

# Sujet de thèse

## Propriétés Magnétiques aux Interfaces Ferromagnétiques/Matériaux 2D : Expérience et Théorie.

Directeur de thèse : M. Chérif  
Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux (LSPM)  
Université Paris 13-Sorbonne Paris Nord  
Email : cherif@univ-paris13.fr  
Tel : 01.49.40.34.73

Implication locale : Y. Roussigné et S. Farhat

Ecole Doctorale Galilée, Université Paris 13-Sorbonne Paris Nord

### 1/ Contexte et originalité

Il est apparu récemment que les matériaux 2D peuvent exhiber des propriétés intéressantes pour l'électronique de spin. Par exemple, le *graphène* (Gr), avec sa mobilité électronique élevée et son faible couplage spin-orbite est parmi les meilleurs candidats pour les grandes longueurs de diffusion de spin. D'autres matériaux tels que le nitrure de bore (*h-BN*) et les dichalcogénures, spécialement ceux avec des atomes lourds tels que *MoS<sub>2</sub>* ou *WSe<sub>2</sub>*, ont également suscité un fort intérêt aussi bien pour la *spinorbitronique*. Récemment, ce domaine a dépassé le stade du graphène pour explorer les propriétés des *hétérostructures de dichalcogénures* (dites de Van der Waals) offrant ainsi la possibilité d'induire de nouvelles fonctionnalités émergentes pour le développement de *dispositifs spintroniques* à faible consommation énergétique.

L'un des enjeux majeurs ces dernières années en spintronique est le contrôle des propriétés des matériaux magnétiques et des spins des électrons. La combinaison de films magnétiques ultraminces possédant des propriétés différentes en est la méthode classique. Une *approche émergente* consiste en le *couplage* des matériaux ferromagnétiques (*FM*), tels que Co, Ni, Fer et leurs alliages, avec des matériaux 2D est une piste intéressante de par les caractéristiques propres des *matériaux 2D* (longueur de diffusion de spin importante ; signaux de spin forts) et des matériaux ferromagnétiques (forte aimantation, anisotropie magnétique, amortissement magnétique (*damping*)).

De telles études nécessitent de cerner soigneusement les effets aux interfaces FM/2D. Il est ainsi capital de savoir comment des paramètres clés pour l'électronique de spin, comme l'anisotropie magnétique perpendiculaire (*PMA*), l'amortissement magnétique (*damping*) ou encore l'interaction Dzyaloshinskii-Moriya (*DMI*), varient aux interfaces FM/2D, dont les qualités structurales, chimiques et électroniques doivent être bien maîtrisées via les procédés d'élaboration impliqués.

Malgré l'intérêt croissant pour ces systèmes, la *caractérisation expérimentale des propriétés magnétiques dynamiques liées aux interfaces FM/2D*, en est encore aux balbutiements.

### 2/ Objectifs et valeur ajoutée

L'objectif principal de ce travail de thèse est ainsi de tester le potentiel des systèmes FM/2D dans le développement de la future génération des dispositifs de l'électronique de spin, en étudiant le comportement de *trois paramètres clés* (*PMA*, *DMI* et *damping*). Une approche efficace permettant de les *investiguer simultanément* est d'étudier leurs propriétés magnétiques dynamiques par la technique de diffusion inélastique de la lumière (*BLS*) dont l'équipe dispose d'une solide expérience et une forte expertise. D'autre part, la possibilité d'élaborer des matériaux 2D (Graphène, hBN, dichalcogénures de métaux de transition tels que *MoS<sub>2</sub>*, *WS<sub>2</sub>*, ...) au LSPM en collaboration avec S. Farhat, permet de *renforcer cette thématique pluridisciplinaire émergente au LSPM et d'explorer divers systèmes susceptibles de répondre aux problématiques scientifiques posées*.

Une confrontation aux calculs *ab-initio* via une modélisation s'approchant au plus près de la réalité expérimentale des interfaces FM/2D, permettra d'aller vers une compréhension plus poussée des phénomènes magnétiques impliqués. En effet, la prise en compte des inhomogénéités structurales (rugosité, ripple, morphologie) ou chimique (interdiffusion aux interfaces) dans les calculs *ab-initio* aidera à comprendre leur rôle dans les mécanismes physiques générant les effets d'interface discutés, d'un côté, et de les quantifier d'un autre côté. Ce travail se fera en collaboration avec le Pr. S. Lounis de l'Université de Duisburg-Essen et du centre de recherche de Jülich en Allemagne.

En conclusion ce sujet de thèse aborde une thématique en plein essor aussi bien au niveau national qu'international, pluridisciplinaire par essence, et pour laquelle le LSPM dispose d'atouts importants pour bien le positionner, ainsi que l'USPN, dans la compétition internationale.