

Sujet de thèse pour la rentrée universitaire 2017

Laboratoire : Institut des Matériaux Jean Rouxel (IMN)

Titre du sujet de thèse : Transition isolant-métal et création de phases cachées induites par impulsion électrique et optique dans les composés à forte corrélation électronique

Directeur, co-directeur, encadrants : Etienne JANOD (directeur), Laurent CARIO et Benoit CORRAZE (co-directeurs)

Financement : Contrat Doctoral de l'Université de Nantes

Présentation du sujet :

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. Cette transition de nature filamentaire est volatile pour des champs électriques de l'ordre de 1-10 kV/cm. Pour des champs plus élevés, elle devient non-volatile et l'état de basse résistance "permanent" obtenu résulte alors de la création de nouvelles phases métalliques métastables de taille nanométrique à l'intérieur des filaments conducteurs. Ces propriétés originales permettent d'envisager deux types d'applications de rupture, d'une part une nouvelle classe de mémoires non-volatiles (mémoires de Mott) et d'autre part le développement de neurones artificiels. Cette propriété des isolants de Mott 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. Ainsi, des mesures préliminaires ont montré que la dynamique de la transition résistive est fortement modifiée si une impulsion laser est appliquée en même temps que le champ électrique. Ces résultats suggèrent la possibilité à terme de piloter des transitions isolant-métal uniquement par la lumière dans les isolants de Mott, pour aller vers des neurones artificiels ou vers des mémoires toutes optiques ultrarapides sub-picoseconde.

Ce thème de recherche est au cœur du nouveau Laboratoire International Associé franco-japonais "IMLED" (Impacting Materials with Light and Electric field and watching real-time Dynamics, 2016-2019) qui regroupe quatre laboratoires français (Institut de Physique de Rennes, Institut des Matériaux Jean Rouxel-IMN de Nantes, Institut Matériaux et Molécules du Mans, Groupe d'Etude de la Matière Condensée de Versailles) et quatre universités japonaises (Tohoku-Sendai, Univ. Tokyo, Tokyo Inst. of Tech., Univ. Kyoto).

Dans ce contexte, l'objectif de cette thèse est de créer, contrôler et explorer les phases métastables "cachées" dans des matériaux à forte corrélation électronique soumis à des impulsions électriques et/ou lumineuses. Une partie importante de la thèse sera consacrée à l'étude de la dynamique de la création des phases cachées induite pendant les transitions résistives, grâce à l'utilisation de mesures pompe – sonde électriques et optiques. Pour cela, ce travail s'appuiera sur le large spectre de compétences réuni dans le Laboratoire International Associé IMLED, en particulier l'Institut de Physique de Rennes et l'équipe du

professeur S. Iwai à l'Université de Tohoku à Sendai (Japon). Au cours de sa thèse, l'étudiant(e) sera donc amené(e) à effectuer plusieurs séjours au Japon.

Par ailleurs, une autre partie consistera à clarifier la nature des phases métastables cachées créées sous impulsions lumineuses et / ou électriques. Pour cela, la diffraction des rayons X, la microscopie électronique en transmission et la spectroscopie Raman seront notamment utilisées.

Contacts :

etienne.janod@cnrs-imn.fr

02 40 37 39 37

laurent.cario@cnrs-imn.fr

02 40 37 39 48

benoit.corraze@cnrs-imn.fr

02 40 37 39 78