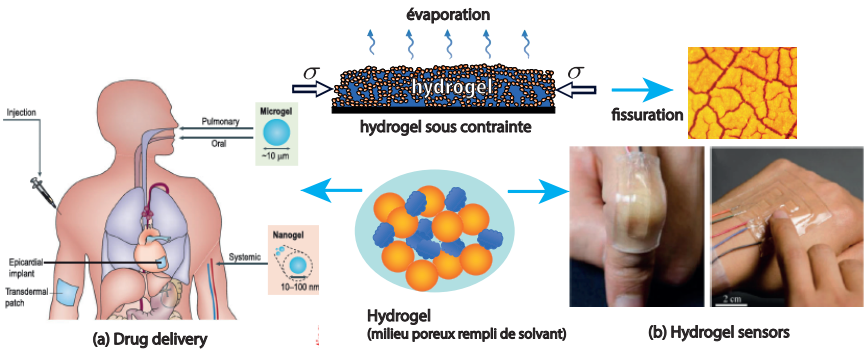
Proposition de stage de Master 2

Evolution des contraintes mécaniques dans les hydrogels de nanoparticules

responsables du stage: F. Giorgiutti-Dauphiné, L. Pauchard
(**frederique.giorgiutti@universite-paris-saclay.fr**)
Laboratoire FAST, Université Paris-Saclay, CNRS 91405 Orsay, France

Les hydrogels sont des matériaux naturels ou synthétiques qui présentent une très forte porosité; ils peuvent ainsi constituer des réservoirs à liquide. De plus ils peuvent se déformer largement lorsqu'ils sont soumis à des contraintes ce qui les rend très attractifs notamment pour des applications biomédicales. A l'état naturel, on peut citer les muscles, le cartilage... Les hydrogels synthétiques sont souvent utilisés dans les procédés dits de "drug delivery" dont le but est de relarguer un principe actif dans une zone bien définie ou encore pour simuler les fonctions de tissus biologiques notamment la peau ou les muscles (voir Figure). Dans de telles applications, il est essentiel de contrôler les propriétés mécaniques du gel ainsi que ses propriétés d'adhésion sur un substrat. Nous nous intéressons à des hydrogels constitués de nanoparticules de silice dans le but de contrôler justement la porosité et les propriétés mécaniques des gels. Ce contrôle est rendu possible en modifiant la physico-chimie des systèmes, i.e., en modifiant les interactions entre les nano-particules de silice.

La formation du gel est induite par agrégation des particules due aux interactions mais aussi grâce au séchage; ce dernier induit des contraintes dans le matériau; nous proposons de suivre l'évolution de ces contraintes mécaniques au cours du séchage par une méthode originale de flexion de lame mince sur laquelle est déposé un film mince d'hydrogel.

L'objectif est ainsi de comprendre et de rationaliser le comportement de ces films sous contrainte et d'élucider les interactions complexes entre l'écoulement du liquide à travers les pores du gel (la poroélasticité), la plasticité de la structure formant un réseau, et sa rupture. Le contrôle des interactions microscopiques permet de modifier la structure interne du gel et ainsi la façon dont les contraintes vont se développer dans le gel. L'adhésion avec le support sera également un paramètre sur lequel nous souhaitons jouer en modifiant les interactions gel-substrat. Le séchage, le gonflement, et éventuellement plusieurs cycles de séchage et de gonflement, seront étudiés avec une approche multi-échelles, rassemblant des informations structurelles à l'échelle de la nano-particules jusqu'à l'échelle macroscopiques en étudiant notamment les instabilités qui se développent dans le film.
Le stage sera essentiellement expérimental, basé sur l'utilisation de différentes techniques multi-échelles allant de la microscopie optique, à la nanoindentation, jusqu' aux techniques de diffusion de rayonsX. Les expériences seront modélisées par des modèles basés sur des lois d'échelle et la théorie de la poroélasticité. Ce stage pourra donner lieu à un prolongement sous forme de thèse.