

## Caractérisation de la signature électrique des skyrmions magnétiques

**Contact :** Helene BEA DRF//INAC/SPINTEC [helene.bea@cea.fr](mailto:helene.bea@cea.fr) 0438780864

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

### Résumé :

Les skyrmions sont des bulles magnétiques chirales dans lesquelles l'aimantation suit une cycloïde. Ils peuvent apparaître dans des tricouches métal lourd/ferromagnétique/ oxyde. Cette texture résulte de la présence d'une interaction d'interface (Dzyaloshinskii-Moriya). Elle rend les skyrmions stables, peu sensibles aux défauts et facilement déplaçables par courant. Ils suscitent actuellement un fort engouement : ils pourraient être utilisés comme composants mémoire ou logique.

En utilisant la microscopie magnéto-optique, nous avons récemment montré qu'une tension de grille module leur taille et densité dans des films ultra-minces, conduisant à la réalisation d'un interrupteur à skyrmion [1].

Pour développer des dispositifs à base de skyrmions, leur détection électrique est nécessaire et constitue encore un défi. L'objectif du stage est de s'attaquer à ce verrou technologique.

Le candidat explorera la réponse électrique de ces objets magnétiques tout en les observant. Il(elle) cherchera en particulier une signature de l'effet Hall de skyrmions et évaluera ensuite l'influence d'une tension de grille.

Le candidat fabriquera des microstructures en salle blanche et fera des mesures optiques et de transport. Il(elle) comparera les données avec les modèles existants.

[1] M. Schott et al. Nano Lett., 17, 3006 (2017)

### Sujet détaillé :

Les skyrmions sont des bulles magnétiques chirales : leur texture magnétique, ou topologie, est particulière, car l'aimantation suit une cycloïde lorsqu'on le traverse. Ils peuvent apparaître dans des tricouches ultraminces métal lourd/ ferromagnétique / oxyde. Cette topologie résulte de la présence d'une interaction d'interface appelée interaction de Dzyaloshinskii-Moriya (DMI) qui est due à l'asymétrie de la structure. Elle rend les skyrmions stables, moins sensibles aux défauts que les parois de domaine habituelles et facilement déplaçables par courant électrique. Les skyrmions suscitent actuellement un fort engouement car ils pourraient être utilisés pour le stockage dense à l'échelle nanométrique avec une faible consommation électrique ; ils pourraient également être utilisés pour la logique magnétique.

En utilisant la microscopie magnéto-optique, nous avons récemment montré qu'une tension de grille peut moduler la taille et la densité des skyrmions dans des films ultra-minces. Enfin, nous avons été jusqu'à créer et effacer des skyrmions en appliquant une tension, conduisant à la réalisation d'un interrupteur à skyrmion [1]. Ces mesures ont été effectuées à température ambiante avec des matériaux compatibles avec l'électronique. Nous avons observé cet effet d'interrupteur à skyrmion dans deux types de tricouches, Pt / Co / AlOx et Ta / FeCoB / TaOx, où l'origine et les contributions du DMI sont différentes.

La détection électrique des skyrmions est nécessaire pour le futur développement des dispositifs à skyrmions mais constitue encore un défi. L'objectif

du stage proposé est de s'attaquer à ce verrou technologique.

Le candidat explorera la réponse électrique de ces objets magnétiques tout en les observant. À cette fin, il utilisera un microscope à effet Kerr Magnéto-optique dédié permettant d'observer l'échantillon et de mesurer le magnéto-transport simultanément. Il (elle) recherchera en particulier la signature de l'effet Hall de skyrmion et évaluera ensuite l'influence d'une tension de grille sur cette signature électrique. Pour l'observation sous tension, nous avons développé un procédé de microfabrication avec un oxyde épais (50nm) et une électrode transparente qui permet d'appliquer une tension jusqu'à  $\pm 20V$  sur de grandes surfaces (typiquement  $500 \times 50 \mu m^2$ ).

Le candidat fabriquera les microstructures dans la salle blanche située dans le même bâtiment que Spintec (gravure, dépôt par couche atomique, lithographie optique, ...) et effectuera les caractérisations magnéto-optiques et de magnéto-transport. Il (elle) participera ensuite à l'analyse des résultats et comparera les données aux modèles existants.

[1] M. Schott et al. Nano Lett., 17, 3006 (2017)

**Compétences requises :**

master 1 matière condensée