

Sujet M2 : Etude du retournement d'aimantation de nanostructures magnétiques par holographie électronique

Responsables : Etienne SNOECK (DR2 – CNRS), Christophe. GATEL (MdC – UPS)
CEMES-CNRS
Email: snoeck@cemes.fr

Les propriétés exceptionnelles des matériaux magnétiques dont les dimensions sont de l'ordre du nanomètre justifient les nombreuses études menées depuis une dizaine d'années sur ces objets. Le succès des applications potentielles de ces nano-objets, notamment dans l'enregistrement et le stockage magnétiques, nécessite la connaissance détaillée des comportements et des configurations magnétiques des objets individuels. Certains des travaux expérimentaux permettent ces déterminations locales des propriétés (ferro)magnétiques de nano-objets (nanoparticules, nano-disques lithographiés, nanofils, nanobatonnets, couches minces lithographiées...). Parmi différentes techniques telles que le micro-SQUID, le MFM, le STM polarisé en spin (SP-STM), la Microscopie de Lorentz... l'Holographie (HE) offre la possibilité de mesurer quantitativement les propriétés magnétiques de nano-objets avec une résolution spatiale importante (~ 5 nm). L'HE est une technique interférométrique qui permet de mesurer le déphasage d'un faisceau d'électrons de grande énergie ayant interagit avec un champ électromagnétique statique. La mesure du déphase du faisceau permet d'étudier la configuration magnétique à la rémanence d'un ou d'une assemblée d'objets (multidomaine, monodomaine, vortex) et de mesurer quantitativement la valeur de l'aimantation. Les résultats peuvent être simulés en utilisant des codes de calculs de micro magnétisme. Les résultats ci-dessous illustrent les potentialités de l'HE et mettent en évidence la configuration magnétique vortex d'un nanocube de fer de 30 nm de coté.

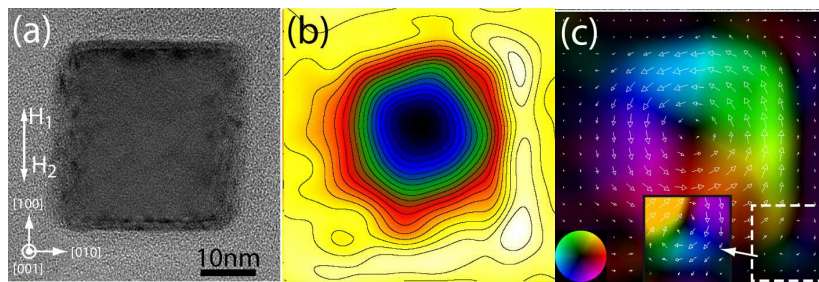


Figure 1a: Image MET d'un nanocube de fer de 30 nm de coté, b: Image de phase montrant la structure vortex des lignes de flux. C : Cartographie de l'aimantation « in-plane »
(Collaboration : CEMES-LPCNO - LCC)

L'objet du stage est de poursuivre les développements de cette technique et d'étudier les processus de retournement de nano-objets sous l'effet d'un champ magnétique externe. A cet effet nous utiliserons le champ créé par la lentille objectif du microscope (1.7 Tesla max) comme source de champ externe. L'utilisation de cette lentille modifiant les conditions d'imagerie, il sera alors nécessaire de développer des méthodes de calcul d'image permettant de recalibrer celles-ci. Ces travaux seront développés sur divers type de nano-objets (nanoparticules, nanobatonnets) notamment ceux étudiés dans le cadre d'une ANR « BATMAG » en cours qui associe le CEMES avec le LPCNO-INSA et le Laboratoire Spintec du CEA de Grenoble.

Bibliographie :

- http://www.cemes.fr/r2_rech/r2_sr4_nmat/index.htm
- *A quantitative analysis of magnetic vortices in Permalloy nanoparticles characterized by electron holography* M. Ammar, M. LoBue, E. Snoeck, M. Hÿtch, Y. Champion, R. Barrué and F. Mazaleyrat *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* (2008), doi:10.1016/j.jmmm.2008.04.021
- *Magnetic configurations of 30 nm iron nanocubes studied by electron holography* - E. Snoeck, C. Gatel L.M. Lacroix, T. Blon, S. Lachaize, J. Carrey, M. Respaud B. Chaudret, *Nano Letters* - accepté
- *Quantitative Magnetization Measurements on Nanometer Diameter Ferromagnetic Cobalt Wires using Electron Holography* E. Snoeck, R. E. Dunin-Borkowski, F. Dumestre, P. Renaud, C. Amiens, B. Chaudret and P. Zurcher *Appl. Phys. Lett.* **82**, p 88 (2003).