

# 'Physique et Chimie des Matériaux' – ED 397 – année 2019

## Proposition pour allocation de recherche (max 1p), à renvoyer à

[nadine.witkowski@sorbonne-universite.fr](mailto:nadine.witkowski@sorbonne-universite.fr) sous la forme d'un fichier PDF « acronyme labo\_nom encadrant\_theme.pdf »

**Unité de recherche** : Laboratoire de Sciences et Ingénierie de la Matière Molle SIMM, UMR 7615

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

**Directeur de l'Unité** : Etienne Barthel

**Etablissement de rattachement** : ESPCI/CNRS/SU

**Nom du directeur de thèse (HDR)** Antoine Chateauminois

**Téléphone et courriel** : 01 40 79 47 87 ; antoine.chateauminois@espci.fr

**Nom du co-encadrant : Emilie Verneuil & Yvette Tran (HDR)**

**Téléphone et courriel** : 01 40 79 47 42 ; 01 40 79 58 12

**Nombre de doctorants actuellement encadrés (indiquer le taux):** 1 (30%) ; 1 (10%)

**Thème** : C

### **Titre de la thèse:** Films minces d'hydrogels : gonflement et friction

Les hydrogels sont des réseaux polymères gonflés par l'eau qui présentent l'avantage d'être biocompatibles, versatiles chimiquement et mous. Sous forme de revêtements, ils s'avèrent intéressants pour une multitude d'applications en biomédecine (ingénierie tissulaire, ...), fonctionnalisation des surfaces (implants chirurgicaux, ...) ou optique (revêtements adaptatifs ou anti-buée). Le développement de ces revêtements repose sur le contrôle de leurs propriétés mécaniques et de gonflement, en particulier sous l'action de frottements.

Au sein de contacts, les films d'hydrogels sont soumis du fait du confinement à de fortes contraintes qui peuvent engendrer une migration de l'eau au sein du réseau polymère. La réponse mécanique du gel met alors en jeu des temps caractéristiques qui dépendent d'un couplage entre l'élasticité du réseau et la perméation du solvant. Un premier travail (Delavoipière *et al*, *Soft Matter* 2016 & *Langmuir* 2018) nous a permis de mettre en évidence l'importance de ces phénomènes dits poroélastiques sur les propriétés de frottement de couches minces d'hydrogels. Dans le cadre de la thèse, nous nous proposons d'approfondir les questions suivantes d'intérêt à la fois fondamental et applicatif :

(i) La mise en glissement de contacts avec des couches minces d'hydrogels. Celle-ci met parfois en jeu des pics de contrainte préjudiciables à la tenue mécanique. Quel est le rôle de la poroélasticité dans ces régimes transitoires ?

(ii) Sous de fortes charges de contact, des transitions de phase sont attendues du fait du fort drainage du réseau. L'incidence de ces transitions sur le comportement mécanique du réseau est encore mal comprise. Quelles sont les interactions entre poroélasticité et transitions de phase au sein des revêtements et leurs incidences sur le frottement ?

(iii) Du fait du confinement, l'interface entre le film de gel et le substrat est soumise à des contraintes de traction ou de cisaillement importantes pouvant entraîner un décollement du revêtement. Comment prédire ces décohésions en fonction de la physico-chimie interfaciale (greffage) et des contraintes induites à l'interface ?

Le travail repose sur une approche pluridisciplinaire mettant en œuvre :

(i) la synthèse et le greffage de couches minces de réseaux modèles d'hydrogels selon une chimie « click » permettant de faire varier les propriétés élastiques et de perméation du polymère. En choisissant la nature chimique du réseau, les effets d'une transition vitreuse ou une micro-séparation de phase induite par drainage du réseau pourront être explorés. La silanisation du substrat (verre) permettra également de moduler les propriétés de l'interface film/substrat.

(ii) l'étude des propriétés mécaniques des films en fonction de leur état d'hydratation par une méthode originale de contact latéral. Nous développerons également un dispositif de frottement par rotation permettant de séparer les contributions de la poroélasticité et des interactions interfaciales lors du frottement.