

L'Ecole doctorale : Interfaces : approches interdisciplinaires, fondements, applications et innovation  
et le Laboratoire de recherche Groupe d'étude de la matière condensée

présentent

l'AVIS DE SOUTENANCE de Monsieur Antoine COSTE

Autorisé à présenter ses travaux en vue de l'obtention du Doctorat de l'Université Paris-Saclay, préparé à l'Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines en :

Physique

**« Nanocristaux semi-conducteurs : couplage avec des structures plasmoniques à 4 K et effets collectifs »**

le MARDI 12 NOVEMBRE 2019 à 10h30

à

Amphithéâtre G  
Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines  
45 avenue des Etats Unis  
Bâtiment Fermat  
78035 Versailles

**Membres du jury :**

**M. Jean-Pierre HERMIER**, Professeur des Universités, Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines, FRANCE - Directeur de these

**Mme Sara DUCCI**, Professeur des Universités, Université Paris Diderot - Paris 7, FRANCE - Rapporteur

**M. François DUBIN**, Chargé de Recherche, CNRS - Institut des NanoSciences de Paris, FRANCE - Rapporteur

**Mme Odile STEPHAN**, Professeur des Universités, Université Paris-Sud, FRANCE - Examineur

**M. Jean-Jacques GREFFET**, Professeur des Universités, Institut d'Optique Graduate School, FRANCE - Examineur

**M. Louis DIADALA**, Chargé de Recherche, CNRS - Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie, FRANCE - Examineur

**M. Xavier QUELIN**, Maître de Conférences, Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines, FRANCE - CoDirecteur de these

« Nanocristaux semi-conducteurs : couplage avec des structures plasmoniques à 4 K et effets collectifs »

présenté par Monsieur Antoine COSTE

**Résumé :**

Les nanocristaux colloïdaux sont des fluorophores semi-conducteurs de taille nanométrique. Fluorescents à température ambiante et synthétisés par voie chimique, ces nanoémetteurs représentent d'excellents candidats pour divers domaines d'application tels que l'éclairage, le marquage biologique ou le photovoltaïque. Mon travail expérimental, s'inscrit dans le développement de ces nanoémetteurs via deux approches différentes : leur couplage avec des nanostructures plasmoniques à 4K et la mise en place de régime d'émission collective. Dans un premier temps, nous avons étudié le couplage de nanocristaux individuels avec des films d'or plan dans le but de réduire les pertes par effet Joule. Tout d'abord, nous nous sommes intéressés à l'influence de la température sur ce couplage. A partir d'expériences de photoluminescence et de simulations numériques effectuées par Gérard Colas des Francs du LCIB, nous avons pu mesurer et simuler une forte diminution de l'accélération du temps caractéristique d'émission des nanocristaux lorsque la température passe de 300K à 4K. Cette diminution est directement liée à une importante diminution des pertes ohmiques des couches d'or. L'efficacité quantique des nanocristaux est ainsi augmentée d'un facteur 3. Ensuite, nous avons étudié l'influence de la cristallinité de l'or sur ce couplage. A nouveau une forte réduction de l'accélération de l'émission des nanocristaux a été mesurée sur or cristallin en comparaison avec des couches d'or amorphe. Ces mesures laissent de nouveau présager une réduction des pertes par effet Joule ainsi qu'une augmentation d'au moins un facteur deux de l'efficacité quantique des nanocristaux. Dans un second temps, nous avons effectué les premières caractérisations d'agrégats de nanocristaux enrobés dans une coquille de silice. A température ambiante, nous avons mis en évidence la présence d'interaction de type FRET entre les nanocristaux émettant dans le bleu et les nanocristaux émettant dans le rouge. Cette interaction permet ainsi une accélération de l'émission globale des agrégats. A 4K, nous avons observé une modification de la dynamique d'émission des agrégats avec l'apparition de deux échelles de temps différentes. Pour les temps courts, la dynamique d'émission est accélérée et est régie par la recombinaison de l'exciton. Pour les temps longs, la dynamique d'émission est régie par une loi de puissance traduisant ainsi l'apparition de temps caractéristiques d'émission extrêmement longs.

**Abstract :**

Colloidal semiconductor nanocrystals are fluorescent semiconductors with a nanometric size. Bright at room temperature and chemically synthesized, nanocrystals are interesting candidates for different applications as lighting, biological labeling or photovoltaic. My experimental work, is part of the development of these emitters by two different approaches : coupling with plasmonic structures at 4,K and formation of collective emission. First, we studied the coupling between single nanocrystals and a flat gold film in order to decrease the optical losses. To begin we studied the influence of the temperature. With some photoluminescence measurements and some simulations, we show significant decrease of the enhancement of the photoluminescence decay rate at 4,K. This reduction is linked to the decrease of optical losses. Then, we studied the influence of crystallinity of gold. We show again an important reduction of enhancement of the photoluminescence decay rate with crystalline gold compared to amorphous layer. Second, we investigated the optical properties of compact nanocrystal clusters encapsulated in a silica shell. At room temperature, we observed an enhancement of the photoluminescence decay rate through Förster resonance energy transfer (FRET). At 4K, we measured an important variation of the emission dynamic with emergence of two times scales. At short time scale, emission is accelerated and governed by the exciton recombination. At long time scale, the decay is governed by power law showing the emergence of long-lived states.