

Mesure de vitesses de fissuration en mode III dans les élastomères

Quentin Demassieux¹, Bertrand Huneau², Erwan Verron², Daniel Berghezan³

¹SIMM, ESPCI, 10 rue Vauquelin, 75005 Paris

²Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique (GeM), UMR CNRS 6183, Ecole Centrale de Nantes, BP 92101, 44321 Nantes Cedex 3

³Michelin, CERL Ladoux, F-63040, Clermont Ferrand

On étudie habituellement la propagation de fissure dans un caoutchouc réticulé à l'aide d'un montage soit uniaxial, soit de cisaillement pur. Les fissures s'ouvrent alors en mode I, et toutes les lois de propagations ont donc été établies sur les fissures de ce type. Ces lois lient la vitesse de propagation

$V = \frac{dc}{dn}$ avec le taux de restitution d'énergie G . Si on peut négliger le travail des forces extérieures

durant la phase de propagation, ce taux G vaut $G = -\left(\frac{\partial W}{\partial A}\right)_d$, où W est l'énergie de déformation et A

la surface de la fissure.

Ces lois de propagation en mode I ont été établies au travers de plusieurs études menées par Lake & Lindley¹ et Young².

Toutefois, le premier usage du caoutchouc est le pneu. Et dans une telle structure, le matériau est soumis à un chargement complexe, fortement multi-axial. Dès lors, comprendre les mécanismes de propagation de fissure en mode III, ou dans un mode mixte I-III est très intéressant pour les fabricants. Très peu d'expériences ont été menées sur cette problématique. Une expérience de torsion a été développée par De & Gent³ pour mesurer la propagation de fissure en mode III sur un disque de caoutchouc entaillé sur la circonférence. Cette expérience a été conçue pour être adaptée sur une machine de traction, en utilisant un système de bras de leviers pour générer le couple de torsion. Ce système générerait néanmoins une forte compression sur la surface d'ouverture de fissure, ce qui provoque une forte abrasion de la zone fissurée, et est susceptible de perturber la propagation de fissure⁴.

Afin de limiter les effets de la friction, il a été développé au GeM un nouveau protocole, adapté à une machine de traction-torsion dédiée à la fatigue des matériaux⁵. Ainsi, on peut générer un chargement de mode III en maintenant une ouverture de mode I contrôlée. De sorte, l'échantillon est toujours soumis à une légère traction, qui réduit fortement le processus d'abrasion. Ce montage a permis de mesurer les vitesses de propagation de mode III. De plus, nous avons développé un modèle corrigé pour déterminer le taux de restitution d'énergie G . Nous avons ainsi pu étudier l'effet sur la loi de propagation de plusieurs scénarios de chargements (ouverture de mode I variable, déchargement de mode III partiel).

¹ G.J Lake, P.B. Lindley « The mechanical fatigue limite for rubber » *Journal of Applied Polymer Science* **9** (1965), 1233-1251

² Young D. G. « Dynamic property and fatigue crack propagation research on model compounds » *Rubber Chemistry and Technology* **58(4)** (1985), 785-805

³ D. K. De, A.N. Gent. « Crack growth in twisted rubber disks, part ii : experimental results » *Rubber Chemistry and Technology* **71(1)** (1998), 84-94

⁴ H. Aboutorabi, T. Ebbot, A.N. Gent, O.H. Yeoh « Crack growth in twisted rubber disks, part i : fracture energy calculation. *Rubber Chemistry and Technology* **71(1)** (1998) 76-83

⁵ Q. Demassieux, B. Huneau, E. Verron, D. Berghezan « Investigation of mode III fatigue crack growth in rubber based on the pioneering work of Alan N. Gent and coworkers », à paraître dans *International Journal of Non-Linear Mechanics* (2014).