



**Titre : Croissance et caractérisations multi-échelle de jonctions tunnel hybrides : vers le contrôle des « spinterfaces »**

**Encadrant(e)s de thèse : Sophie Guézo, Pascal Turban, Francine Solal**

Dans le domaine de l'électronique de spin, les raisons d'intégrer des barrières tunnel organiques (mol) dans des dispositifs sont multiples : faible coût, flexibilité, variabilité de leurs fonctionnalités et long temps de vie de spin attendu [1,2]. Le rôle des interfaces dans les propriétés de ces systèmes hybrides organique/inorganique est tel qu'il donne lieu à un nouveau champ d'investigation, appelé « spinterface » [3]. C'est en particulier le caractère discret des états moléculaires qui est à l'origine de la variation des propriétés de magnéto-transport suivant le type de molécules et le détail des interfaces réalisées. Le contrôle de ces interfaces est donc déterminant [4]. C'est dans l'UMR CNRS-Thalès que s'est élaborée la notion de spinterface et récemment des résultats remarquables y ont été obtenus sur des jonctions tunnels organique-inorganique présentant à température ambiante une magnétorésistance de plus de 10%. Cependant, des comportements variables incluant l'inversement de signe pour certaines jonctions avec le sens du champ magnétique appliqué y sont observés [5]. Il est clair que la nature des orbitales moléculaires qui interviennent et leur polarisation en spin sont des informations fondamentales pour aller plus loin. Dans ce domaine, des travaux pionniers ont été réalisés sur des molécules de type phtalocyanine présentant une interaction faiblement covalente avec des surfaces de métaux ferromagnétiques, mais peu de résultats existent en ce qui concerne des molécules ancrées de manière covalente constituant une barrière tunnel organique. Pour ce faire, il faut réaliser des interfaces très contrôlées (substrat monocristallin, rugosité minimale, couche moléculaire ordonnée), élaborées entièrement sous ultra-vide avec un suivi de la qualité de la croissance des différentes interfaces, ce qui est notre expertise majeure.

Dans ce contexte, nous proposons ici de réaliser des hétérostructures hybrides formées de barrières tunnel à base de monocouche de molécules organiques, à savoir des systèmes de type FM/mol/FM (FM : métal ferromagnétique). En modifiant les faces cristallines du substrat, la longueur des molécules organiques, ou encore la terminaison de ces dernières, il sera possible d'identifier les liens existant entre la structure et les propriétés de transport dépendant du spin à travers ces interfaces hybrides contrôlées. Les propriétés physico-chimiques des systèmes seront reliées aux mesures de transport, via des caractérisations multi-échelles (techniques de laboratoire et rayonnement synchrotron). En particulier, l'utilisation du BEEM [6,7], technique dérivée de la microscopie à effet tunnel (STM), pour ces systèmes susceptibles de présenter des propriétés de transport dépendant du spin est tout à fait unique à l'échelle internationale. Précédemment, les résultats obtenus par BEEM sur des hétérostructures de type Métal/mol/GaAs [8] ont permis de contrôler l'homogénéité des interfaces (Thèse A. Junay 2012-2015), et d'améliorer la reprise du contact métallique sur le film moléculaire [9]. Beaucoup de ces résultats sont transposables au cas d'hétérostructures FM/mol/FM, même si le contrôle de ces nouvelles hétérostructures est une étude en soi. La combinaison de différents moyens expérimentaux disponibles au laboratoire permettra d'obtenir des systèmes « propres » et contrôlés.

Les résultats attendus concernent la polarisation en spin et l'alignement en énergie des premiers états moléculaires vides (LUMO) et leur dépendance vis-à-vis du métal ferromagnétique

utilisé, des faces cristallographiques où s'effectue l'attache de la molécule et de la nature de la fonction organique utilisée. Des calculs DFT sont envisagés pour modéliser ces systèmes.

Le(a) candidat(e) bénéficiera de l'ensemble du parc expérimental de l'équipe, proposant des outils de caractérisation de surface (photoémission X et UV, microscopie à effet tunnel ou STM), de transport (Microscopie à Emission d'Electrons Balistiques ou BEEM, mesures I-V et C-V) et magnétiques (effet Kerr magnéto-optique, BEMM), permettant des caractérisations à différentes échelles, de la molécule à l'échantillon entier. Des mesures de photoémission et d'absorption X au synchrotron SOLEIL (ligne ANTARES et ligne TEMPO) seront aussi envisagées.

Au-delà du co-encadrement de la thèse, le(a) candidat(e) pourra enrichir ses connaissances et ses compétences (à la fois techniques, scientifiques et humaines) en travaillant auprès des membres de l'équipe, au sein de l'IPR et au contact des équipes du LPS et de l'UMR Thales-CNRS.

### Références :

- [1] J. R. Petta, S. K. Slater, *et al.*, Physical Review Letters, 93, 136601 (2004)
- [2] S. Sanvito, Chemical Society Reviews, 40, 3336-3355 (2011)
- [3] S. Sanvito, Nat Phys, 6, 562-564 (2010)
- [4] M. Galbiati, S. Tatay, *et al.*, Applied Physics Letters, 106, 082408 (2015)
- [5] Thèse Sophie Delprat (2017)
- [6] Y. Zheng, A. T. S. Wee, *et al.*, Applied Physics Letters, 95, 143303 (2009)
- [7] A. Bannani, C. Bobisch, *et al.*, Science, 315, 1824-1828 (2007)
- [8] A. Junay, S. Guézo, *et al.*, Journal of Applied Physics, 118, 085310 (2015)
- [9] A. Junay, S. Guézo, *et al.*, The Journal of Physical Chemistry C, 120, 24056-24062 (2016)

---

**Candidate (s) :** Le(a) candidat(e) devra présenter une formation initiale en physique ou physique-chimie, avec une spécialité en Matériaux, Couches Minces, Nanosciences, Physique des Surfaces et Interfaces, Matière Condensée, Physique du solide.

Compréhension écrite (et orale) de l'anglais et du français

**Pour prendre contact, envoyer un CV, une lettre de motivation ainsi qu'une lettre de recommandation du responsable de M2, à:**

sophie.guezo@univ-rennes1.fr

pascal.turban@univ-rennes1.fr

francine.solal@univ-rennes1.fr

**Contrat de thèse :** 01/10/2019 au 30/09/2022

Possibilité de commencer en stage de M2 sur ce sujet

**Plus d'informations sur le laboratoire et le département :**

<https://ipr.univ-rennes1.fr/departement-materiaux-nanosciences-0>