

Etude de l'évolution de l'aire de l'hystérésis lors d'essais en fatigue sur des éprouvettes en polychloroprene

F. Lacroix, C. Cruanes, G. Berton, S. Méo et N. Ranganathan

Université François Rabelais de Tours, LMR, 7 avenue Marcel Dassault, 37200 Tours, France

L'aire de l'hystérésis est envisagée comme un critère de durée de vie en fatigue dans le cadre de l'étude du comportement en fatigue des élastomères depuis le début des années 2000. Lacroix¹ en 2004 a montré que l'observation de ce paramètre pouvait donner des informations pertinentes puis Poisson et al.² en 2011 a été plus loin en montrant que cela pouvait être un bon critère de durée de vie en fatigue, que ce soit pour des essais uniaxiaux ou multiaxiaux. Dans ce dernier cas, la valeur caractéristique de l'essai en fatigue est relevée en fin d'essai, que l'éprouvette ait ou le temps de casser ou non. Cependant, l'évolution de l'aire de l'hystérésis n'a pas été investiguée lors de ces travaux, supposant que celle-ci se limite en une croissance rapide suivie d'une stabilisation jusqu'à rupture de l'éprouvette. Or, dans une précédente communication portant sur une approche thermique des mêmes essais menés dans², Cruanes et al.³ ont vu que qu'il était possible que l'auto-échauffement de l'éprouvette ait un effet non négligeable sur le comportement mécanique du matériau pendant un essai. Ces considérations ont mené à l'étude en détail de l'évolution de l'aire de l'hystérésis pendant un essai de fatigue.

Cette évolution a été étudiée dans le cadre d'essais de fatigue à effort contrôlé à 5Hz sur des diabolos en polychloroprene, dont le comportement en fatigue peut être impacté par la cristallisation sous tension (ref). Il apparaît alors que deux phases sont observées : une première où l'aire de l'hystérésis croît et se stabilise rapidement, puis une seconde phase où une croissance plus marquée que dans la première phase est observée jusqu'à rupture.

Ce comportement pourrait être expliqué par la mise en compétition de la propagation de la ou les fissures et la cristallisation sous tension, comme cela a été vu par Le Cam & Toussaint⁴ par exemple. Néanmoins, le volume de la zone utile ainsi que la fréquence à laquelle sont menés les essais impliquent que l'auto échauffement va avoir un impact important sur la cristallisation sous tension.

Afin de préciser ce comportement, une campagne a été menée à un rapport de charge 0,1 avec le protocole suivant. Chaque essai a été divisé en trois étapes : la première consiste en un essai de fatigue à un effort maximum F_1 et qui va durer N_1 cycles. Pour la deuxième étape, l'éprouvette est mise au repos pour que sa température revienne à l'ambiante. Puis dans la troisième et dernière étape, on procède à un essai en fatigue jusqu'à rupture à un effort maximum F_3 .

Il a été alors observé une augmentation de la durée de vie en fatigue de l'éprouvette (pouvant aller jusqu'à un facteur 7), ainsi que des évolutions inattendues de l'aire de l'hystérésis et de la raideur. Ce comportement s'expliquerait alors par la présence en début de phase 3 de fissures faisant office non pas de vecteur de fragilisation mais plutôt de renforcement du diablo. La cristallisation sous tension prendrait alors le pas sur l'endommagement.

¹ Lacroix, F « Etude du comportement en fatigue des caoutchoucs synthétiques » 2004, Université de Tours

² Poisson, J.L. ; Méo, S. ; Lacroix, F. ; Berton, G. ; Ranganathan, N. « Multiaxial fatigue criteria applied to a polychloroprene rubber » *Rubber Chemistry and Technology* **85** (2011)

³ Cruanes, C. ; Berton, G. ; Lacroix, F. ; Méo, S. ; Ranganathan, N. « Study of the fatigue behavior of rubber-like materials with infrared thermography methods » *ECCMR 2013*, San Sebastian

⁴ Le Cam, J.B. ; Toussaint, E. « The mechanism of fatigue crack growth in rubbers under sever loading : the effect of stress-induced crystallization » *Macromolecules* **43** (2010) 4708-4714