

Première manipulation de la chiralité de skyrmions magnétiques par une tension de grille

Observés expérimentalement il y a une dizaine d'années, les skyrmions magnétiques suscitent beaucoup d'intérêt car ils pourraient être utilisés en spintronique pour stocker et traiter l'information à l'échelle nanométrique. Pour la première fois, des physiciennes et des physiciens ont réussi à modifier un des paramètres clé des skyrmions - leur chiralité - en appliquant une tension de grille, ce qui permet d'agir sur leur sens de déplacement dans un dispositif.

Les skyrmions sont des quasi particules magnétiques, de taille latérale nanométrique à micrométrique, composées de spins qui s'enroulent de proche en proche dans un sens donné, ce sens d'enroulement étant appelé chiralité. Dans des films magnétiques d'épaisseur nanométrique, si on traverse radialement ces skyrmions, les spins tournent de 360° selon une cycloïde (Figure 1). Les skyrmions peuvent être déplacés dans le sens du courant électrique ou dans le sens contraire suivant leur chiralité. Jusqu'à présent leur chiralité était fixée « par construction » selon la nature des matériaux multicouches dans lesquels ils étaient observés. Des chercheurs du laboratoire Spintronique et technologie des composants ([SPINTEC](#), CNRS / CEA / Université Grenoble Alpes), de l'Institut Néel ([NEEL](#), CNRS) et du Laboratoire de sciences des procédés et des matériaux ([LSPM](#), CNRS) ont réussi à contrôler in situ et localement le sens de déplacement des skyrmions en modifiant leur chiralité par application d'une tension de grille. Leurs résultats sont publiés dans la revue *Nature Communications*.

D'un point de vue fondamental, ces résultats sont interprétés comme le changement de signe d'une interaction d'interface à l'origine de la chiralité des skyrmions (interaction dite de Dzyaloshinskii-Moriya, très étudiée dans le cadre de la physique des matériaux déposés en couche minces). D'un point de vue applicatif, c'est un premier pas vers la possibilité de contrôler le mouvement des skyrmions individuellement avec une méthode peu consommatrice d'énergie, ce qui est indispensable pour pouvoir les utiliser comme unité de codage (mémoire) ou dans des portes logiques.

Les skyrmions ont été étudiés dans un système de multicouches nanométriques (Ta/FeCoB/TaOx) typique des dispositifs spintroniques. L'épaisseur de la couche ferromagnétique dans laquelle apparaissent les skyrmions et le degré d'oxydation de l'oxyde adjacent sont des paramètres à affiner très précisément. Les chercheurs ont fabriqué un échantillon avec un gradient d'épaisseur de la couche ferromagnétique suivant une dimension et d'oxydation selon l'autre afin de déterminer la meilleure combinaison, ce savoir-faire n'étant disponible que dans quelques centres de spintronique au monde, dont SPINTEC. Une étude systématique a ensuite été menée pour trouver les paramètres électriques conduisant à l'inversion du mouvement. La figure 2 présente une image de microscopie magnéto-optique dans laquelle on observe les skyrmions (points blancs) et leur sens de déplacement dans le matériau initial. Sous application de la tension de grille, le matériau multicouches est modifié ; en particulier le mouvement des ions oxygène modifie l'état d'oxydation de l'interface avec la couche ferromagnétique, et les nouveaux skyrmions obtenus se déplacent en sens inverse des premiers suite au changement de chiralité.

Ces expériences sont accompagnées de simulations permettant de prédire la configuration magnétique à l'échelle nanométrique : elles expliquent les résultats en lien avec des concepts de physique plus fondamentale comme les interactions d'interface. Pour des applications futures en spintronique, l'étape suivante est un contrôle fin de la propagation de skyrmion plus petits (nanométriques), avec pour objectif de pouvoir diriger, de manière réversible, un skyrmion choisi dans une direction précise. Les chercheurs commencent à travailler sur l'intégration des skyrmions dans un dispositif structuré (piste magnétique) et à développer en parallèle un modèle pour comprendre profondément les mécanismes de physique qui contrôlent le déplacement des skyrmions sous courant.

Mouvement des Skyrmions

Application d'une tension de grille

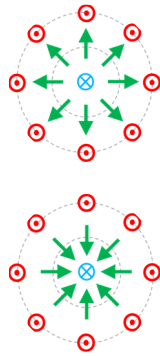


Fig 1

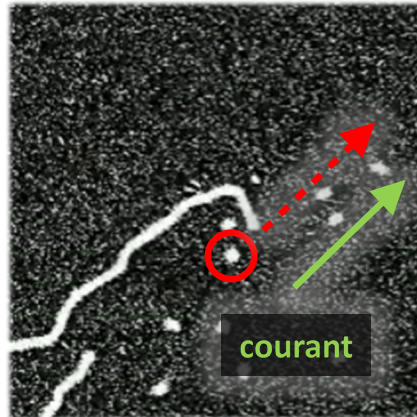


Fig 2 (a)

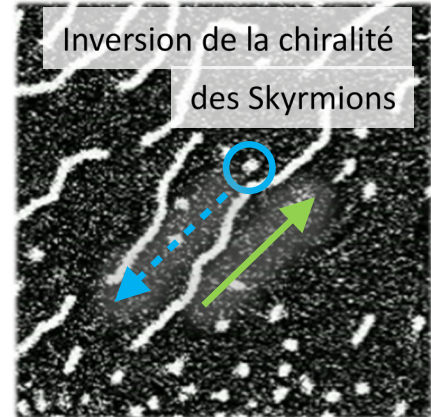


Fig 2 (b)

Figure 1 : Représentation vue de dessus des spins dans des skyrmions de chiralité opposée : à l'extérieur les spins sortent de la feuille (en rouge), à l'intérieur ils entrent vers la feuille (en bleu). Les spins dans la paroi qui les délimite (en vert) tournent dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens inverse lorsqu'on traverse le skyrmion radialement.

Figure 2 : Images de microscopie magnéto-optique illustrant, par les flèches pointillées, le changement de sens de déplacement des skyrmions (points blancs) sous un même courant (flèche verte continue). (a) skyrmions dans le matériau initial, (b) skyrmions sous application d'une tension de grille. La taille des images est d'environ 50 μm .

Crédit : SPINTEC (CNRS / CEA / Université Grenoble Alpes)

Références

Gate-controlled skyrmion and domain wall chirality, Fillion, CE., Fischer, J., Kumar, R. et al., *Nature Communications*, Paru le 07 septembre 2022.

DOI : [10.1038/s41467-022-32959-w](https://doi.org/10.1038/s41467-022-32959-w)

Archives ouvertes [HAL](#) et [arXiv](#)

Contacts

Hélène Béa | Enseignante-Chercheuse Université Grenoble Alpes | SPINTEC | helene.bea@cea.fr
Communication INP-CNRS | inp.com@cnrs.fr