

## Nanofeuillets d'oxydes ferromagnétiques pour la spintronique

Thèse financée dans le cadre du projet ANR ONSET 2023-2027 et du PEPR SPIN (financements acquis)

Institut de Physique de Rennes, UMR 6251 CNRS/Université de Rennes  
Institut des Sciences Chimiques de Rennes, UMR 6226 CNRS/Université de Rennes

Cette thèse se positionne à l'interface entre sciences des matériaux et électronique de spin. Elle sera réalisée conjointement à l'Institut de Physique de Rennes et à l'Institut des Sciences Chimiques de Rennes dans le cadre du projet ANR ONSET ayant débuté en janvier 2023. Le but de cette thèse est d'étudier le potentiel inexploré de nanofeuillets d'oxydes 2D comme briques de base pour la spintronique. Ces nouvelles familles d'oxydes 2D offrent diverses propriétés physiques d'intérêt, telles que de fortes constantes diélectriques, l'existence d'ordres ferroélectriques ou ferromagnétiques à 2D, tout en étant stables à l'air, atout de choix pour la spintronique 2D [1]. Le stage cherchera à démontrer ce potentiel en développant un matériau 2D présentant les particularités remarquables d'être stable à l'air et ferromagnétique à température ambiante. Pour ce faire, le/la doctorant(e) se focalisera sur le nanofeuillet modèle récemment découvert  $Ti_{1-x-y}Fe_xCo_yO_2$ , isolant ferromagnétique 2D [1-3] pouvant être employé comme filtre à spin. Cette famille de nanofeuillets sera étudiée, depuis la synthèse des cristaux massifs lamellaires parents jusqu'à l'intégration de nanofeuillets dans des jonctions tunnel magnétiques.

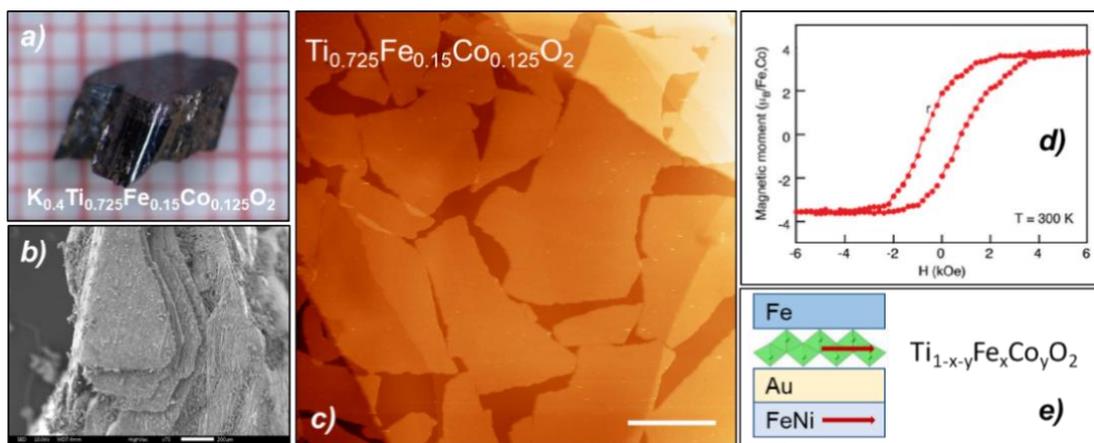


Figure 1 : cristal millimétrique de la phase lamellaire parente  $K_{0.4}Ti_{1-x-y}Fe_xCo_yO_2$  : a) photographie et b) micrographie MEB (barre d'échelle 200 $\mu$ m) ; c) Image STM de monofeuillets  $Ti_{1-x-y}Fe_xCo_yO_2$  transférés sur substrat de graphite (barre d'échelle 200nm) ; d) cycle d'hysteresis obtenu à 300K sur des nanofeuillets  $Ti_{1-x-y}Fe_xCo_yO_2$  (d'après [3]) ; exemple de jonction tunnel magnétique hybride intégrant un nanofeuillet ferromagnétique de  $Ti_{1-x-y}Fe_xCo_yO_2$

Le/La doctorant(e) synthétisera dans un premier temps les phases lamellaires parentes pour différentes compositions en éléments magnétiques. Un effort particulier sera consacré à l'optimisation des paramètres de croissance cristalline afin d'obtenir des monocristaux de grande taille. Les propriétés magnétiques de la phase parente seront ensuite caractérisées par magnétométrie SQUID afin de sélectionner les compositions conduisant à une température de Curie élevée, une forte aimantation à saturation et un faible champ coercitif [3]. Deux stratégies d'exfoliation seront mises en œuvre pour l'obtention de nanofeuillets ferromagnétiques de  $Ti_{1-x-y}Fe_xCo_yO_2$ . Une méthode d'exfoliation chimique, déjà maîtrisée dans le consortium ONSET, permettra la préparation routinière de solutions colloïdales de nanofeuillets (taille latérale entre 1 et  $10\mu m$ ) pouvant être utilisée pour le dépôt par drop-casting de monocouches denses de feuillets sur n'importe quel substrat. Les monocristaux massifs de grande taille seront eux exfoliés mécaniquement avec l'objectif d'obtenir des monofeuillets de grande taille latérale (i.e.  $> 100 \mu m$ ). Les nanofeuillets obtenus seront caractérisés après exfoliation et transfert par MEB, AFM, STM et spectroscopie Raman. Leurs propriétés magnétiques seront étudiées par des mesures magnéto-optiques (effet Kerr, effet Faraday). Les propriétés électroniques des nanofeuillets ferromagnétiques seront étudiées de manière intensive par spectroscopies électroniques en laboratoire et au synchrotron SOLEIL (photoémission résolue en angle et en spin, dichroïsme circulaire d'absorption des rayons X). Finalement, le/la doctorant(e) prendra en charge l'intégration de nanofeuillets de  $Ti_{1-x-y}Fe_xCo_yO_2$  (monocouche ou multicouche) dans des jonctions tunnel magnétiques de référence associant nanofeuillets ferromagnétiques et films minces de métaux de transition ferromagnétiques (Fe, Co). Les jonctions tunnel seront définies par des méthodes de lithographie optique conventionnelle puis caractérisées en transport et magnéto-transport. On cherchera en particulier à corrélérer propriétés de magnéto-transport et propriétés électroniques aux interfaces de la jonction tunnel.

[1] M. Osada, T. Sasaki, [Adv. Mater. 24, 210 \(2012\)](#).

[2] B.W. Li et al., [J. Am. Chem. Soc. 139, 10868 \(2017\)](#).

[3] M. Osada et al., [Nanoscale 6, 14227 \(2014\)](#).

**Profil recherché :** Nous recherchons un(e) étudiant(e) diplômé(e) d'un Master Nanosciences ou Physique des Matériaux avec un excellent dossier académique. Il/elle devra avoir un goût affirmé pour la physique expérimentale (élaboration, caractérisation). Des connaissances avancées en physique du solide (propriétés électroniques, magnétisme, transport et magnéto-transport) constituent un atout certain.

**Les candidat(e)s sont invité(e)s à fournir CV, lettre de motivation, relevés de notes des années précédentes et lettres de recommandation.**

Contact :

Pascal Turban (Pr UR1, IPR) ; e-mail : [pascal.turban@univ-rennes.fr](mailto:pascal.turban@univ-rennes.fr)