

# Physique et Chimie des Matériaux – ED 397 – 2015

## Proposition pour allocation de recherche, Thème C:

**Unité de recherche:** Sciences et Ingénierie de la Matière Molle SIMM UMR 7615 – équipe Matière Molle Hors Equilibre

**Adresse :** ESPCI ParisTech 10 rue Vauquelin 75005 Paris

**Directeur de l'Unité :** Christian Frétygny

**Etablissement de rattachement :** UPMC-ESPCI-CNRS

**Nom du directeur de thèse (HDR), téléphone et courriel :** Antoine Chateauminois (01 40 79 47 87)  
antoine.chateauminois@espci.fr

**Co-encadrants:** Emilie Verneuil, Christian Fretigny

### Le frottement des mousses : des mécanismes du frottement à la fabrication de surfaces aux propriétés tribologiques contrôlées

Les organismes végétaux et animaux ont développé des stratégies variées et astucieuses pour optimiser leur enveloppe extérieure vis à vis du mouillage ou de l'adhésion, en jouant sur la rugosité. C'est le cas bien connu de la feuille de lotus qui possède une texture fine complexe empêchant le mouillage des gouttes d'eau. Dans d'autres cas, ce sont les propriétés d'adhésion ou de résistance à l'arrachement qui sont visées (voir l'exemple des pattes du gecko ou celles des grenouilles). Ainsi, dans le cas de l'adhésion, les technologies récentes ont permis de fabriquer des substrats micro-texturés, en particulier couverts de fibrilles, aux propriétés d'adhésion remarquables. Cette stratégie a été nettement moins exploitée dans le cas du frottement, alors qu'elle est prometteuse, par exemple en robotique, où le contrôle de la mobilité des robots est un enjeu fort.

Nous proposons de travailler sur les propriétés de frottement de surfaces microstructurées, en nous intéressant à un système modèle, la mousse d'élastomère (ce sont les mousses très déformables dont on fait des matelas ou qui garnissent certains fauteuils). Ces mousses présentent à leur surface des structures hétérogènes faites de brins et de boucles capables de s'enchevêtrer, selon un mécanisme semblable à celui à l'œuvre dans le velcro et utilisé d'ailleurs par certaines graines pour se transporter (Fig. 1). Nous avons montré que ces enchevêtrements produisent une augmentation sensible du frottement, par l'intermédiaire d'événements locaux d'accrochage/déaccrochage que l'on peut ici mesurer individuellement (Fig. 2).

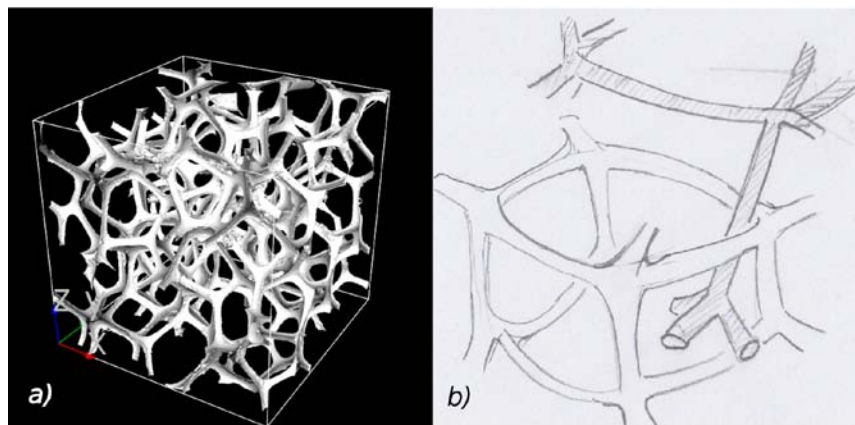
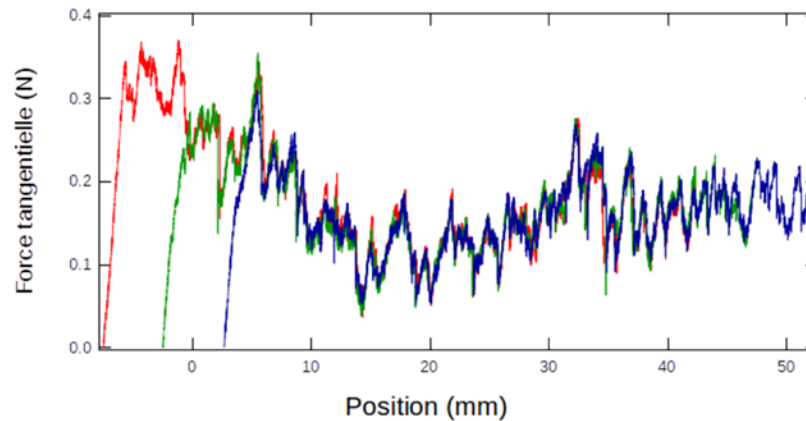


Fig 1 : a) Structure tridimensionnelle d'une mousse obtenue par tomographie de rayons X. b) Mécanisme d'accrochage/déaccrochage des brins pendants de la mousse à l'interface frottante.

Le travail repose sur des expériences de frottement associées à des techniques d'imagerie et d'analyse d'images permettant de mesurer les déplacements locaux associés aux mécanismes d'accrochage/déaccrochage des brins. Les résultats expérimentaux nous permettront de développer un modèle théorique décrivant les relations entre les mécanismes d'accrochage des sous-structures et le comportement mécanique d'interfaces frottantes. Fondées sur des résultats expérimentaux à une échelle mésoscopique (les brins de mousse ont une taille typique d'une fraction de millimètre), ces modèles seront transposés pour décrire les frottements d'interfaces rugueuses ou le frottement des caoutchoucs. A partir de ce travail de compréhension des mécanismes fondamentaux contrôlant le frottement, nous serons en mesure de concevoir et de réaliser des surfaces aux propriétés de frottement contrôlées.



*Fig. 2 : trois mesures successives (légèrement décalées dans l'espace) de la force de frottement entre deux blocs de mousse. Le "bruit" du signal de force est très reproductible, indiquant la présence d'un mécanisme déterministe.*

**Connaissances et compétences requises :** mécanique physique, instrumentation, notions de physicochimie, goût pour la modélisation physique