

Sujet de thèse 2019 – Financement acquis

Aimants intégrés submillimétriques pour dispositifs de récupération d'énergie

Directeurs : Lise-Marie Lacroix, LPCNO. lmacroix@insa-toulouse.fr
 Thierry Ondarçuhu, IMFT. thierry.ondarcuhu@imft.fr

Les composants électroniques portables et flexibles sont répartis dans d'innombrables dispositifs de notre vie quotidienne grâce aux efforts considérables déployés par l'industrie des semi-conducteurs pour continuer à intégrer des transistors plus petits et plus efficaces. Étonnamment, les dispositifs micro-usinés nécessitant un actionnement magnétique, tels que des actionneurs, des relais, des capteurs ou encore des isolateurs, n'ont pas bénéficié du même développement. En effet, l'intégration d'aimants performants se révèle un verrou technologique majeur. Par conséquent, l'actionnement des dispositifs actuels est assuré par des aimants permanents macroscopiques externes, limitant ainsi leur compacité et leur portabilité.

Parmi les différents dispositifs nécessitant la fabrication d'aimants et de réseaux d'aimants milli- et sub-millimétriques, les micro-sources d'énergie sont un domaine en pleine essor, notamment pour le

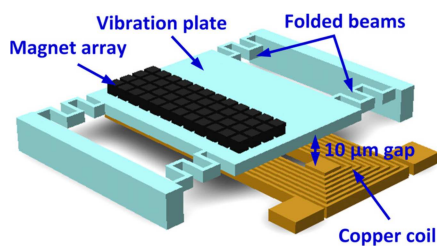


Figure 1. Vue schématique d'un récupérateur d'énergie [1]

développement des nouvelles technologies IoT. En effet, ces micro-sources d'énergie sont la clé de voute pour le développement de dispositifs portables (Figure 1).¹ Les vibrations mécaniques dans l'environnement, caractérisées par des excitations à basse fréquence ($f < 100$ Hz), pourraient être considérées comme des sources d'énergie renouvelables si une conversion efficace de l'énergie est obtenue.² Cependant, le problème de l'intégration des aimants, nécessaire à une transduction électromagnétique efficace, empêche l'utilisation à grande échelle de cette technologie.

Nous avons développé au LPCNO une nouvelle approche par magnétophorèse pour la réalisation d'aimants intégrés de tailles submillimétriques. Cette approche « bottom-up » est basée sur un savoir-faire unique sur la synthèse de nanobâtonnets (NBs) aux propriétés magnétiques optimisées.³ En jouant sur la structuration du substrat et la direction du champ magnétique nous avons montré qu'il était possible d'aligner et de localiser les NBs afin d'obtenir des aimants et des réseaux d'aimants submillimétriques à aimantation planaire ou perpendiculaire (Figure 2).⁴ Une partie du travail de thèse consistera à étudier les forces magnétiques et capillaires en jeu dans l'auto-assemblage et le séchage des structures et de les combiner en vue de l'optimisation des qualités intrinsèques des aimants (alignement et densité). Les connaissances scientifiques et savoir-faire complémentaires du LPCNO et de l'IMFT sur les suspensions colloïdales et les effets capillaires lors de leur séchage seront un atout important pour l'aboutissement du projet.

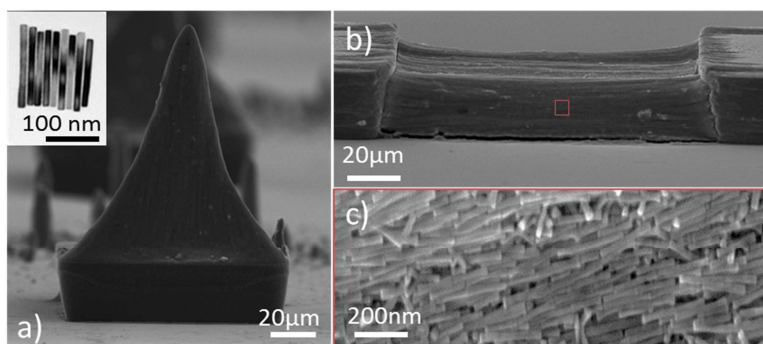


Figure 2. Images obtenues par microscopie électronique d'aimants à aimantation a) perpendiculaire et b) planaire obtenus par évaporation d'une suspension de NBs de Co (insert figure a). c) Image magnifiée de l'aimant planaire (zone rouge figure b) mettant en évidence l'alignement des bâtonnets.

Le programme de travail s'articule autour des grands défis que présente ce projet :

- (i) La synthèse et la modification des propriétés physico-chimiques de bâtonnets de cobalt.
- (ii) L'étude de l'assemblage localisé des NBs sous l'effet combiné du champ magnétique et des forces capillaires afin de contrôler la forme et d'augmenter la densité et l'orientation des NBs.
- (iii) La caractérisation de l'induction induite par ces nouveaux aimants nanostructurés.
- (iv) La réalisation d'un réseau de micro-aimants prêts à être intégrés dans un dispositif de récupération d'énergie en collaboration étroite avec Thierry Leïchlé (LAAS).

Le sujet de thèse très pluri-disciplinaire proposé donnera au doctorant la possibilité de se former à une culture multiple *chimie de synthèse, physique des liquides, nanotechnologie et nanomagnétisme* pouvant déboucher sur un dispositif fonctionnel. Il s'adresse aussi bien aux candidats chimistes intéressés par se former aux nanotechnologies qu'aux candidats physiciens intéressés par la synthèse de nanoparticules par chimie douce.

Grâce aux fortes collaborations établies par le LPCNO et l'IMFT, le doctorant pourra avoir accès à des techniques de caractérisation de pointe au travers d'une mobilité nationale et internationale (Saragosse, Espagne ; Sydney, Australie).

Le doctorant pourra aisément valoriser un tel sujet dans plusieurs filières industrielles (capteurs, microélectronique, micro-nanofluidique...) et académiques.

References

- [1] Han, M. et al. **Sens. Actuators Phys.** 2014, *219*, 38
- [2] Roy, S.; Mallick, D.; Kankana, P. **IEEE Trans. On Magnet.** 2019, DOI : 10.1109/TMAG.2019.2896105
- [3] Anagnostopoulou, E. et al. **Nanoscale** 2016, *8*, 4020.
- [4] Moritz, P., Lacroix, LM. ; Viau, G. ; Leïchlé, T. Patent « Procédé de fabrication d'un aimant permanent » (FR1872920)