

## Sujet de thèse pour la rentrée 2016

**Laboratoire :** Institut des Molécules et Matériaux du Mans IMMM- UMR CNRS 6283

**Titre du sujet de thèse :** Elaboration d'hydrogels à double réseau covalents dynamiques magnétosensibles et thermoréversibles.

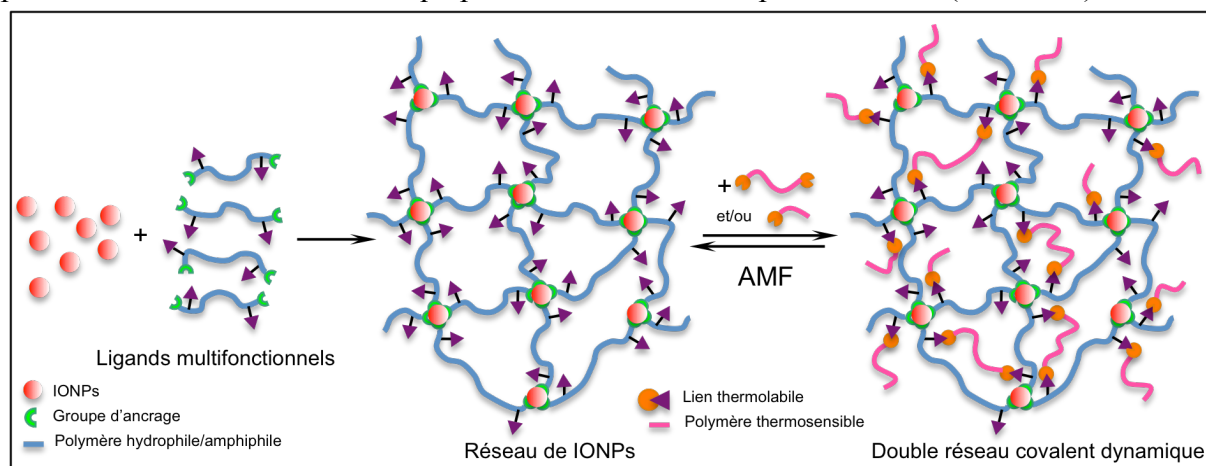
**Contact / courriel / téléphone :** Véronique Montembault ; [veronique.montembault@univ-lemans.fr](mailto:veronique.montembault@univ-lemans.fr) ; 02 43 83 33 78. Sandie Piogé ; [sandie.pioge@univ-lemans.fr](mailto:sandie.pioge@univ-lemans.fr) ; 02 43 83 36 64.

**Financement envisagé :** MESR

### Résumé :

Les hydrogels à double réseau<sup>1</sup> constituent une classe de matériaux particulièrement intéressante en raison de leur capacité à résister à des déformations importantes<sup>2</sup>, pouvant être utilisés pour le stockage d'hydrogène<sup>3</sup> ou dans le domaine de l'ingénierie tissulaire<sup>4</sup>. En particulier, les hydrogels à double réseau dynamiques, aptes à réagir à des stimuli extérieurs, semblent une voie très prometteuse pour régénérer des réseaux 3D endommagés pouvant trouver des applications en tant que matériaux auto-cicatrisants<sup>5</sup>. Parmi les systèmes développés, ceux incorporant des nanoparticules magnétiques au sein d'un réseau 3D permettent une activation par hyperthermie *via* un champ magnétique alternatif (AMF). Néanmoins, dans les systèmes actuellement étudiés, les nanoparticules magnétiques sont intégrées dans la matrice *via* des interactions faibles.

Pour notre part, nous nous intéressons à l'élaboration d'hydrogels à double réseau dynamiques constitués de nœuds de nanoparticules d'oxyde de fer (IONPs) connectés entre eux par des ligands multifonctionnels incorporant un lien thermoréversible qui peut être activé sous exposition AMF (Schéma 1).



**Figure 1.** Représentation schématique de la formation d'un hydrogel à double réseau covalent dynamique. Il s'agira dans un premier temps de synthétiser des ligands multifonctionnels de longueur variable possédant deux fonctions d'ancrage aptes à stabiliser les nanoparticules et présentant deux groupements précurseurs de lien thermolabile.<sup>6</sup> Des hydrogels 3D seront ensuite élaborés en deux temps par complexation avec des IONPs pour générer le réseau de IONPs puis par réaction avec un polymère bifonctionnel permettant de générer un lien thermolabile (réactions de Diels-Alder et rétro Diels-Alder). Les propriétés rhéologiques de ces systèmes seront étudiées en fonction de leur structure (longueur des polymères), de la température et sous AMF.

Ces travaux seront réalisés en collaboration avec le Dr. J. Fresnais (PHENIX, UMR 7195, Université Paris VI) et avec le Pr. L. Benhiya pour l'étude des propriétés rhéologiques sous AMF.

<sup>1</sup> S. R. Batten, R. Robson, *Angew. Chem. Int. Ed.* **1998**, *37*, 1460. <sup>2</sup> J. P. Gong, Y. Katsuyama, T. Kurokawa, Y. Osada, *Adv. Mater.* **2003**, *15*, 1155. <sup>3</sup> F. Su, C. L. Bray, B. O. Carter, G. Overend, C. Cropper, J. A. Iggo, Y. Z. Khimyak, A. M. Fogg, A. I. Cooper, *Adv. Mater.* **2009**, *21*, 2382. <sup>4</sup> J. Malda, J. Visser, F. P. Melchels, T. Jungst, W. E. Hennink, W. J. A. Dhert, J. Groll, D. W. Huttmacher, *Adv. Mater.* **2013**, *25*, 5011. <sup>5</sup> S. Rose, A. Prevoteau, P. Elziere, D. Hourdet, A. Marcellan, L. Leibler, *Nature* **2014**, *505*, 382. <sup>6</sup> T. T. N'Guyen, H. T. T. Duong, J. Basuki, V. Montembault, S. Pascual, C. Guibert, J. Fresnais, C. Boyer, M. R. Whittaker, T. P. Davis, L. Fontaine, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2013**, *52*, 14152.