

## Multiferroïc Nano-structures studied by Light-Matter interaction

For the future development of low-power spintronic device, this proposal deals with a completely unexplored strategy of modulating in real time the magnetic properties of nanostructures by using electric field. In order to achieve voltage control of metamagnetic phase transition, we propose to study the effect of size reduction, epitaxial strain and electric charging in capacitor-like micro-devices based on FeRh nanomagnets prepared at PLYRA<sup>1</sup> by clusters deposition on piezo and ferroelectric BaTiO<sub>3</sub> (BTO) crystal. Such artificial multiferroic nanostructures post-connected to metallic electrodes will be lithographed at the Nanolyon Platform<sup>2</sup>.

### Description of work :

In the frame of this work, we will study the magneto-electric effects by exploiting the Light-Matter interaction. By using PLYRA equipments, before the deposition of magnetic clusters, the structure and electronic properties of BTO surface will be in-situ determined from photoluminescence, photoelectrons and Raman spectroscopies. Thermal treatments under Ultra-High Vacuum (UHV) and O<sub>2</sub> atmosphere will be performed to induce BTO surface defects and to tune the ferroelectric domains before epitaxy of FeRh nanoparticles chemically ordered in B2 phase upon UHV annealing. Metallic electrodes will be deposited by using Nanolyon equipments to inject electric field in FeRh/BTO Multiferroïc Nano-structures (see Fig.) in order to modify both ferroelectric order in BTO and magnetic order in FeRh nanoparticles. In-operando X-rays magnetic circular dichroism measurements are planed in the first half of next year to study magneto-electric coupling in such micro-devices. Our project will gain complementary expertise in synthesis and characterization of hybrid multiferroic nanostructures based on nanomagnets (iLM partner) and on the knowledge of ferroelectrics (INL partner) but also in magneto-optical spectroscopy using X-ray polarized light at SOLEIL synchrotron (DEIMOS partner).

This internship up to 5 months funded by COLUMN project IDEX LYON will allow to the Master 2 student to participate to one day's training on "lumière-matière" and probably to attend an international conference. This work is intended to lead to a thesis in the frame of ANR VOLCONANO (VOLTage Control Of NANOMagnet) application in 2019.

<sup>1</sup> Plateforme Lyonnaise de Recherche sur les agrégats of iLM

<sup>2</sup> Plateforme technologique Nanolyon of INL

**Research groups :** “Nanostructures Magnétiques” **iLM** / “Dispositifs Electroniques” **INL**

**Supervisors:** Véronique DUPUIS / Ingrid CAÑERO INFANTE  
[veronique.dupuis@univ-lyon1.fr](mailto:veronique.dupuis@univ-lyon1.fr) / [ingrid.canero-infante@insa-lyon.fr](mailto:ingrid.canero-infante@insa-lyon.fr)

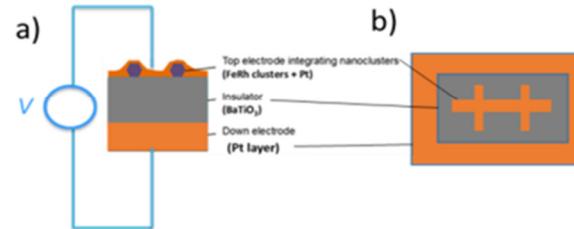


Figure: (a) Side view and (b) Top view of the multiferroic device

UMR5306 CNRS Université Lyon 1

## Nano-structures Multiferroïques étudiées par interaction Lumière-Matière

Dans le cadre du développement de futur dispositif faible consommation, ce sujet de recherche repose sur une stratégie tout à fait inexplorée de moduler en temps réel les propriétés magnétiques de nanostructures par champ électrique. Pour cela, nous proposons d'étudier les effets de réduction de taille, de contrainte épitaxiale et d'accumulation de charges dans un microdispositif polarisable composé de nanoparticules magnétiques FeRh préparées par dépôt d'agregats au PLYRA<sup>3</sup> sur un monocristal BaTiO<sub>3</sub> (BTO) piézo et ferroélectrique, ultérieurement connecté à des électrodes métalliques lithographiées à la plateforme technologique Nanolyon<sup>4</sup>.

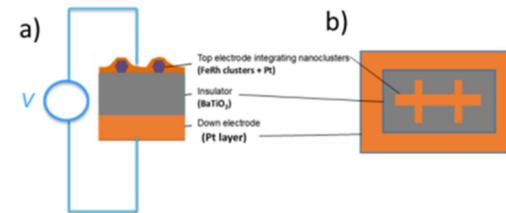


Schéma du Dispositif Multiferroïque en vue latérale (a) et de dessus (b)

### Description du stage :

Dans le cadre de ce stage, nous nous efforcerons de caractériser précisément ce système multiferroïque artificiel en exploitant l'interaction lumière-matière. En utilisant les équipements du PLYRA, avant le dépôt des nanoparticules magnétiques, les propriétés électroniques et structurales de la surface des cristaux de BTO seront caractérisées par photoluminescence à lumière ultraviolette, spectroscopie de photoélectrons et spectroscopie Raman. La surface sera traitée sous UHV et O<sub>2</sub> pour induire différents défauts électroniques qui mèneront à contrôler la polarisation électrique et la disposition de domaines ferroélectriques avant l'épitaxie des agrégats FeRh. On utilisera la plateforme Nanolyon pour déposer des électrodes supérieures sur les nano-structures multiferroïques FeRh/BTO (schéma ci-dessus). L'application d'un champ électrique externe par le biais de ces électrodes permettra de contrôler les domaines ferroélectriques de BTO et en conséquence de modifier l'ordre magnétique des nanoparticules FeRh, qui sont chimiquement ordonnées dans la phase B2 après traitement thermique. Des expériences de dichroïsme magnétique circulaire programmées au premier semestre 2019 sur le synchrotron SOLEIL permettront étudier ce couplage.

Grâce à l'émergence de cette nouvelle collaboration entre 2 équipes de l'université de Lyon, aux expertises complémentaires, notre consortium nous place en excellente position pour atteindre l'ambition d'étudier le couplage magnéto-élasto-électrique dans ces nanomatériaux multiferroïques artificiels et a fait l'objet d'une pré-demande ANR VOLCONANO (VOLTage Control Of NANOMagnet) en 2019.

Ce stage de 5 mois maximum financé par l'IDEX permettra à l'étudiant de Master 2 de participer à une journée "école lumière-matière" et probablement à une conférence internationale. Il pourra se poursuivre par une thèse sur ce sujet.

<sup>3</sup> Plateforme Lyonnaise de Recherche sur les agrégats de l'iLM

<sup>4</sup> Plateforme technologique Nanolyon de l'INL

**Research groups :** “Nanostructures Magnétiques” **iLM** / “Dispositifs Electroniques” **INL**

**Supervisors:** Véronique DUPUIS / Ingrid CAÑERO INFANTE  
[veronique.dupuis@univ-lyon1.fr](mailto:veronique.dupuis@univ-lyon1.fr) / [ingrid.canero-infante@insa-lyon.fr](mailto:ingrid.canero-infante@insa-lyon.fr)