



## Spintronique ultra-rapide avec des isolants antiferromagnétiques

**Spécialité** Physique de la matière condensée

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/LNO](#)

**Candidature avant le** 26/03/2019

**Durée** 4 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [VIRET Michel](#)

+33 1 69 08 71 60

[michel.viret@cea.fr](mailto:michel.viret@cea.fr)

### Résumé

Ce stage propose de sonder les propriétés d'isolants antiferromagnétiques pour une utilisation comme composants spintroniques ultra-rapides. Des impulsions THz de courant de spin générées par un laser femtoseconde seront utilisées comme excitation de l'ordre antiferromagnétique.

### Sujet détaillé

Parmi les états ordonnés de la matière, le magnétisme est robuste et présent jusqu'à des températures largement supérieures à l'ambiante pour une large gamme de matériaux. Les ferromagnétiques sont par conséquent largement utilisés dans les technologies de l'information. D'un autre côté, les anti-ferromagnétiques (AF), qui composent la grande majorité des matériaux magnétiques, ne sont pas (encore) utilisés comme éléments actifs. Dans ces composés, les moments magnétiques atomiques pointent dans des directions opposées entre voisins. L'aimantation résultante nulle rend cet ordre insensible à un champ magnétique et difficile à sonder. Par conséquent, les propriétés intrinsèques de la formation des domaines AF et la mobilité des parois de domaines sont peu connues.

Durant ces dernières années, il a été démontré que les AF métalliques peuvent présenter des propriétés de magnéto-résistance (résultant du couplage spin-orbite) ouvrant ainsi des perspectives d'utilisation dans des dispositifs de la spintronique. D'un autre côté, les isolants AF sont largement plus répandus que leurs cousins conducteurs car les interactions de super-échange dans les isolants sont assez généralement AF. Un contrôle direct de l'ordre AF requiert des champs magnétiques très intenses, généralement non disponibles en laboratoire. Les récentes avancées dans le domaine des effets de transfert de spin produits par des courants de spin, permettent en principe de générer des couples magnétiques changeant alternativement de signe sur chaque moment atomique orienté de manière opposée, idéaux pour contrôler l'ordre AF. Cet effet, qui offre donc une possibilité intéressante de contrôler l'ordre AF, n'a pas encore été démontré dans ces composés.

Le sujet de stage proposé ici a donc pour but de valider ce mécanisme dans des oxydes AF réalisés en couches minces. La manipulation de l'ordre antiferromagnétique sera réalisée à l'aide de courants de spin générés par un nouveau mécanisme basé sur la désaimantation ultra-rapide d'une couche ferromagnétique déposée sur l'AF. La mesure sera effectuée en imagerie par seconde harmonique. Excitation et mesure sont toutes deux basées sur l'utilisation d'un laser femtoseconde. Ce stage sera idéalement poursuivi par une thèse.

---

### **Mots clés**

spintronique, ultra-rapide

### **Compétences**

laser femtoseconde, dépôts de couches par évaporation et ablation laser.

### **Logiciels**

python

---

## Ultra-fast Spintronics with antiferromagnetic insulators

### Summary

This 'stage' deals with an assesment of the properties of insulating antiferromagnets as ultra-fast spintronic components. THz spin current pulses will be launched using a femtosecond laser in order to excite the antiferromagnetic order.

### Full description

Among the ordered electronic states that occur in solid-state materials, magnetism is uniquely robust, persisting to well above room temperature in a wide variety of materials. Ferromagnets are now routinely used in the field of information technology. On the other hand, antiferromagnets (AF), which compose the overwhelming majority of magnetically ordered materials, have not been considered as candidates for active elements. In these materials, the magnetic moments of atoms align in a regular pattern with neighbouring spins pointing in opposite directions. Because of their zero net moment, antiferromagnets are rather insensitive to a magnetic field and difficult to probe. Thus, their intrinsic properties, and especially AF domains formation and the mobility of their domain walls, are poorly known.

In the last few years, it has been demonstrated that metallic antiferromagnets can lead to giant-magnetoresistance effects (resulting from spin-orbit-coupling), which validates their use as "spintronic elements". On the other hand, insulating antiferromagnets are much more common than their conducting counterparts because super-exchange interactions in insulators are mainly antiferromagnetic. Direct control of AF properties requires unpractically large magnetic fields, not commonly available in a laboratory. The recent development of the spin transfer torque effect produced by spin polarized currents provides an ideal way of generating (the equivalent of) a staggered field, ideal to control the AF order. This should allow to toggle AF domains and influence the AF dynamical properties, but this has not yet been demonstrated.

The 'stage' proposed here aims at assessing the potential of AF insulators in spintronics. These materials will be manipulated using pure spin currents generated through a newly discovered effect based on the ultra-fast demagnetization of an adjacent ferromagnetic layer. Both excitation and measurement will be carried out using a femtosecond laser. Ideally the stage should lead to a continuation as a PhD student.

### Keywords

spintronics, ultra-fast

### Skills

femtosecond laser, thin film depositions by evaporation and Pulsed Laser Deposition.

### Softwares

python