

## **Abstract:**

Tough multiple network elastomers exhibiting optical response (color change) have been designed, synthesized, and examined. The reinforcing properties of multiple networks were derived from the pre-stretched, stiff first network, which behaved like a percolated filler network. Spiropyran (SP) was incorporated into the first network to provide visualization, via color change, of the high stress distribution. By tailoring the crosslinker densities and SP concentration in the filler network, we demonstrated that SP behaved as a molecular stress sensor. A calibration curve of the chromatic change as a function of nominal stress was constructed through color analysis, which was used to construct a stress and energy density mapping around a crack tip. Furthermore, a stress-color map was created by performing step cyclic loading tests and color analysis, which allowed mapping of the stress undergoing loading and unloading during crack propagation. Comparing the stress distribution in loading and unloading, the high stress regions and damage zone in the filler network were determined, which was consistent with model predictions. When SP was incorporated into the second network, results showed that stress was transferred into the second network near the yield point, implying that the second network contributed to the resistance of crack growth. Also, damage mechanisms that led to necking during uniaxial tensile testing were investigated. Results showed that in the necking area there were large amount of filler network damage. However, the damage did not result in the filler network fracturing into clusters and relaxing completely. Finally, we developed an approach to measure the strain field in materials by utilizing fluorescent particle tracking.

## **Résumé:**

Des élastomères à réseaux multiples résistants et présentant une réponse optique (changement de couleur) ont été conçus, synthétisés et examinés. Les propriétés de renforcement de ces réseaux multiples découlent du premier réseau, rigide et pré-étiré, qui se comporte comme un réseau de charge percolant. Du spiropyrane (SP) a été incorporé dans le premier réseau pour permettre la visualisation de la distribution de contraintes élevées par changement de couleur. En adaptant les densités de réticulants et la concentration de SP dans le réseau de charge, nous avons démontré que le SP se comportait comme un capteur de contrainte moléculaire. Une courbe d'étalonnage de la variation chromatique en fonction de la contrainte nominale a été construite par analyse de couleur, et a ensuite été utilisée pour cartographier la contrainte et la densité d'énergie autour d'une pointe de fissure. De plus, une carte de contrainte-couleur a été créée en effectuant des tests de chargements cycliques incrémentaux et des analyses de couleurs, ce qui a permis de cartographier la contrainte subie lors du chargement et du déchargement pendant la propagation de la fissure. En comparant la répartition des contraintes lors du chargement et du déchargement, les régions à forte contrainte et la zone endommagée dans le réseau de charge ont été déterminées, en cohérence avec les prédictions du modèle. Lorsque le SP a été incorporé dans le deuxième réseau, les résultats ont montré que la contrainte était transférée dans le deuxième réseau près de la limite élastique, ce qui implique que le second réseau contribue à la résistance à la croissance des fissures. En outre, les mécanismes d'endommagement qui conduisent à la striction lors des essais de traction uniaxiale ont été étudiés. Les résultats ont montré que dans la zone de striction une grande

fraction du réseau de charge était endommagée. Cependant, cet endommagement n'amène ni à la formation de clusters de réseau de charge ni à sa complète relaxation. Enfin, nous avons développé une approche pour mesurer le champ de déformation dans les matériaux en utilisant le suivi des particules fluorescentes.