

## Importance des phénomènes chiraux pour les applications mémoire à base de parois magnétiques tels que les registres à décalage

**Contact :** Ioah-Mihai MIRON DRF//INAC/SPINTEC [mihai.miron@cea.fr](mailto:mihai.miron@cea.fr) 04 38 78 02 79

**Stage pouvant se poursuivre en thèse :** Oui

### Résumé :

Les registres à décalage magnétiques ont été proposés comme alternative à la technologie des disques durs. Ils seraient deux ordres de grandeur plus denses<sup>1</sup> et plus rapides que la technologie des disques durs. Leur réalisation repose sur la possibilité de déplacer des parois de domaine magnétique (zones de transition qui séparent les domaines uniformément aimantés, DW pour domain wall en anglais) par l'application d'un courant électrique. Nous étudions en détail les interactions qui régissent le processus physique du mouvement des DW induit par un courant. Les expériences s'appuieront sur les techniques d'imagerie magnéto-optique ainsi que sur des mesures électriques de magnéto-transport. Les résultats seront analysés et interprétés au moyen de simulations macro-spin et micro-magnétiques.

### Sujet détaillé :

La mémoire "racetrack" est un concept original proposé par IBM<sup>1</sup> dans lequel l'information est codée par le positionnement relatif de parois de domaine magnétique (DW) dans un nanofil magnétique. Le principe de fonctionnement repose sur la possibilité de décaler tous les DWs dans la même direction sans modifier la distance qui les sépare. Si ceci est impossible au moyen d'un champ magnétique (celui-ci pousse deux DWs adjacents dans des directions opposées), le mouvement des DWs induit par un courant électrique présente cette caractéristique particulière.

Nous avons récemment observé que le mouvement des DWs induit par le courant est extrêmement efficace<sup>2</sup> dans des multicouches composées d'un matériau ferromagnétique très mince pris en sandwich entre un métal lourd et un oxyde. L'explication initiale de ce phénomène, en termes de couple de transfert de spin, s'est avérée inadéquate, et il a été démontré que cette caractéristique remarquable est entièrement liée à l'interaction spin-orbite.

En d'autres termes, la présence simultanée d'une forte interaction spin-orbite dans les matériaux et d'une asymétrie structurale d'inversion (SIA) de l'empilement<sup>3</sup>, conduit à l'apparition de phénomènes physiques qui peuvent expliquer l'extraordinaire efficacité du déplacement des DW par un courant. D'une part, le courant électrique produit de forts couples de spin-orbite (SOT) agissant sur l'aimantation et, d'autre part, le SIA induit une énergie chirale qui oblige les DWs à adopter une chiralité fixe, les rendant très sensibles aux SOT<sup>4</sup>.

En plus de ces deux phénomènes jouant un rôle dominant pour le mouvement des DWs, nous en avons très récemment découvert un troisième<sup>5</sup> : la contrepartie dissipative de l'énergie chirale. La présence de cet amortissement chirale rend l'image du déplacement des DW encore plus complexe. De plus, il est très difficile de démêler les rôles de ces différents phénomènes. Cependant, la pleine compréhension des mécanismes physiques est nécessaire afin de contrôler et d'améliorer l'efficacité de ce processus dans l'objectif d'applications mémoire.

Le travail de stage inclura la conception des matériaux, déposés à SPINTEC et en collaboration avec d'autres centres de recherche, leur structuration en salle blanche et l'étude du mouvement des DWs par microscopie magnéto-optique.

Le candidat devra avoir le goût de la compréhension profonde des phénomènes physiques complexes et être intéressé par les applications potentielles de leurs découvertes.

1. S.S.P. Parkin, M. Hayashi, and L. Thomas. "Magnetic domain-wall racetrack memory." *Science* 320.5873 (2008): 190-194.
2. I.M. Miron et al. "Fast current-induced domain-wall motion controlled by the Rashba effect." *Nature materials* 10.6 (2011): 419.
3. I.M. Miron et al. "Perpendicular switching of a single ferromagnetic layer induced by in-plane current injection." *Nature* 476.7359 (2011): 189.
4. K.-S. Ryu et al. "Chiral spin torque at magnetic domain walls." *Nature nanotechnology* 8.7 (2013): 527.
5. E. Jué et al. "Chiral damping of magnetic domain walls." *Nature materials* 15.3 (2016): 272.



INSTITUT NANOSCIENCES  
ET CRYOGÉNIE

la recherche, ressource fondamentale  
research - a fundamental resource

MEM | PHELIQS | SBT | SPINTEC | SYMMES

[inac.cea.fr](http://inac.cea.fr)

**Compétences requises :**

Physique générale, esprit d'équipe, sens de l'humour