

# Actionneurs tout solides à base de polymères conducteurs électroniques et de polymères liquides ioniques

Frédéric B. RIBEIRO, Giao T.M. Nguyen, Alexander S. Shaplov, Cédric PLESSE, Frédéric VIDAL

*Laboratoire de Physico-Chimie des Polymères et Interfaces (LPPI), Université de Cergy-Pontoise, Paris Seine*

Depuis une vingtaine d'années les actionneurs à base de polymères électroactifs intéressent de nombreux groupes de recherche à travers le monde en tant que matériaux stimulables prometteurs pour l'élaboration de muscles artificiels et de capteurs biomimétiques. Parmi eux, ceux à base de polymères conducteurs électroniques (PCE) ont l'avantage de se déformer sous l'application d'une faible tension électrique (environ 2V), et d'être biocompatibles, légers et micro-dimensionnables. Ces actionneurs sont généralement élaborés dans une configuration tri-couche, constitués de deux électrodes de PCE séparées par une membrane polymère support d'électrolyte, jouant le rôle de réservoir d'ions.

Lors de l'application d'une tension électrique, des processus d'oxydo-réduction ont lieu dans les électrodes de PCE et vont entraîner l'insertion/expulsion d'ions assurant l'électroneutralité. Les changements de volume résultant conduisent à la déformation en flexion du matériau tricouche et donc à la conversion d'une énergie électrique en travail mécanique.

La présence d'un électrolyte liquide dans le matériau peut cependant s'avérer problématique. En effet, si les problèmes classiques d'évaporation ont été résolus par l'utilisation de liquide ionique (LI), ces systèmes peuvent rester sujet à des problèmes de fuite ou de désorption. De plus, l'incorporation de l'électrolyte dans le dispositif, généralement réalisé lors d'une étape finale de gonflement s'avère délicate lorsque des actionneurs micrométriques sont considérés.

Le but de ce travail est donc de développer des actionneurs « tout-solide » par l'utilisation de polymères liquides ioniques (PLIs). Les PLIs sont une nouvelle classe de polyélectrolytes qui ont récemment attiré une attention considérable grâce à leurs propriétés qui combinent à la fois celles des liquides ioniques et celles des polymères. Dans cette étude, des actionneurs tri-couches ont été élaborés via l'utilisation de réseaux semi-interpénétrés (s-RIP) à base de PLIs linéaires et d'un réseau de poly(oxyde d'éthylène) (PEO) comme membranes centrales. Dans un tel système, le PLI apporte ainsi les ions mobiles nécessaires au processus redox du PCE. Le réseau PEO apporte la stabilité dimensionnelle du fait de sa structure réticulée mais facilite également le transport des ions grâce à ses segments polaires. Leur combinaison au sein d'une structure semi-interpénétrée aboutit ainsi à une synergie de leurs propriétés respectives. En faisant varier les conditions de synthèse de ces s-RIP, une conductivité maximale de  $8,4 \cdot 10^{-5}$  S/cm à 25 °C a pu être obtenue. Dû à leur bonnes propriétés mécaniques (Module d'Young d'environ 1,3 MPa), ces membranes ont pu être élaborées sous forme de couches minces (15 µm) par enduction centrifuge.

Les électrodes ont, elles, été synthétisées par polymérisation en phase vapeur (PPV) et sont un composite de poly(3,4-éthylènedioxythiophène) (PEDOT) et de PLI. Des conductivités électroniques de l'ordre de 1000 S/cm pour des épaisseurs de 1,5 µm ont été obtenues ce qui classe ces électrodes parmi les plus hautes conductivités électroniques décrites pour des épaisseurs micrométriques.

La synthèse et les caractérisations des s-RIP et des électrodes seront présentés. Les caractérisations électrochimiques ainsi que les performances de déformation de ces premiers actionneurs « tout- solide » seront également présentées.