisme d'endommagement ou encore les variables mécaniques susceptibles de piloter celui-ci dans des cas de chargement multi-axiaux.

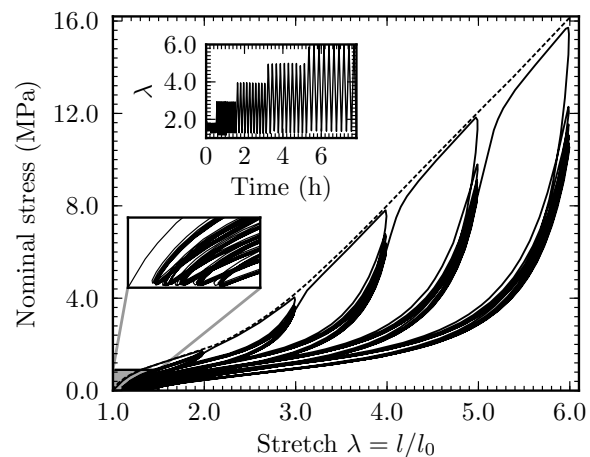


Fig. : Comportement cyclique d'un SBR chargé en traction uni axiale

Le travail présenté au cours de ce séminaire repose d'une part sur l'utilisation de moyens expérimentaux spécifiquement développés pour étudier le comportement et l'endommagement des milieux élastomères sous chargements cycliques de traction uni et bi axiale plan en grandes déformations⁴ et d'autre part sur un plan matériaux permettant, pour une même gomme de SBR, d'étudier les influences de paramètres matériaux tels que la densité de réticulation ou la fraction volumique de renfort.

Dans un premier temps, nous présenterons des résultats, pour certains devenus classiques, mettant en évidence le comportement caractéristique des élastomères sous chargements cycliques⁵ mettant ainsi en évidence les phénomènes d'adoucissement⁶ et de déformation rémanente. Par la suite, sur la base du plan matériau riche, nous mettrons en évidence l'influence de la fraction volumique de renfort et du taux de réticulation sur le comportement et l'endommagement sous chargement cyclique⁷.

Dans un second temps, nous proposerons une méthode d'analyse de données expérimentale issue de trajet de chargements uni axiaux et bi axiaux afin de proposer un critère d'activation de l'adoucissement cyclique susceptible de rendre compte de l'historique de chargement vu par le matériau mais aussi d'appréhender les différents types de chargements.⁸

Enfin, dans un troisième temps, nous proposerons un modèle directionnel, communément appelé modèle macro-moléculaire, susceptible de rendre compte de l'ensemble des observations expérimentales présentées.^{5, 9, 10}

1. H. Bouasse, Z. Carriere. Ann. Fac. Sci. Toulouse, 3 :257-283, 1903
2. L. Mullins. J. Rubber Res., 16(12) :275-289,1947
3. J. Diani, B. Fayolle, P. Gilormini. Eur. Polym. J., 45 : 60-612, 2009
4. M. Brieu, J. Diani, N. Bhatnagar. J. Test. Eval., 35(4) :364-372, 2007
5. J. Diani, M. Brieu, P. Gilormini. Int. J. Solids Struct., 43(10) :3044-3056, 2006
6. M. Brieu, J. Diani, C. Mignot et C. Moriceau. Int. J. Fatigue, 32(12) :1921-1927, 2010
7. Y. Merckel, J. Diani, M. Brieu, P. Gilormini, J. Caillard. J. Appl. Polym. Sci., 123 :1153-1161, 2011
8. Y. Merckel, M. Brieu, J. Diani, J. Caillard. J. Mech. Phys. Solids, 2013
9. J. Diani, M. Brieu, M. Vacherand, A. Rezgui., Mech. of Mat., 36 :313-321, 2004.
10. Y. Merckel, J. Diani, S. Roux, M. Brieu. J. Mech. Phys. Solids, 59 :75-88, 2011