

Discipline : Micro et Nano Technologies,  
Acoustique et Télécommunications

Nom du candidat : Théo MATHURIN

**Président de Jury**

**Directeurs de Thèse**

**P. PERNOD** Professeur à Centrale Lille, IEMN  
**N. TIERCELIN** Chargé de Recherche CNRS à l'Université de Lille1, IEMN

**Co-Directeur**

**S. GIORDANO** Chargé de Recherche CNRS à l'Université de Lille1, IEMN

**Rapporteurs**

**U. EBELS** Ingénieure-chercheuse au CEA, SPINTEC  
**A. THIAVILLE** Directeur de Recherche CNRS au LPS

**Membres**

**A. BERNAND-MANTEL** Chargée de Recherche CNRS à l'Institut Néel  
**M. HEHN** Professeur à l'Université de Lorraine, IJL  
**P. LECOEUR** Professeur à l'Université Paris-Sud, C2N

**Invité, co-endradrant**

**Y. DUSCH** Maître de Conférence à Centrale Lille, IEMN

**Invité**

**V. PREOBRAZHNSKY** Professeur Emérite à Centrale Lille, IEMN

**TITRE DE LA THESE**

**Manipulation magnétoélectrique de parois  
de domaine transverses dans des nanostructures magnétoélastiques**

**Magnetolectric manipulation of transverse domain walls  
in magnetoelastic nanostructures**

**RESUME**

La manipulation de parois de domaine magnétique, qui séparent des régions d'aimantation uniforme dans les matériaux, est associée à des enjeux à la fois fondamentaux et technologiques. De nombreux travaux portent sur le déplacement de parois par champs magnétiques et courants électriques. Cependant certaines préoccupations, notamment la dissipation d'énergie, motivent la recherche d'alternatives. Parmi les solutions potentielles, le couplage magnétoélectrique par l'intermédiaire de contraintes mécaniques dans des hétérostructures magnétoélastique/piézoélectrique paraît prometteur. Dans cette thèse, il est montré que l'association d'un champ magnétique de biais et de contraintes mécaniques uniformes peut engendrer le déplacement unidirectionnel d'une paroi de domaine transverse dans des nanostructures à anisotropie uniaxiale. Les considérations statiques et dynamiques de ce phénomène sont étudiées par le biais de procédures numériques ad hoc simulant le couplage mécanique entre substrat de PMN-PT de coupe (011) générant des contraintes, et nanostructures multicouches magnétoélastiques TbCo<sub>2</sub>/FeCo. Le design du profil de section des nanostructures permet de moduler la réponse du système, par exemple pour contrôler la position de parois confinées. La dynamique du système se distingue des régimes habituels de par la forme de la paroi de domaine. L'atteinte de régimes permanents dans des nanorubans montre que des vitesses comparables aux autres techniques sont obtenues, pour une dissipation d'énergie beaucoup plus faible. Des travaux expérimentaux ont permis de mettre au point une procédure de fabrication sur PMN-PT et d'explorer l'effet magnétoélectrique.

The manipulation of magnetic domain walls-that separate regions of uniform magnetization-is associated with both fundamental and technological research interests. A large part of the literature on domain wall motion deals with the use of magnetic fields and electric currents. However, several concerns-most notably energy dissipation-motivates the search for alternatives. Among potential candidates, the mechanical stress-mediated magnetolectric coupling in magnetoelastic/piezoelectric heterostructures seems promising. In this thesis, it is shown that the combination of a bias magnetic field and uniform mechanical stress can induce unidirectional domain wall motion in nanostructures with uniaxial anisotropy. Static and dynamic aspects of this phenomenon are studied by means of ad hoc numerical procedures simulating the mechanical coupling of (011)-cut PMN-PT generating the stress, and TbCo<sub>2</sub>/FeCo multilayers magnetoelastic nanostructures. The design of the cross section profile in nanostructures allows to tailor the response of the system, enabling for instance the control of domain wall position in confined geometries. The associated dynamics stands apart from known regimes because of the shape of the domain wall. The existence of steady-state regimes in nanostripes of constant width shows that velocities comparable to those of other techniques can be obtained, for a fraction of the energy required. Experimental investigations resulted in the development of a successful fabrication process on PMN-PT and the exploration of the magnetolectric effect.

**Soutenance le 14 novembre 2017 à 10h30  
Amphi du LCI**