

Proposition de stage M2 Spectroscopie optique des fluides quantiques d'excitons indirects

Supervision : Maria Vladimirova: Maria.Vladimirova@umontpellier.fr ,
Thierry Guillet : Thierry.Guillet@umontpellier.fr

Web : <https://coulomb.umontpellier.fr/-Collective-states-in-semiconductors->

Les excitons indirects (IX) sont des quasi-particules, qui peuvent se former quand un électron et un trou sont séparés spatialement dans la direction de croissance d'un puits quantique semi-conducteur soumis à un champ électrique [1]. Contrairement aux excitons traditionnels, leurs durées de vie élevées leur permettent de se refroidir jusqu'à la température du réseau cristallin. Ils peuvent aussi se propager sur des grandes distances et être contrôlés par une tension électrique, grâce à leur moment dipolaire. Leur capacité à se propager sur des grandes distances permet de les étudier par imagerie optique.

Les IX sont des bosons, et ils sont considérés comme un système modèle pour la réalisation des **états collectifs dans les gaz quantiques bosoniques à l'état solide**, tel que le condensat de Bose-Einstein. Ils sont aussi **prometteurs pour le développement de dispositifs excitoniques** [2].

Les excitons dans des puits quantiques polaires fabriquées à partir de semi-conducteurs à large bande interdite (GaN) appartiennent à la famille des excitons indirects. Dans ces matériaux les excitons sont robustes. On peut détecter l'émission excitonique jusqu'à la température ambiante ce qui permet d'envisager les applications basées sur des IXs. D'autre part ces IXs peuvent garder leurs propriétés même à des très grandes densités. Cette faculté est importante pour permettre la formation des états collectifs [3, 4].

Le stage proposé se situe dans le contexte de l'exploration par imagerie optique des IX dans des puits quantiques polaires à base de semi-conducteurs à large bande interdite. Le/La stagiaire réalisera des expériences de **microscopie optique dans l'UV à basse température** sur une série de pièges à IXs. Les pièges sont nécessaires pour obtenir des gaz denses d'IXs, où les propriétés collectives peuvent se manifester. Les mesures complémentaires des caractéristiques courant-tension vont compléter l'étude.

Ce stage s'inscrit dans une perspective de thèse financée qui débiterait en octobre 2021, consacrée aux études avancées des fluides quantiques d'excitons indirects dans les puits quantiques GaN, profitant de notre maîtrise de ce système, ainsi qu'aux études exploratoires de nouveaux systèmes prometteurs : les bi-couches de matériaux 2D appelés Dichalcogénures de métaux de transition (TMDs), qui connaissent un essor très fort dans la communauté, en collaboration avec l'équipe du laboratoire LPCNO à Toulouse [5]. Le financement de thèse est intégré dans le projet ANR IXTASE.

Nous recherchons un/une **stagiaire motivé(e) et dynamique, intéressé(e) par les expériences optiques**. A la fin du stage, il/elle aura acquis des compétences en microscopie optique, cryogénie, et traitement des données.

[1] [Butov, L.V., et al., J. Exp. Theor. Phys. \(2016\) 122: 434](#)

[2] [High, A., et al., Science \(2008\) 321 : 229](#)

[3] [Fedichkin, F., et al., Phys. Rev. Applied \(2016\) 6: 014011](#)

[4] [Chiaruttini, F., et al., Nanoletters \(2019\) 19 : 4911](#)

[5] [Fang, H.H., et al., Phys. Rev. Lett \(2019\) 123 : 067401](#)

Internship proposal - 2nd year master Optical spectroscopy of quantum fluids of indirect excitons

Supervision : Maria Vladimirova: Maria.Vladimirova@umontpellier.fr ,
Thierry Guillet : Thierry.Guillet@umontpellier.fr

Web : <https://coulomb.umontpellier.fr/-Collective-states-in-semiconductors->

Indirect excitons (IX) are bosonic quasi-particles in semiconductors with unique properties: they have long lifetime and spin-relaxation time, can travel over large distances before recombination, can be cooled down to low temperatures and form a quantum gas, and can be controlled by voltage in-situ. Due to these properties, they form a model system both for the studies of **fundamental properties of light and matter** and for the development of **conceptually new excitonic devices** [1, 2].

Excitons in polar quantum wells based on wide-band-gap semiconductors can be considered as naturally indirect excitons, because of the strong built-in electric field in the growth direction, induced by spontaneous and piezoelectric polarization in these wurtzite materials.

Such IX are robust up to room temperature. This opens the possibility for practical excitonic devices. They can also be created at high densities. This property is particularly interesting for the realization of **collective quantum states in solid state** [3, 4].

The proposed research project consists in exploration of IX properties in polar quantum wells based on wide-band-gap semiconductors by optical microscopy. We work on this subject in close collaboration with CHREA (Centre de Recherche sur l'Hétéro-Epitaxie et ses Applications), where the samples are elaborated. The student will start from the **UV optical microscopy experiments** on the set of GaN-based samples with electrode patterns realized by optical lithography. Such electrodes has been shown to enable the formation of the traps for the excitons, while the electrical control and the device operation remain to be demonstrated. Different trap geometries will be tested by optical microscopy, combined with electric characterization, in order to provide the evidence of the excitonic collective states at low temperatures (T=4K).

This internship is intended to prepare a PhD thesis, starting October, 2021. This thesis is devoted to advanced studies of IX quantum fluids in the already mature GaN QWs, as well as exploratory investigations on a new and promising system called Transition Metal Dichalcogenides (TMDs), which are attracting a strong interest over the very recent years. This would take place within a collaboration with the laboratory LPCNO in Toulouse [5]. A funding for this PhD grant is provided through the ANR project "IXTASE".

We are looking for a motivated student **interested in optical experiments**. The applicants are expected to have a background in semiconductor physics, quantum mechanics and optics.

[1] Butov, L.V., *et al.*, *J. Exp. Theor. Phys.* (2016) **122**: 434

[2] High, A., *et al.*, *Science* (2008) **321** : 229

[3] Fedichkin, F., *et al.*, *Phys. Rev. Applied* (2016) **6**: 014011

[4] Chiaruttini, F., *et al.*, *Nanoletters* (2019) **19** : 4911

[5] Fang, H.H., *et al.*, *Phys. Rev. Lett* (2019) **123** : 067401