

## Actionneurs électroactifs : Elaboration et caractérisation électromécanique d'élastomères dopés en liquides ioniques, pour une meilleure compréhension des phénomènes physicochimiques

**Encadrants** : Gildas Coativy (LGEF) – Sébastien Livi (IMP) -Florent Dalmas (MatéIS)

**Mots clés** : Matériaux, polymères, liquides ioniques, propriétés électromécaniques

**Présentation du sujet de stage (niveau Master 2) :**

Les matériaux élastomères électroactifs se présentent sous forme de films minces souples recouverts d'électrodes. Ils peuvent se déformer sous l'action d'un champ électrique extérieur en compression et/ou en flexion. Cette capacité à se déformer peut être utilisée pour élaborer des actionneurs, dont les applications sont extrêmement diverses (robotique, santé, dispositifs peu coûteux). Différents mécanismes sont à l'origine de cette déformation : l'effet Maxwell qui est issu de l'attraction mutuelle des électrodes qui recouvrent le matériau (Figure.a), et un phénomène lié aux interactions des dipôles électriques constituant le matériau avec le champ électrique appliqué (Figure.b). Un troisième mécanisme peut intervenir lorsque des ions sont présents sous forme d'impuretés ou introduits de manière volontaire dans l'élastomère (Figure.c). Il s'agit de la migration des ions au voisinage des électrodes et de leur accumulation qui aboutit à la flexion du film. Dans ce projet nous souhaitons nous intéresser à ce troisième mécanisme. Des matériaux à base d'époxy-amines à basse  $T_g$  (inférieure à la température ambiante) seront élaborés avec et sans liquides ioniques (sels organiques à bas point de fusion) de manière à étudier l'impact de la présence d'ions sur leur réponse électromécanique. Différents liquides ioniques en concentration variable seront utilisés pour jouer sur la taille des ions et leur quantité. Les matériaux élaborés seront ensuite étudiés mécaniquement par spectroscopie mécanique (DMA), électriquement par spectroscopie diélectrique, puis électro-mécaniquement via des tests de fléchissement sous champ électrique. A plus long termes, les données recueillies permettront d'alimenter des simulations menées avec un laboratoire international partenaire pour tenter de prédire le comportement de tels matériaux.

**Le stagiaire aura trois missions principales :**

- Réaliser une **étude bibliographique** sur les élastomères dopés en liquides ioniques
- **Élaborer** des films minces contenant différentes fractions de liquides ioniques de différentes natures
- Étudier le **comportement électromécanique** des matériaux élaborés par spectroscopie mécanique (DMA), spectroscopie diélectrique et via des tests de fléchissement sous champ électrique

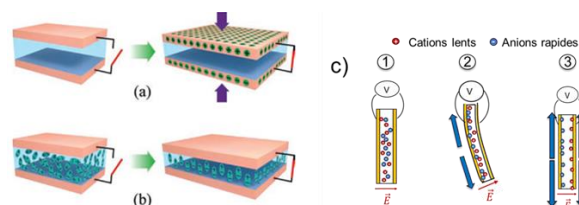


Figure. a) Effet Maxwell b) interaction des dipôles avec le champ électrique (B. Kim et al. , Adv. Funct. Mater. 2011, 21, 3242.) c) migrations d'ions au voisinage des électrodes

**Profil du/de la candidat.e recherché.e :**

L'étudiant doit avoir un bagage solide en **science des matériaux** (une spécialisation en science des matériaux **polymères** serait un plus) à un **niveau master 2** (cycle ingénieur ou universitaire). Le candidat doit avoir un goût prononcé pour l'élaboration de matériaux et leur caractérisation expérimentale et un attrait pour la recherche exploratoire (et pas seulement appliquée).

**Rémunération** : gratification de stage

**Date de début souhaitée** : Février ou Mars (ajustable)

**Date de fin** : Juillet ou Août (ajustable)

**Lieu** : Campus de la Doua (Villeurbanne à côté de Lyon) dans les laboratoires LGEF, IMP et MatéIS qui se situent à moins de 5 minutes à pied les uns des autres.

