

TITRE DU SUJET DE THÈSE : Microscopie d'absorption infrarouge d'une boîte quantique unique

DIRECTEUR DE THÈSE : Sauvage Sébastien, sebastien.sauvage@ief.u-psud.fr

ÉQUIPE D'ACCUEIL : La thèse se déroulera au sein de l'équipe Boîtes Quantiques (4 permanents) du département Nanophotonique et Électronique Ultrarapide (NAEL) de l'Institut d'Électronique Fondamentale (IEF), unité mixte UMR8622 entre le CNRS et l'Université Paris-Sud 11. Activité complète de l'équipe et proposition de thèse : <http://pages.ief.u-psud.fr/QDgroup>

DESCRIPTIF ET APPORT DU TRAVAIL DE THÈSE :

- Le contexte de la recherche

Le projet de thèse s'inscrit dans le cadre du réseau d'excellence européen SANDiE regroupant trente groupes européens leaders sur les boîtes quantiques auto-assemblées, de deux projets nationaux de l'Agence Nationale de la Recherche, d'un projet et d'une bourse de doctorat du centre de nanosciences CNano de la région Ile-de-France, d'un soutien du Réseau Thématique de Recherche Avancé "Triangle de la Physique" et d'un Bonus Qualité Recherche de l'Université Paris-Sud 11.

Les boîtes quantiques de semi-conducteurs sont des nanostructures solides, à la fois modèles pour la physique et au cœur de composants prometteurs comme les sources de photons uniques pour l'information quantique ou les lasers pour les télécommunications optiques. Personne n'avait jamais observé l'absorption d'une boîte quantique unique à température ambiante, quelque soit la longueur d'onde considérée. Nous avons réalisé récemment une microscopie sous-longueur d'onde de l'absorption ultrafaible ($\sim 10^{-9}$) d'une boîte quantique unique. Cette mesure est sans équivalent à l'échelle internationale.

J. Houel, S. Sauvage, P. Boucaud *et al.*, Physical Review Letters **99**, 217404 (2007).

- Bref descriptif scientifique. Pré requis

L'objectif du projet de thèse est de sonder les propriétés optiques de boîtes quantiques de semi-conducteurs à l'échelle de la nanostructure unique dans une gamme spectrale essentiellement inexplorée jusqu'à présent sur de tels nano-objets individuels : celle de l'infrarouge moyen, correspondant typiquement à des longueurs d'onde $\lambda \sim 10 \mu\text{m}$. Ce domaine spectral correspond à la manipulation optique d'électrons piégés dans les boîtes quantiques notamment entre niveaux de la bande de conduction. Le cœur de la thèse s'appuiera sur une microscopie originale développée récemment à température ambiante et couplant un microscope à force atomique (AFM) et une source laser impulsionnelle. Ces mesures seront étendues aux conditions de basse température et à l'infrarouge proche. Cette microscopie offre à la fois une grande sensibilité, pouvant détecter des absorptions aussi faibles que 10^{-9} , une résolution spatiale largement sous-longueur d'onde de 60 nm soit $\lambda/150$ permettant d'adresser optiquement les nanostructures individuellement et une résolution spectrale fine limitée par la largeur spectrale du laser utilisé. Cette technique permet de sonder pour la première fois, sur une boîte quantique unique, sa structure électronique inter-sous-niveau et de mesurer directement les largeurs homogènes de raie correspondantes, ou équivalentement les temps de déphasage T2.

- Compétences acquises lors du travail de thèse

Le projet de thèse est essentiellement expérimental bien que sous-tendu par des simulations numériques tridimensionnelles de structure électronique et de microscopie infrarouge. Les techniques variées employées feront appel à un goût certain pour l'instrumentation en général et l'optique en particulier (chaîne laser impulsionnelle moyen et proche infrarouge, microscope à force atomique, spectroscopie par transformée de Fourier, cryogénie à l'hélium, session annuelle sur grand instrument, technologie en salle blanche) mais elles alimenteront aussi systématiquement l'étude fondamentale des propriétés opto-thermo-acoustique de ces nanostructures. La communication a lieu d'abord à l'échelle internationale (en anglais, même imparfait). Le travail de recherche sera plutôt fondamental mais restera un travail d'équipe similaire sur bien des points à celui que l'on trouve dans le privé, donc valorisable à ce titre par le doctorant après 3 ans. Le projet de thèse impliquera une collaboration étroite avec l'équipe du laser à électrons libres CLIO à Orsay, un encadrement présent, une certaine autonomie dans la gestion quotidienne des expériences. L'activité fera appel à l'utilisation d'outils imposants nécessitant une formation serrée (chaînes laser) mais laissera une grande liberté d'initiative, maîtrisées, pour la conduite des expériences. Le candidat est invité à venir discuter oralement de l'adéquation du projet avec ses aspirations, ses goûts et son projet professionnel.