

Ecole Doctorale

Matière, Molécules et Matériaux

Laboratoire d'Optique et de Magnétisme

AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le jeudi 28 novembre 2019 à 11h

à l'UFR Sciences et Techniques, salle C106/108, 6 avenue Victor Le Gorgeu, Brest

Monsieur JAHJAH WALAA

soutiendra une thèse de doctorat sur le sujet suivant :

" NanOstructures Multiferroïques INtrinsèques et extrinsèques : vers un contrôle Électrique des propriétés magnétiqueS (NOMINÉE) ".

Le jury sera ainsi composé :

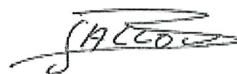
- **M. EL MARSSI MIMOUN, Professeur des universités**
Univ. de Picardie Jules Verne - AMIENS
- **M. JAY JEAN-PHILIPPE, Maître de conférences**
Univ. de Bretagne Occidentale - BREST
- **M. LE GRAND YANN, Professeur des universités**
Univ. de Bretagne Occidentale - BREST
- **M. MARANGOLO MASSIMILIANO, Professeur des universités**
Sorbonne Université - PARIS 05EME
- **M. SPENATO DAVID, Professeur des universités**
Univ. de Bretagne Occidentale - BREST
- **MME WAROT-FONROSE BENEDICTE, Directrice de Recherche**
CEMES-CNRS - TOULOUSE

invité(e)s :

- **M. DEKADJEVI DAVID, Maître de conférences**
Univ. de Bretagne Occidentale - BREST
- **M. SCHIEFFER PHILIPPE, Professeur des universités**
Université Rennes 1 - RENNES

A BREST, le 21 novembre 2019

Le Président de l'Université de
Bretagne Occidentale,



M. GALLOU

Présidence

3, rue des Archives
CS 93837
29238 Brest cedex 3

 www.univ-brest.fr

Titre : Nanostructures Multiferröiques INtrinsèques et extrinsèques : vers un contrôle Électrique des propriétés magnétiques (NOMINÉE)

Mots-clés : multiferröique, magnétoélectrique, magnétostrictif, couplage d'échange, couche mince, renversement de l'aimantation

Résumé : Nous menons trois études expérimentales du comportement de renversement de l'aimantation (RM) dans trois types différents de bicouches, et sous différents types de contraintes. Nous étudions l'influence sur les propriétés magnétiques de l'état structural du BiFeO_3 , de contraintes mécaniques magnétoélastiques dans le $\text{Fe}_{81}\text{Ga}_{19}$, couplées ensuite à des contraintes électriques et même thermiques.

Une bicouche polycristalline composée d'un ferromagnétique $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$, et d'un multiferröique intrinsèque BiFeO_3 , est déposée par pulvérisation cathodique. Sa structure et sa morphologie sont caractérisées par diffraction des rayons X, et microscopie électronique à transmission, révélant deux états structuraux fondamentalement différents du BiFeO_3 dus à des défauts. Le RM est analysé par magnétométrie à échantillon vibrant, fournissant des mesures angulaires à température ambiante. L'état parasité avec la phase parasite Bi_2O_3 augmente les valeurs du champ d'échange en fonction de la concentration de celle-ci, qui est contrôlable. Un état mésoporeux est aussi mis en évidence, et empêche l'établissement de l'anisotropie unidirectionnelle du couplage d'échange.

Des couches minces magnétostrictives de $\text{Fe}_{81}\text{Ga}_{19}$ sont déposées sur des substrats de verre. Leurs caractérisations mettent en évidence une dépendance en épaisseur des propriétés magnétiques, en correspondance avec l'état structural. Deux directions cristallographiques remarquables pour toutes les épaisseurs permettent un RM cohérent. La couche la plus mince présente un coefficient de magnétostriction de 20 ppm, qui diminue pour les couches plus épaisses. Cette tendance est associée à une texture de surface prédominante qui se réduit au profit du volume polycristallin sans orientation préférentielle.

De telles couches de $\text{Fe}_{81}\text{Ga}_{19}$ sont déposées sur des substrats monocristallins ferroélectriques de PMN-PZT pour former un multiferröique extrinsèque. Le RM et le caractère d'anisotropie sont contrôlés par un champ électrique. Le composite révèle un fort couplage magnétoélectrique inverse entre les deux phases piézoélectrique et magnétostrictive, de valeur parmi les meilleurs rapportées à ce jour. Des mesures à basses températures montrent un effet magnéto-mécanique dû à la contrainte thermique et imposé par la nature du substrat.

Title : Multiferroic intrinsic and extrinsic nanostructures : towards electric control of magnetic properties

Keywords : multiferroic, magnetoelectric, magnetostrictive, exchange coupling, thin film, magnetization reversal

Abstract : We conducted three experimental studies of magnetization reversal (MR) behavior in three different types of bilayers, under different types of strain. We studied the influence on the magnetic properties of the structural state in the BiFeO_3 , of magnetoelastic mechanical strain in the $\text{Fe}_{81}\text{Ga}_{19}$, which we then coupled to electrical and even thermal strain.

A bilayer consisted of using a ferromagnetic $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$, and an intrinsic multiferroic BiFeO_3 . These polycrystalline thin films are deposited by sputtering. Their structure and morphology are characterized by X-ray diffraction, and transmission electron microscopy, revealing two fundamentally different structural states of the BiFeO_3 due to defects. The MR is analyzed by vibrating sample vector magnetometry, providing angular measurements at room temperature. The parasitic state with the parasitic phase Bi_2O_3 increases the values of the exchange field according to its concentration, which we can control. A mesoporous state is also highlighted, and prevents the establishment of the unidirectional anisotropy.

Magnetostrictive thin films of $\text{Fe}_{81}\text{Ga}_{19}$ are deposited on glass substrates. Their characterizations reveal thickness-dependent magnetic properties, in correspondence with the structural state. Two remarkable crystallographic directions for the whole range of thicknesses allow a coherent MR. The thinner films have a magnetostriction coefficient value of 20 ppm, which decreases for the thicker films. This trend is associated with a predominant surface texture which is reduced in favor of the polycrystalline volume with non-preferential orientation.

Such $\text{Fe}_{81}\text{Ga}_{19}$ films are deposited on single-crystalline ferroelectric substrates of PMN-PZT to form an extrinsic multiferroic. The MR and the anisotropy character are controlled by an electric field. The composite reveals a strong inverse magnetoelectric coupling α_{CME} between the two piezoelectric and magnetostrictive phases, of value among the best reported so far. Measurements at low temperatures show a magneto-mechanical effect due to thermal stress, and imposed by the nature of the substrate.