

Demandeur (nom-prénom) : **VINCENT Rémi**  
Co-directeur(s) de thèse : **BACHELOT Renaud**  
Equipe : ICD-LNIO, UMR CNRS -6281, UTT, France  
(\* ) email: remi.vincent@utt.fr

## Densité d'état photonique locale (LDOS) : caractérisation en champ proche et pilotage de la luminescence de nano émetteurs

Ces deux dernières décades ont connu le développement de plusieurs méthodes révolutionnaires qui ont permis d'accéder à des informations optiques dépassant la limite de diffraction, et atteignant des échelles jusque-là inaccessibles de l'ordre de quelque dizaine de nanomètres. Parmi celles-ci, citons la microscopie optique en champs proche (SNOM) et les avancées en microscopie de fluorescence qui ont notamment été récompensées par le prix Nobel de Chimie en 2014 [1].

Au-delà des prometteuses applications d'imagerie à l'échelle nanométrique dans le domaine de la biologie, ces techniques promettent de nombreuses percées dans d'autres domaines tels que la physique des matériaux et la photonique. En effet, ces techniques ouvrent la perspective de la détermination de la densité d'états optique locale (ou LDOS en anglais) qui représente un enjeu majeur pour la compréhension des processus de transfert d'énergie et de couplage lumière-matière à l'échelle nanométrique. Jusqu'à présent plusieurs pistes expérimentales et théoriques ont été explorées avec plus ou moins de succès. Récemment nous avons proposé une nouvelle approche. Faisant suite à de précédents travaux [2], nous développons une approche originale basée sur l'utilisation de la phase locale en SNOM pour accéder à la LDOS [3]. Cependant la démonstration expérimentale et les performances de cette nouvelle stratégie restent à être évaluées. Dans le cadre de cette thèse, une première phase consistera à découvrir le cadre des méthodes de calcul FDTD (logiciel Lumerical) à travers un travail de simulation des configurations expérimentales envisagées. Ce travail sera effectué en interaction avec les collaborateurs en charges des étapes de fabrication et de caractérisation sur la plateforme NanoMat'.

Du côté applicatif, le développement des techniques de fabrication à des échelles de plus en plus petites de structure de plus en plus compliquées permet d'envisager le contrôle de la LDOS à l'échelle nanométrique et ainsi d'accéder à une nouvelle ingénierie photonique : celle de quelques molécules, voire d'une molécule unique. En effet, la luminescence, c'est-à-dire l'émission de lumière par une source locale est très sensible à la LDOS qui constitue des voies de désexcitation de l'émetteur. Le Projet ANR international ACTIVE-NANOPHOT vise à la fabrication et la caractérisation de nano-sources hybrides par nano-photopolymérisation en champs proche ; différentes Boîtes Quantiques seront localement et sélectivement positionnées près d'une structure plasmonique résonnante, voir figure 1, et article [4,5]. Dans ce contexte, une deuxième phase de la thèse consistera dans la mise en place d'un cadre de description théorique des phénomènes de transfert d'énergie au sein de ces sources hybrides. L'objectif étant le pilotage spectral des transferts énergétique [6], phénomène pour lequel, de nombreuses applications sont visées : créer des sources de lumière à de nouvelle longueur d'onde, booster les transferts d'énergie permettant la conversion haute (vision infra-rouge, cellule photovoltaïque), utiliser les nanosources pour les systèmes de communication (cryptographie quantique), développer des nano-Laser (SPASER) [7,8], etc.

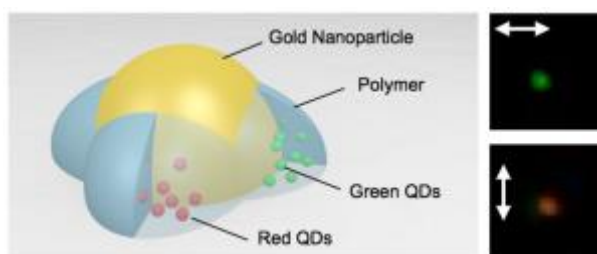


Fig. 1 : Schéma du système hybride du projet ACTIVE NANOPHOT

Contact : Rémi VINCENT : [remi.vincent@utt.fr](mailto:remi.vincent@utt.fr); Renaud BACHELOT : [renaud.bachelot@utt.fr](mailto:renaud.bachelot@utt.fr)

Mots-clés (5 maximum) : **Fluorescence, plasmonique, LDOS, phase, Simulation, transfert d'énergie.**

**Connaissances requises** : Bonnes connaissances en Electromagnétisme et en optique. Expérience en simulation numérique et/ou connaissance en langage de programmation comme fortran et/ou Matlab.

---

**Bibliographie :**

---

[1] **2014 Nobel Prize in Chemistry** to Eric Betzig, Stefan Hell and William E. Moerner for their pioneering work in “super-resolution” fluorescence microscopy corroborates its promise for many investigations in physics, chemistry, materials science and life.

[2] E. Castanie, **R. Vincent**, R. Pierrat, and R. Carminati. Absorption by an optical dipole antenna in a structured environment, *Intern. J. of Opt.* 2012, 452047 (2012).

[3] R. Prasad, and **R. Vincent**, ‘Resolving phase information of the local optical density of state (LDOS) with scattering near-field probes’, *Phys. Rev. B* **94**, 165440 (2016).

[4] X. Zhou, et al., **R. Bachelot**, *Nano Letters* 15(11):7458-7466 · October 2015 [Nano Letters 15\(11\), 7458-7466](#) • [October 2015](#).

[5] X. Zhou, C. Deeb, **R. Vincent**, T. Lerond, P.-M. Adam, J. Plain, G. P. Wiederrecht, F. Charra, C. Fiorini, G. Colas des Francs, O. Soppera, **R. Bachelot**, *Applied Physics Letters* **104**, 023114 (2014).

[6] **R. Vincent**, and R. Carminati. Magneto-optical control of Förster energy transfer, *Phys. Rev. B*, **83**, 165426 (2011).

[7] S. Derom, **R. Vincent**, A. Bouhelier and G. Colas des Francs. Resonance quality, radiative/ohmic losses and modal volume of Mie plasmons, *EPL*. **98**, 47008 (2012).

[8] G. Colas des Francs, S. Derom, **R. Vincent**, and co. Mie plasmons: modes volumes, quality factors and coupling strengths (Purcell factor) to a dipolar emitter, *Intern. J. Opt.* **2012**, 175162 (2012).

