

Sujet thèse / PhD subject 2024

Titre Thèse	Matériaux 2D pour des applications en technologies quantiques (sources de photons unique, nanocapteurs)	
(Co)-Directeur	BIADALA Louis	E-mail : louis.biadala@iemn.fr
(Co)-Directeur		E-mail :
(Co)-Encadrant (s)		E-mail :
Laboratoire	IEMN	Web :
Groupe(s)	PHYSIQUE équipe PNCQ	Web : https://www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/physique/nanostructures-quantum
Projet phare (principal)	MATERIALS	
Demande thèse labellisée IEMN (Materials ou IoT Make Sense)	Non	
Financement demandé	Contrat Doctoral Etablissement	ULille <input checked="" type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/>
	Région – Autre <input type="checkbox"/> Préciser :	Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, acquis ou pas) :
Financement acquis <input type="checkbox"/> Financement partiellement acquis <input type="checkbox"/>	Contrats de Recherche <input type="checkbox"/> Préciser :	Autre <input type="checkbox"/> Préciser :

Résumé du sujet :

Ces dernières années, une attention considérable a été donnée aux matériaux 2D et en particulier aux composés de dichalcogénures de métaux de transition (TMDC) comme MoS₂, WSe₂... en raison de leurs remarquables propriétés électroniques et optiques, de leurs faibles toxicités et de leur abondance. Les TMDC offrent une combinaison intéressante des propriétés de transport du graphène et des propriétés optiques des semi-conducteurs. Par rapport à d'autres matériaux 2D comme les puits quantiques semi-conducteurs, les monofeuillets de TMDC peuvent être obtenues par une simple exfoliation mécanique à partir du matériau massif. Grâce aux faibles interactions Van der Waals, il est possible d'assembler des feuillets de différents matériaux pour former des hétérostructures verticales dont les propriétés surpassent celles des matériaux seuls, faisant des TMDC d'excellentes plateformes pour le développement d'applications en optoélectronique : photodétection, l'éclairage et le lasing, l'émission de photons uniques, ou la nanodétection.

Ces propriétés ont stimulé l'étude approfondie de leurs propriétés optiques et électroniques qui ont permis la découverte la riche physique des excitons intra- et inter-feuillets. A l'heure actuelle, ces propriétés remarquables restent toutefois limitées à de faibles zones sur les monofeuillets en raison de la présence de nombreuses déformations structurales intrinsèques (défauts, rides, plis, impuretés, bulles) qui altèrent ou modifient l'environnement diélectrique. De façon analogue, la réalisation d'hétérostructures à base de monofeuillets de TMDC, indispensable pour le développement d'applications en optoélectronique pour permettre la détection ou l'injection de courant électrique, reste limitée en raison du manque de contrôle sur la taille et la qualité de l'interface.

Par conséquent, il est impératif de développer un procédé de synthèse permettant de contrôler la morphologie et la dimensionnalité de monofeuillets et de leurs hétérostructures. Outre l'exfoliation mécanique, d'autres procédés de croissance permettent d'obtenir des monofeuillets de TMDC. Les principaux étant l'épitaxie par jet moléculaire (MBE), le dépôt par vapeur chimique (CVD) et la croissance chimique colloïdale. Parmi ces alternatives, la synthèse colloïdale est la plus versatile et la plus prometteuse en termes d'application. Dans cet objectif, des collaborateurs à Lyon ont récemment mis au point une nouvelle méthode de synthèse colloïdale qui permet i) de produire de grandes quantités de nanocouches (NML) de WS₂ (équivalent de plusieurs mètres carrés de monocouches pour une synthèse) et ii) de régler avec précision les dimensions latérales des NML de TMDC entre 10 à 100 nm. Dans ce régime de taille, le confinement quantique latéral peut survenir, les déformations structurales (plis, bulles, rides) sont moins présentes, mais les bords, les atomes de dopage de défauts influencent les propriétés optiques et électroniques du NML.

Le projet vise à explorer les propriétés optiques et électronique de ces NML de matériaux TMDC et de leurs hétérostructures associées, obtenus une voie synthétique colloïdale, en vue de leur utilisation dans des applications en technologie quantiques. Le candidat réalisera des expériences à l'échelle de la NML individuelle

à l'aide de microscope à effet tunnel (STM) et/ou d'un microscope optique confocal situés au sein de la plateforme champ proche de l'IEMN. Une partie des travaux, à laquelle le candidat pourra participer, sera réalisée chez les partenaires du projet notamment pour la croissance chimique (ILM, Lyon), la caractérisation par microscopie électronique haute résolution (UMET, Lille), les calculs DFT (NAMASTE, IEMN).

Objectif de la thèse

Le succès de ce projet permettra d'obtenir i) des protocoles pour contrôler sélectivement la taille et/ou la forme des monocouches, ii) des stratégies pour guérir les lacunes et les défauts de bord, et pour réaliser des hétérostructures (dans le plan et hors du plan) ou des super-réseaux basés sur des monocouches de TMDC. Les développements en matière de synthèse chimique combinés à des caractérisations multi-physiques et multi-échelles (STM, HRTEM, optique et magnéto-optique, transport électronique) et des calculs DFT permettront d'explorer la riche physique des excitons intra- et inter-couches et de dévoiler le potentiel de ces matériaux 2D dans des applications telles que les émetteurs de photons ou les nanocapteurs.

Environnement de la thèse

Le candidat sera associé à l'équipe « Physique des nanostructures et composant quantique » de l'IEMN (8 chercheurs/enseignant-chercheurs et 6 doctorant/postdoctorant) et encadré par Louis Biadala.

Le candidat bénéficiera d'un accès à la plateforme champ proche de l'IEMN ainsi que de formations pour utiliser les nombreux équipements de nano-caractérisation (STM, AFM, optique confocal).