
Proposition de Stage 2021-2022

Titre du stage : Impact de la réponse élastique sur les états de matériaux quantiques hors équilibre induits par la lumière et le champ électrique

Structure d'accueil :

Intitulé : Institut des Matériaux Jean Rouxel

Nom du Directeur : Florent BOUCHER

Responsable/co-responsable du stage :

Nom : Etienne JANOD / Laurent CARIO / Benoit CORRAZE

Tél. : 02 40 37 39 37 / 39 88 / 39 78

E-mail : etienne.janod@cnrs-imn.fr

Description du stage proposé :

La manipulation de l'état de la matière par une perturbation extérieure constitue un champ d'investigation majeur en science des matériaux. Récemment, de nouvelles voies permettant de manipuler la matière condensée dans des conditions hors d'équilibre ont émergé, grâce à l'utilisation de stimuli comme les impulsions laser ultra-courtes et l'application d'un champ électrique. Ainsi, les chercheurs de l'IMN ont découvert la possibilité de générer des "transitions résistives" (transition de l'état isolant initial vers un état métallique) induites par le champ électrique dans une large classe de matériaux, les isolants de Mott, ouvrant la voie à des applications de rupture notamment en intelligence artificielle. La propriété de transition résistive est reliée à un effet d'avalanche électronique qui conduit à la création massive d'électrons de conduction. Or, cette physique hors équilibre d'électrons chauds est très proche de celle qui apparaît sous l'effet d'impulsions laser. Des travaux récents menés au cours de la thèse de Danylo Babich ont montré, dans l'isolant de Mott canonique $(V,Cr)_2O_3$, le rôle essentiel du couplage électron-phonon et de la réponse élastique du réseau pour les deux types d'excitation, champ électrique et impulsions lumineuses.

Dans ce contexte, l'objectif de ce stage Master est de comprendre quelles caractéristiques observées dans le système $(V,Cr)_2O_3$ sont universelles et s'appliquent à l'ensemble de la classe des matériaux isolants de Mott. Pour cela, l'attention sera portée sur un autre isolant de Mott canonique, NiS_2 , sur lequel des études seront menées visant à comparer les phases métalliques obtenues sous pression et par pulse électrique. Pour cela, des mesures de spectroscopie Raman seront engagées à l'IMN à la fois sous pression et sur des échantillons transités par le champ électrique. En parallèle, des mesures de diffraction des rayons X sous pression seront effectuées au Synchrotron Soleil. Enfin, des mesures de réflectivité résolues en temps sous excitation lumineuses femtoseconde seront réalisées en collaboration avec l'IPR à Rennes.

Ce sujet de stage M2 est au cœur de l'actuel Laboratoire International Associé franco-japonais "IMLED" (Impacting Materials with Light and Electric field and watching real-time Dynamics, 2017-2021) qui va se transformer en International Research Laboratory (ex UMI) début 2022. Cet IRL regroupera des laboratoires français (notamment l'IPR Rennes et l'IMN Nantes) et trois universités japonaises (Tokyo Univ, Tohoku Univ. à Sendai, and Tokyo Inst. of Tech.). Une thèse dans le cadre de cet IRL démarrera à l'automne 2022, au cours de laquelle l'étudiant(e) en thèse effectuera plusieurs séjours dans les laboratoires partenaires au Japon.

Master 2 Internship 2021-22

Title : Impact of the elastic response on out-of-equilibrium states of quantum materials induced by light and electric field

Host laboratory :

Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel
Director : Florent BOUCHER

Supervisors :

Etienne JANOD / Laurent CARIO / Benoit CORRAZE
Tél. : 02 40 37 39 37 / 39 88 / 39 78
E-mail : etienne.janod@cnrns-imn.fr

Description :

The manipulation of the state of matter by an external perturbation constitutes a major field of investigation in materials science. Recently, new ways of manipulating condensed matter under out-of-equilibrium conditions have emerged, through the use of stimuli such as ultra-short laser pulses and the application of electric field. IMN researchers have indeed discovered the possibility of generating "resistive transitions" (transition from the initial insulating state to a metallic state) induced by the electric field in a large class of materials, Mott insulators, opening the way to breakthrough applications, particularly in artificial intelligence. The resistive transition property is linked to an electronic avalanche effect which leads to the massive creation of conduction electrons. Interestingly, this out-of-equilibrium hot electron physics is very close to that which appears under the effect of laser pulses. Recent work carried out during the thesis of Danylo Babich has shown, in the canonical Mott insulator $(V,Cr)_2O_3$, the essential role of electron-phonon coupling and of the elastic response of the lattice for the two types of excitation, electric field and light pulses.

In this context, the objective of this Master 2 internship is to understand which characteristics observed in the $(V,Cr)_2O_3$ system are universal and apply to the whole class of Mott insulating materials. For this, attention will be paid to another canonical Mott insulator, NiS_2 , on which studies will be carried out to compare the metallic phases obtained under pressure and by electric pulse. Raman spectroscopy measurements will be undertaken at IMN both under pressure and on samples transited by the electric field. In parallel, X-ray diffraction measurements under pressure will be carried out at the Synchrotron Soleil. Finally, time-resolved reflectivity measurements under femtosecond light excitation will be carried out in collaboration with the IPR in Rennes.

This M2 internship subject is at the heart of the current Franco-Japanese International Associated Laboratory "IMLED" (Impacting Materials with Light and Electric field and watching real-time Dynamics, 2017-2021) which will become an International Research Laboratory in early 2022. This IRL will bring together French laboratories (in particular IPR Rennes and IMN Nantes) and three Japanese universities (Tokyo Univ, Tohoku Univ. In Sendai, and Tokyo Inst. Of Tech.). A PhD thesis within the framework of this IRL will start in the fall of 2022, during which the PhD student will make several stays in partner laboratories in Japan.