



Offre de stage master 2019

Magnétométrie ultrasensible de nano-objets individuels

Laboratoire : Laboratoire de Physique et Chimie des Nano-Objets (LPCNO-UMR 5215 INSA-CNRS-UPS)

Equipe : Nanomagnétisme

Encadrants : Benjamin Lassagne, Anne Bernard-Mantel

Contacts : lassagne@insa-toulouse.fr, bernandm@insa-toulouse.fr

Au LPCNO, nous avons accès à une grande variété de nano-objets (NO) synthétisés par voie chimique comme des nano-cubes et des nano-sphères de Fe, des nano-étoiles de Pt, des nano-sphères et des nano-fils d'Or ou encore des nano-bâtonnets de Co. Ces différents types de NO ont un fort potentiel technologique dans des champs aussi divers que la nano-électronique [1], la nano-spintronique [2,3], le stockage de données à haute densité [4], la catalyse chimique ou encore la médecine. Afin d'étudier en profondeur les propriétés électroniques et magnétiques de ces NO et comprendre l'effet de la réduction de dimensionnalité, il est impératif de pouvoir effectuer des mesures sur NO individuel. Or la majorité des études des propriétés de NO se font sur des assemblées ce qui empêche d'avoir accès aux propriétés intrinsèques des NO à cause des effets de moyenne et de couplages entre NO. C'est donc un défi expérimental de pouvoir adresser et mesurer un NO individuel.

Dans le cadre du stage de master et de la thèse proposée dans notre équipe, nous souhaiterions nous focaliser sur les NO magnétiques et développer deux techniques de magnétométrie ultrasensible permettant d'effectuer des mesures sur NO individuels. La première technique de mesure est basée sur **l'étude des propriétés de magnéto-transport de NO piégés entre deux électrodes métalliques**. Nous avons déjà franchi une première étape au LPCNO, en effet nous avons développé un procédé permettant de fabriquer par lithographie électronique des électrodes métalliques distantes de quelques dizaines de nanomètres (que nous appellerons nanogaps par la suite). Nous avons aussi développé un banc de dépôt contrôlé de NO par électrospray [5]. Nous souhaiterions désormais insérer les dispositifs à nanogaps dans le banc d'électrospray afin de piéger des NO dans les nanogaps et étudier les propriétés de magnéto-transport de ces NO en fonction du champ magnétique et de la température. On s'attend à mesurer dans de tels dispositifs des forts couplages entre le spin et le transport de charge, notamment si des régimes de type blocage de Coulomb sont observés. Mesurer de tels couplages dits Magnéto-Coulomb pourrait permettre de sonder en profondeur les propriétés magnétiques des NO [6, 7]. Au-delà de l'aspect fondamental de ces études, de tels nano-dispositifs magnétiques pourraient constituer les briques élémentaires de réseaux de neurones artificiels comme il a été démontré récemment [1].

En parallèle des nanogaps, **nous souhaiterions développer des magnétomètres à effet Hall à base de monocouches de graphène**. En effet, ce matériau possède tous les atouts pour réaliser des magnétomètres ultrasensibles, il a très grande mobilité électronique à température ambiante et une faible densité de porteur qui a l'avantage d'être modulable par une grille électrostatique. Ces propriétés ont permis de démontrer que la sensibilité de magnétomètres à effet Hall à base de graphène est plusieurs dizaines de fois supérieure à ceux réalisés dans des matériaux semi-conducteurs classiques [8]. Nous souhaiterions donc développer de tels magnétomètres au sein de l'équipe nanomagnétisme afin d'étudier les propriétés magnétiques de NO déposés par électrospray

sur la surface du graphène. En termes de potentiel technologique, le développement d'hétérostructures à base de graphène et de NO magnétiques ou d'autres matériaux 2D ferromagnétiques comme le CrBr₃ ouvrent d'importantes possibilités en termes de contrôle des propriétés par une tension ou un courant électrique, rendant ces hétérostructures particulièrement pertinentes pour les applications en microélectronique [9].

Dans le cadre du stage de master, l'étudiant(e) se focalisera sur le développement de l'une des deux techniques. Le travail du stage sera donc très pluridisciplinaire. L'étudiant(e) sera amené(e) à

- (i) Fabriquer les dispositifs par lithographie électronique (nanogaps ou magnétomètre en graphène).
- (ii) Utiliser le banc d'électrospray pour déposer les NO sur les dispositifs.
- (iii) Effectuer les mesures électriques en fonction du champ magnétique et de la température sur les dispositifs ainsi réalisés.

Enfin, l'étudiant(e) aura la possibilité de poursuivre en thèse à partir d'octobre 2020 grâce à un financement ministériel.

Profil recherché :

En formation ingénieur ou en master 2, spécialité physique de la matière, nano-physique et nanotechnologie. Le/la candidat(e) devra avoir un attrait certain pour l'expérimentation et la pluridisciplinarité. Il/elle devra être méticuleux(se), organisé(e) et faire preuve d'initiative et d'autonomie.

Référence bibliographique

- [1] A. Mizrahi & al, Nature Communication, vol 9, p1 (2018)
- [2] 1. Zutic & al, Reviews of Modern physics, vol 76, p323 (2004)
- [3] P. Seneor & al, Journal of Physics: Condensed Matter, vol 19, p165222 (2007)
- [4] N. Iakakos & al, Nano Letters. Vol 14, p3481 (2014)
- [5] P. Agostini & al, J Nanopart Res, 18, p11 (2016)
- [6] J. S. Moodera & al Phys. Rev. Lett. 74, p3273 (1995)
- [7] A. B-Mantel & al, Nature Physics, vol 5, p920 (2009)
- [8] S. Pisana & al, Nano Letters, vol 10, p341 (2010)
- [9] M. Kim & al, arXiv : 1902.06988 (2019)