

Proposition de Thèse en Physique de la Matière Condensée

Institut de Physique de Rennes (IPR) UMR CNRS 6251

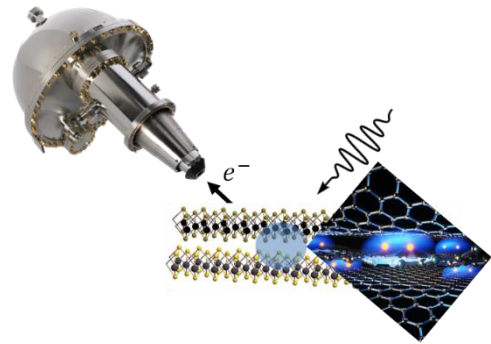
Date de début Oct. 2023

Super-réseaux de moiré dans des hétérostructures de dichalcogénures de métaux de transition

Organisme de financement : Agence Nationale de la Recherche (ANR)

Encadrement : Thomas Jaouen (chargé de recherche CNRS) / Jean-Christophe Le Breton (chargé de recherche CNRS) / Philippe Schieffer (Professeur d'Université)

Contexte scientifique : L'histoire récente de la physique de la matière condensée démontre l'omniprésence d'états électroniques non conventionnels dans l'émergence de propriétés remarquables nouvelles telles que la magnétorésistance géante, la supraconductivité à haute température critique, la multiferroïcité, ou encore la thermoélectricité. Alors que ces propriétés fascinantes de la matière laissent naturellement entrevoir des réponses aux enjeux sociétaux actuels liés à l'électronique, l'énergie



ou l'environnement, leur compréhension reste un véritable challenge pour la communauté scientifique en raison du caractère intrinsèquement complexe des corrélations entre les électrons et des couplages entre les divers degrés de liberté de charge, spin, réseau et orbitales ou encore des effets proximité, de confinement et de topologie œuvrant dans ces matériaux complexes. De ce fait, les systèmes à électrons corrélés présentent des phases électroniques, souvent en compétition, très sensibles à des paramètres dits de contrôle tels que la composition chimique, la pression, les contraintes, la température, les champs électrique et magnétique ou encore les impulsions lumineuses. De plus, la basse dimensionnalité, qui exacerbe les effets de proximité, de surface et d'interfaces, un couplage spin-orbite important ou encore une symétrie cristalline particulière peuvent également conduire à des phases électroniques émergentes même en l'absence de corrélations électroniques.

Le progrès récent dans le contrôle de l'empilement de feuillets d'épaisseur atomique dans les hétérostructures van der Waals ont ouvert de nouvelles voies pour manipuler les propriétés électroniques par des super-réseaux de moiré, c'est-à-dire par des paysages de potentiels périodiques de grande longueur d'onde. Dans les matériaux bidimensionnels, un super-réseau de moiré, formé en empilant verticalement deux matériaux en couches avec un désalignement angulaire (angle dit de « twist ») et/ou une différence de constante de réseau, modifie généralement la structure de bande électronique et peut générer des bandes plates dans lesquelles les interactions entre électrons deviennent l'échelle énergétique dominante et conduisent à des phases électroniques émergentes. Jusqu'à récemment, des phases corrélées émergent de bandes plates isolées n'étaient réalisées que dans un empilement à base de graphène twisté. Leur découverte dans les homo- et hétéro-bicouches de dichalcogénures de métaux de transition twistés (TMD) offre la perspective fascinante supplémentaire d'une plate-forme à l'état solide dans laquelle de nombreux états corrélés peuvent être réalisés. Bien que ces deux dernières années des études sur les systèmes de moiré TMD à base de

semiconducteurs aient révélé de nouveaux phénomènes entraînés par de fortes interactions coulombiennes telles que l'état isolant de Mott, les états cristallins de Wigner, l'antiferromagnétisme et le ferromagnétisme de pseudospin, la physique des TMD twistés en est à ses balbutiements et de nombreux états exotiques de la matière restent à découvrir.

Sujet : Ce projet de thèse vise à **explorer et exploiter les structures de bandes électroniques des hétérostructures TMD** générées soit par twists, soit par intercalation in-situ d'atomes alcalins induisant des effets de déformation du réseau cristallin. La/Le doctorant-e sera fortement impliqué-e dans le **développement de stratégies d'élaboration d'échantillons sur un système de transfert récemment acquis** (société hq graphène), destiné à prélever sélectivement de grandes sections de monofeuillets de TMD, à les faire tourner et à les transférer avec un contrôle inférieur au degré des angles de twist. Étant donné que certains TMD exfoliés ont tendance à se dégrader lorsqu'ils sont exposés à l'air, ce système de transfert, entièrement motorisé, sera installé dans une boîte à gants et contrôlé de l'extérieur à l'aide d'un ordinateur. Un élément important du projet de thèse sera également l'utilisation de la **spectroscopie de photoémission résolue en angle (ARPES)** pour accéder aux structures de bandes électroniques des hétérostructures TMD sous différents dopages. Dans ce contexte, la/le doctorant-e participera à un développement expérimental innovant à l'IPR consacré à l'ARPES basse température utilisant une source UV monochromatisée micro-focalisée. En parallèle, des demandes régulières de **temps de faisceaux sur synchrotron** seront déposées afin de cibler efficacement les questions scientifiques qui nécessitent des installations uniquement disponibles sur grands instruments telles que des polarisations et énergies de photons variables.

Environnement : La/le candidat-e bénéficiera d'un environnement expérimental unique combinant des environnements de croissance d'échantillons et de spectroscopies de photoémission permettant d'élaborer et de caractériser les matériaux en laboratoire. Une forte interaction avec les théoriciens locaux offrira également la possibilité d'effectuer des calculs ab-initio de structures électroniques et de fonctions spectrales dans le cadre de la théorie de la fonctionnelle de la densité (DFT) et de la diffusion multiple.

Compétences requises : Les candidat-e-s doivent avoir un master 2 en physique ou en science des matériaux avec une solide expérience en physique du solide. Une motivation pour les études expérimentales est nécessaire, ainsi que le goût pour la mobilité. Enthousiasme, curiosité, esprit d'initiative, capacité à travailler en équipe, ténacité et rigueur seront des qualités appréciées.

Collaborations possibles et réseaux : Le projet de thèse bénéficiera de collaborations expérimentales avec le groupe « Spectroscopie ultrarapide » du Prof. C. Monney en Suisse ainsi qu'avec des chercheurs français [S. Beaulieu CELIA (Bordeaux), P. Le Fèvre synchrotron SOLEIL, T. Cren INSP (Paris)]. Il bénéficiera également d'un appui théorique fort grâce au consortium EUSpec qui implique des collaborations entre des chercheurs de l'IPR (D. Sébilleau, S. Tricot) et le Pr. Jan Minar (Pilsen, République Tchèque).

Aspects pratiques : la thèse est disponible à partir d'octobre 2023 et dure 36 mois. Le salaire est d'environ 1800 euros/mois. Les candidat-e-s doivent fournir un CV, une lettre de motivation, ainsi que les noms et adresses e-mail de 2 ou 3 références à: Dr. Thomas Jaouen, thomas.jaouen@univ-rennes.fr, Dr. Jean-Christophe Le Breton, jean-christophe.lebreton@univ-rennes.fr, Pr. Philippe Schieffer, philippe.schieffer@univ-rennes.fr.