

Titre en français : Modélisation et simulation thermomécanique de la propagation de fissures dans des élastomères

Titre en anglais : Thermomechanical modeling and simulation of cracks propagation in elastomers

Nom du directeur de thèse : Stéphane Lejeunes

Tel : 0484 525 59

E-Mail : lejeunes@lma.cnrs-mrs.fr

Laboratoire : LMA

Financement : demandé

Type de financement : bourse MENRT

Résumé en français : L'objectif premier de cette thèse consiste à proposer des outils numériques performants pour simuler des problèmes de propagation de fissures en mode I dans des élastomères techniques dans le cadre de chargements monotones ou cycliques. Pour ce faire nous nous appuyerons d'une part sur des modèles avancés du comportement du matériau (grandes déformations, viscosité nonlinéaire, effet Payne et Mullins, élasticité entropique et couplages thermomécaniques) et d'autre part sur des résultats expérimentaux issus de la littérature. La modélisation de la propagation des fissures pourra être traitée par une approche variationnelle de la rupture avec la méthode dite en champs de phase. Des outils théoriques ont déjà été développés dans ce sens dans un contexte thermomécanique qu'il faudra étendre au comportement spécifique des élastomères dissipatifs. Sur le plan numérique, nous utiliserons l'analyse isogéométrique qui se base sur des fonctions d'approximations permettant de décrire exactement des géométries complexes. Les développements seront intégrés dans une plateforme de calcul qui est développée au laboratoire et qui permet d'utiliser à la fois des éléments-finis classiques et de l'analyse isogéométrique. L'objectif secondaire de cette thèse consiste à s'intéresser au problème particulier des élastomères cristallisables sous tension. Ce changement de phase du matériau induit des propriétés de propagation très particulières : renforcement ou bifurcation de fissures en chargement cyclique. Des modèles thermomécaniques macroscopiques de la cristallisation induite commencent aujourd'hui à être disponibles dans la littérature. Ces effets sont bien connus sur le plan industriel et représentent un enjeu majeur pour de nombreuses applications.

Résumé en anglais : The first objective of this thesis proposal is to develop new numerical tools to simulate crack propagation problems (mode I) in technical elastomers for monotonic or cyclic loading. We will use, on one hand, advanced material models (finite strain, non-linear viscosity, Payne and Mullins effect, entropic elasticity and thermomechanical couplings) and on the other hand, experimental results that are available from the literature. The modeling of the crack propagation could be treated with a variational approach of fracture with the phase field method. Theoretical tools have already been developed in a thermomechanical context that need to be extended to the specific case of dissipative elastomers. From the numerical point of view, we will use the isogeometric analysis that is based on approximation functions that can describe exactly complex geometries. Numerical developments will be integrated in an advanced software environment that is developed in the laboratory. This environment allows to use either finite elements or isogeometric analysis. The second objective of this thesis is to

explore the specific case of elastomers that can crystallize under tension. This phase changing of the material can lead to very particular effects : self-reinforcement or crack bifurcation for cyclic loading for instance. Macroscopic thermodynamic models are currently been developed on this topic. This effects are of particular importance for many industrial applications which currently lack advanced predictive tools.

Profil du candidat recherché : mécanicien du solide avec de bonnes connaissances en modélisation du comportement des matériaux et une sensibilité pour les aspects numériques.

Publications sur le sujet :

Delattre, A. ; Lejeunes, S. ; Lacroix, F. ; Méo, S. : On the dynamical multi-axial behavior of filled rubbers at different temperatures: experimental characterization and constitutive modeling. International Journal of Solids and Structures 90 (2016) 178-193

Miehe, C.; Schänzel, L.M.: Phase field modeling of fracture in rubbery polymers. Part I: Finite elasticity coupled with brittle failure. Journal of the Mechanics and Physics of Solids 65 (2014) 93-113

Miehe, C.; Welschinger, F.; Hofacker, M.: Thermodynamically consistent phase-field models of fracture: Variational principles and multi-field FE implementations. International Journal for Numerical Methods in Engineering 83 (2010) 1273-1311

Behnke, R.; Berger, T.; Kaliske, M.: Numerical modeling of time- and temperature-dependent strain-induced crystallization in rubber. International Journal of Solids and Structures 141-142 (2018) 15-34

Rublon, P. : Etude expérimentale multi-échelle de la propagation de fissure de fatigue dans le caoutchouc naturel. Thèse de l'école Centrale Nantes (2013)

Eyheramendy, D.; Lejeunes, S.; Saad, R.; Zhang, L.: Advances in symbolic and numerical approaches in computational mechanics, Chapter 3. Saxe-Cobourg Publications (2014) 61-88

Insertion professionnelle après thèse : publique et/ou privée