

Sujet thèse / PhD subject 2024

Titre Thèse	Étude du Couplage Magnon-Phonon dans les Nanostructures Magnétiques pour des Applications en Spintronique et Phononique.	
(Co)-Directeur	Olivier BouMatar	E-mail : olivier.boumatar@centralelille.fr
(Co)-Directeurs	El Boudouti El Houssaine	E-mail : elboudouti@yahoo.fr
(Co)-Encadrant (s)	Mohamed Boutghatin	E-mail : mohamed.boutghatin@centralelille.fr
Laboratoire	IEMN	Web : https://www.iemn.fr/
Groupe(s)	AIMAN-FILMS	Web :
Projet phare (principal)	Micro/nanodevices/Materials	
Demande thèse labellisée IEMN	Non	
Financement demandé	Contrat Doctoral	ULille <input type="checkbox"/> Centrale Lille <input checked="" type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/>
	Etablissement	
	Région – Autre <input type="checkbox"/> Préciser : Région	Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, acquis ou pas) : Possibilité cotutelle Univ Mohamed 1 ^{er} Oujda, Pr. El Boudouti.
Financement acquis <input checked="" type="checkbox"/>	Contrats de Recherche <input type="checkbox"/>	Autre <input type="checkbox"/>
Financement partiellement acquis <input type="checkbox"/>	Préciser :	Préciser : Possibilité cotutelle Univ Mohamed 1^{er} Oujda, Pr. El Boudouti.

Résumé du sujet :

Les ondes de spin, également connues sous le nom de magnons, représentent des excitations fondamentales présentes dans les matériaux magnétiques. Tout comme la photonique et la phononique dans le domaine de l'optoélectronique et la microa-coustique, la magnonique vise à exploiter les caractéristiques physiques distinctives des magnons pour faire progresser les technologies de traitement du signal et de détection dans les systèmes spintroniques. Malgré la démonstration récente de preuves de concept, élevant les dispositifs à ondes de spin au rang des technologies les plus prometteuses au-delà des CMOS, les avancées dans ce domaine sont entravées par des défis liés à l'efficacité énergétique et aux limites imposées par la réduction d'échelle. L'unanimité au sein de la communauté de la spintronique soutient l'idée que des percées significatives pour libérer le potentiel de la magnonique se situent à la convergence de la magnonique, de la spintronique et de la magnéto-acoustique. Depuis deux décennies, le groupe AIMAN FILMS s'est positionné dans l'étude des systèmes magnétostrictifs à base de couches minces, offrant des voies prometteuses pour le développement de dispositifs magnétoélectriques, de guides d'ondes élastiques accordables, et d'autres fonctionnalités dans le domaine des THz. L'approche adoptée consiste à utiliser la contrainte (ondes élastiques) ou un champ électrique, qui est techniquement moins complexe que la manipulation du système magnétique avec un champ magnétique, ce qui est avantageux pour des applications de traitement du signal et de détection. Plusieurs thèses ont été soutenues sur la thématique : la thèse de Yannick Dusch (2012), la thèse de Theo Maturin (2015), la thèse de Huan Zhou (2014), la thèse de Mohamed Moutaoukiel (2018) et la thèse d'Aurelien Mazzamurro (2020). En collaboration avec les professeurs invités par Centrale Lille, El Houssaine El Boudouti (Univ Mohamed 1er Oujda Maroc expert en phononique et photonique) et le Pr. Rachid Sbiaa (Université Sultan Qaboos University, Muscat : expert en matériaux et en spintronique), nous envisageons d'explorer un domaine de recherche émergent, à savoir la manipulation de magnons et de phonons dans les nanodispositifs spintroniques et acoustiques RF.

Ce projet de thèse vise à investiguer des technologies de composants à l'interface entre la spintronique et la phononique, avec pour objectif de repousser les limites de détection des capteurs de champ magnétique, d'ajouter de nouvelles capacités aux filtres acoustiques RF, voire proposer de nouvelles approches pour le renversement irréversible de l'aimantation. En se concentrant sur le couplage des ondes élastiques avec les ondes de spin dans des nanostructures magnétiques déposées sur des matériaux piézoélectriques, le projet s'articule autour de deux axes de recherche parallèles.

D'une part, le projet s'attache à étudier fondamentalement le couplage des ondes de spin avec les ondes élastiques générées électriquement dans des matériaux magnétostrictifs soigneusement sélectionnés. L'optimisation des procédures de croissance/fabrication et des configurations de génération de surface acoustic waves (SAW) sera réalisée pour des gammes de fréquences allant jusqu'à 10 GHz. L'objectif est de générer efficacement des ondes de spin en exploitant le fort couplage entre magnons et ondes élastiques de surface guidées.

D'autre part, le projet se concentre sur la réalisation du premier couplage entre états propres phononiques et magnoniques (polaritons) dans des cristaux phononiques et magnoniques (MagPnCs) présentant des structures de bandes communes dans la gamme des GHz. Ces MagPnCs, basés sur des matériaux magnétoélastiques et piézoélectriques micro/nanostructurés, offrent un contrôle avancé de la dispersion des ondes acoustiques et de spin, ouvrant la voie à des composants avec des fonctionnalités avancées.

Les retombées potentielles du projet incluent des preuves expérimentales d'un mode fortement couplé phonon-magnon, des capteurs de champ magnétique avec une limite de détection ultime pour des applications biomagnétiques, des technologies de filtres RF au-delà de 5 GHz avec accordabilité en fréquence. Le projet s'inscrit pleinement dans les projets phares de l'IEMN Materials et Micro/nanodevices.