

Endommagement de polymères en conditions couplées diffusion de gaz – mécanique

Sylvie CASTAGNET, Julien JARAVEL, Ousseynou KANE DIALLO,
Jean-Claude GRANDIDIER

Institut PPRIME, ISAE-ENSMA, 1 Avenue Clément Ader, 86961 Futuroscope cedex

Mots clés : cavitation, élastomère, hydrogène, décompression, simulation numérique

Résumé

La diffusion d'un gaz au sein d'un polymère est susceptible d'affecter le comportement mécanique et des mécanismes d'endommagement tels que la cavitation. Un effet plastifiant du gaz entraîne un moindre recours à la cavitation. Inversement, au cours d'une décompression, l'expansion du gaz dissous peut contribuer à la nucléation et à la croissance de multiples cavités [1]. Selon la nature du couple gaz-polymère, ces deux effets antagonistes peuvent co-exister [2].

Le second phénomène, dit de « décompression explosive », a été étudié expérimentalement dans un élastomère silicone, avec la particularité de pouvoir suivre optiquement l'apparition de l'endommagement pendant la phase de décompression. L'influence des conditions de décompression (vitesse et pression de saturation) sur le temps d'apparition a ainsi pu être cartographiée. Ces résultats ont permis de démontrer qu'il n'était pas possible de baser un critère de cavitation sur une pression hydrostatique critique, contrairement à ce qui est majoritairement proposé dans la littérature.

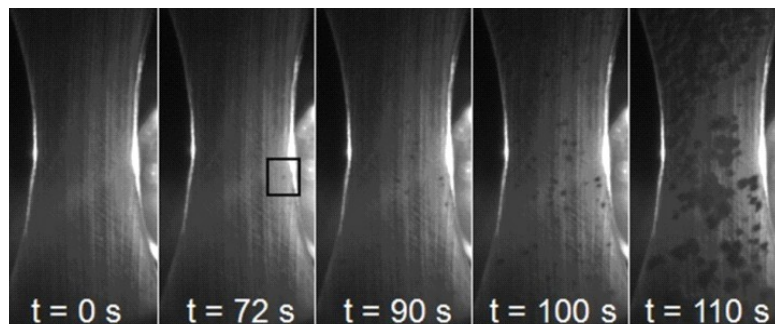


Figure 1 : évolution temporelle de la cavitation dans un vinyltrimetoxysilane transparent sous décompression d'hydrogène à 9MPa/min depuis 9MPa

Pour pallier les difficultés d'accès expérimental à l'échelle du défaut, les mécanismes d'échange de gaz et d'expansion d'une cavité pré-existante sont simulés numériquement par un modèle de sphère creuse en conditions couplées. Les conditions aux limites mécaniques et

diffusionnelles sont déduites du problème macroscopique. Par ce biais, il est possible de raisonnablement prédire le temps d'apparition des cavités en fonction de la vitesse de décompression, ainsi que l'épaisseur de la couche superficielle non-endommagée.

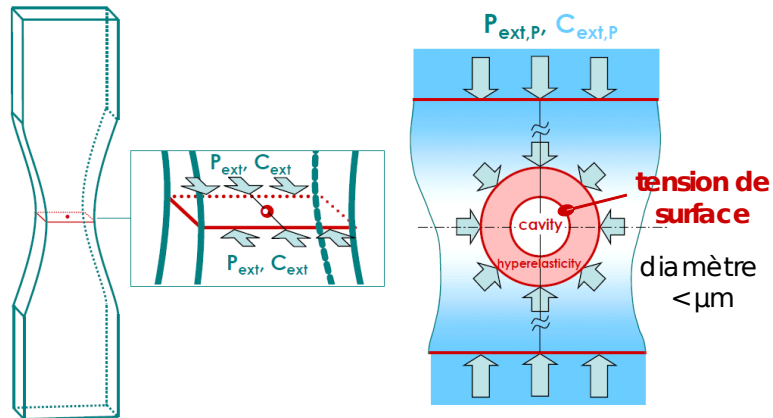


Figure 2 : cadre du modèle de sphère creuse diffuso-mécanique

Le cadre de résolution sphérique de ce modèle de sphère creuse ne permet néanmoins pas de traiter la diversité de phénomènes accessibles par l'expérience : interaction entre cavités voisines, effet d'un chargement mécanique complexe. Un objectif fort du travail en cours est donc d'étendre la simulation au cadre tridimensionnel. Ceci permet d'appréhender dans l'immédiat les effets d'interaction entre cavités voisines. Ces effets sont parallèlement regardés à l'échelle macroscopique en caractérisant la distribution spatiale de champs de cavités dans un EPDM.

Références

- [1] A.N. Gent, D.A. Tompkins, *J. Appl. Phys.* 40 (6) (1969) 2520.
- [2] S.A.E. Boyer, M. Gerland, S. Castagnet, *Gas environment effect on cavitation damage in stretched PolyVinylidene Fluoride*, DOI: 10.1002/pen.23759, à paraître dans *Polymer Engineering and Science*
- [3] J. Jaravel, S. Castagnet, J.C. Grandidier, G. Benoît, *On key parameters influencing cavitation damage upon fast decompression in a hydrogen-saturated elastomer*, *Polymer Testing*, 30(8), pp. 811-818, 2011.
- [4] J. Jaravel, S. Castagnet, J.C. Grandidier, M. Gueguen, *Real-time tracking and numerical simulation of cavity growth upon explosive decompression in hydrogen-saturated rubbers*, *International Journal of Solids and Structures*, 50(9), pp. 1314-1324, 2013.