

## Sujet de thèse : Matériaux hybrides pour les capteurs quantiques

Institut de Recherche de Chimie Paris – Université PSL – Chimie ParisTech – CNRS  
11 rue Pierre et Marie Curie, 75005 Paris

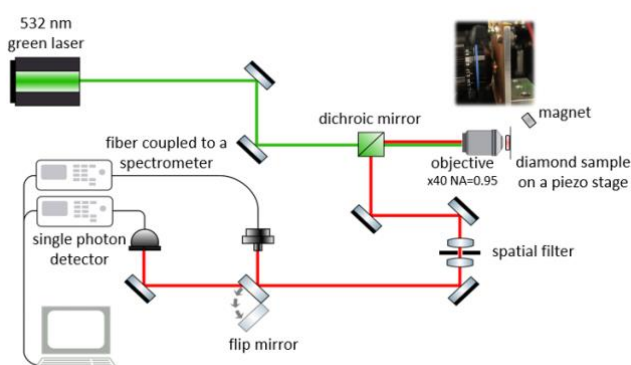
(English version below)

Les technologies quantiques visent à développer de nouvelles fonctionnalités impossibles à obtenir dans les systèmes classiques, pour les communications, le traitement de données ou les capteurs. Parmi les systèmes envisagés pour ces technologies, les centres colorés dans le diamant et les cristaux dopés par des ions de terres rares (TR) sont particulièrement prometteurs. Ils font l'objet d'études intensives et ont permis des avancées significatives en magnéto-métrie, en mémoire quantique ou en informatique quantique.

Ces deux matériaux présentent cependant des caractéristiques distinctes : le centre azotolacune ( $NV^-$ ) dans le diamant présente un spin électronique dont les états quantiques ont de longues durées de vie, même à température ambiante ; les ions TR présentent des transitions optiques qui peuvent constituer des interfaces quantiques avec la lumière dans une large gamme spectrale allant de l'infrarouge à l'UV. Une structure hybride diamant-terres rares pourrait combiner ces propriétés remarquables au niveau quantique, ce qu'aucun système ne présente à ce jour. Cette offre de thèse, pour lequel un financement est déjà acquis, vise à atteindre cet objectif dans le cadre du projet européen ERC Advanced Grant *RareDiamond*.

Ce travail se déroulera au sein du groupe Cristaux et Dynamique des Etats Quantiques de l'IRCP (<http://www.cqsd.fr> Université PSL – Chimie ParisTech - CNRS). Depuis de nombreuses années, l'équipe est internationalement reconnue pour la synthèse, la spectroscopie et le développement de cristaux dopés par des ions de terres rares pour les technologies quantiques. Le projet impliquera également le laboratoire LSPM (Université Sorbonne Paris Nord), spécialisé dans la synthèse de diamant pour ces mêmes applications.

Le projet comportera trois volets principaux. Il s'agira tout d'abord de poursuivre le développement d'une expérience existante de microscopie confocale adaptée aux TR et aux centres  $NV^-$  pour permettre notamment des mesures optiques et micro-ondes dans un régime d'excitations pulsées. Dans un deuxième temps, les interactions entre TR et centres  $NV^-$  seront caractérisées sur ce banc et modélisées numériquement dans le but d'optimiser les structures hybrides. Cette partie se déroulera en étroite interaction avec les étudiants et chercheurs chargés de la synthèse des matériaux hybrides au sein du projet ERC. Enfin, le potentiel de ces matériaux comme capteurs quantiques de champs magnétiques sera exploré dans différentes configurations : haute résolution spatiale en utilisant des centres  $NV^-$  uniques ou au contraire de larges ensembles pour une grande sensibilité.



Banc de microscopie pour l'étude des matériaux hybrides.

Contact : Philippe Goldner – [philippe.goldner@chimieparistech.psl.eu](mailto:philippe.goldner@chimieparistech.psl.eu)

## PhD Position on Hybrid Materials for Quantum Sensors

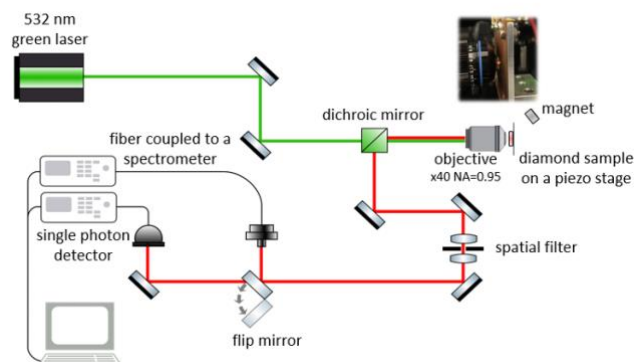
Institut de Recherche de Chimie Paris – Université PSL – Chimie ParisTech – CNRS  
11 rue Pierre et Marie Curie, 75005 Paris

Quantum technologies aim to develop new functionalities impossible to obtain in classical systems, for communications, data processing or sensors. Among the systems considered for these technologies, colour centers in diamond and crystals doped with rare earth ions (RE) are particularly promising. They are being intensively studied and have led to significant advances in magnetometry, quantum memories and quantum computing.

However, these two materials have distinct characteristics: the nitrogen-vacancy (NV<sup>-</sup>) center in diamond has an electron spin whose quantum states have long lifetimes, even at room temperature; the RE ions have optical transitions that can form quantum interfaces with light in a wide spectral range from infrared to UV. A diamond-rare earth hybrid structure could combine these remarkable properties at the quantum level, which no system has so far been able to do. This PhD project, that has already received funding, aims to achieve this goal in the framework of the ERC Advanced Grant *RareDiamond*.

This work will take place in the group Crystals and Quantum State Dynamics at IRCP (<http://www.cgsd.fr> - PSL University - Chimie ParisTech - CNRS). Since many years, the team is internationally recognized for the synthesis, spectroscopy, and development of rare-earth ion-doped crystals for quantum technologies. The project will also involve the LSPM laboratory (Sorbonne Paris Nord University), which specializes in diamond synthesis for these same applications.

The project will have three main components. First, the development of an existing confocal microscopy experiment adapted to RE and NV<sup>-</sup> centers will be pursued to allow optical and microwave measurements in a pulsed excitation regime. In a second step, the interactions between RE and NV<sup>-</sup> centers will be characterized on this confocal bench and numerically modeled to optimize the hybrid structures. This part will be done in close interaction with the students and researchers in charge of the synthesis of hybrid materials within the ERC project. Finally, the potential of these materials as quantum sensors of magnetic fields will be explored in different configurations: high spatial resolution using single NV<sup>-</sup> centers or large ensembles for high sensitivity.



*Microscopy setup for studying hybrid materials.*

Contact : Philippe Goldner – [philippe.goldner@chimieparistech.psl.eu](mailto:philippe.goldner@chimieparistech.psl.eu)