**Contacts** : Pour candidater, envoyer un CV et une lettre de motivation aux trois contacts suivants en mettant en objet du mail : « Stage : candidature »

Gildas Coativy (email : [gildas.coativy@insa-lyon.fr](mailto:gildas.coativy@insa-lyon.fr)),  
Sébastien Livi (email : [sebastien.livi@insa-lyon.fr](mailto:sebastien.livi@insa-lyon.fr)),  
Florent Dalmas (email : [florent.dalmas@insa-lyon.fr](mailto:florent.dalmas@insa-lyon.fr))

## Electroactive actuators: elaboration and electromechanical characterisation of elastomers doped with ionic liquid

**Supervisors :** Gildas Coativy (LGEF) – Sébastien Livi (IMP) -Florent Dalmas (MatéIS)

**Keywords:** Matériaux, polymers, ionic liquids, electro-mechanical properties

### Presentation of the topic (level Master 2):

Electroactive elastomeric materials are flexible thin films coated with electrodes. They can deform under the action of an external electric field in compression and/or flexion. This ability to deform can be used to develop actuators. Several mechanisms are at the origin of this deformation: the Maxwell effect, which results from the mutual attraction of the electrodes covering the material (Figure.a), and a phenomenon linked to the interactions of the electric dipoles making up the material with the applied electric field (Figure.b). A third mechanism can occur when ions are present as impurities or are deliberately introduced into the elastomer (Figure.c). This is the migration of ions in the vicinity of the electrodes and their accumulation which results in the bending of the film. In this project we want to focus on this third mechanism. Epoxy-amine materials with low  $T_g$  (below room temperature) will be developed with and without ionic liquids (low melting organic salts in order to study the impact of the presence of ions on their electromechanical response. Different ionic liquids in varying concentrations will be used to control the size and quantity of the ions. The materials developed will then be studied mechanically by mechanical spectroscopy (DMA), electrically by dielectric spectroscopy, and electromechanically via electric field bending tests. The data collected will be used to feed simulations carried out with an international partner laboratory in an attempt to predict the behaviour of such materials in the longer term.

### The trainee will have three main tasks:

- \_to carry out a bibliographical study on elastomers doped with ionic liquids
- \_to elaborate thin films containing different fractions of ionic liquids of different natures
- \_to study the electromechanical behaviour of the developed materials by mechanical spectroscopy (DMA), dielectric spectroscopy and via bending tests under electric field

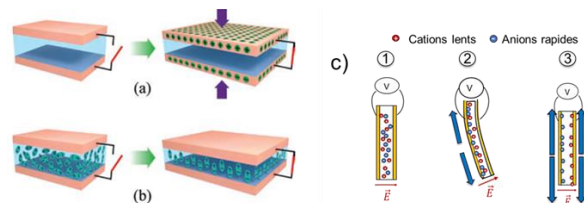


Figure. a) Maxwell effect b) interaction of dipoles with the electric field (B. Kim et al. , Adv. Funct. Mater. 2011, 21, 3242.) c) migration of ions near the electrodes

**Profile of the desired candidate :**

The student must have a solid background in materials science (a specialisation in polymeric materials science would be a plus) at Master 2 level (engineering or university). The candidate should have a strong interest in materials development and experimental characterization and an interest in exploratory (non-applied) research.

**Remuneration:** internship bonus

**Desired start date:** February or March (adjustable)

**End date:** July or August (adjustable)

**Location:** Campus de la Doua (Villeurbanne next to Lyon) in the LGEF, IMP and MatéIS laboratories which are less than 5 minutes walking distance from each other.

**Contacts :** To apply, please send a CV and a cover letter to the following three contacts, putting "Internship: application" in the subject line.

Gildas Coativy (email : [gildas.Coativy@insa-lyon.fr](mailto:gildas.Coativy@insa-lyon.fr) ),  
Sébastien Livi (email : [sebastien.livi@insa-lyon.fr](mailto:sebastien.livi@insa-lyon.fr) ) ,  
Florent Dalmas (email : [florent.dalmas@insa-lyon.fr](mailto:florent.dalmas@insa-lyon.fr) )