

SUJET

Contexte et Problématique

L'émission de lumière par une source peut être contrôlée par son environnement : en effet voici les résultats marquants que nous avons démontrés ces dernières années : (1) Nous avons démontré que l'absorption d'énergie est contrôlable par l'environnement, au travers du paramètre appelé LDOS (2012) [1]. (2) D'autre part, une de nos récente étude a illustré le phénomène d'amplification de l'efficacité d'émission par l'environnement, c'est à dire de l'augmentation de la part de photon émis (utiles) par rapport à ceux perdu en chaleur (2014) [3,4]. (3) La modification du taux de désexcitation électronique interne est pilotée par la densité Locale d'état Optique (LDOS) à la longueur d'onde d'émission (2012) (effet Purcel) [4-5]. (4) Finalement, la capacité de fabrication, à l'échelle nanométrique, de système hybride : plasmon-émetteur (PE) et plasmon-absorbeur-émetteur (PAE) a été réalisé dans des géométries contrôlées (2014) [2,3]. (Voir les références plus bas).

L'objectif est d'obtenir une description spectrale du phénomène à travers la mise en place du découplage des processus d'absorption et d'émission pour les systèmes plasmoniques hybrides. Dans cet objectif des études théoriques et numériques seront menées à la suite de nos précédent travaux. Ceci pour aller vers des applications fines de contrôle, à l'échelle moléculaire, des transferts d'énergie photonique.

De quelle façon le sujet s'intègre-t-il dans la stratégie scientifique de l'équipe ?

Le LNIO fondé en 1994, a développé durant la dernière décennie une expertise unique et internationale dans le domaine de micro et nano-photonique, l'optique de champ proche, la spectroscopie des nano-objets et les procédés de fabrication dans le domaine des nanotechnologies. Au cours des 5 dernières années, le LNIO a focaliser ses travaux de recherche sur les nanocapteurs, les nanomatériaux, la nanostructuration des polymères photosensibles, la nanoplasmonique, la nanophotonique.

Depuis peu, le LNIO a commencé à enrichir son expertise en nanophotonique avec des recherches fortement orientées vers l'optique quantique (ANR P2N 2012 SINPHONIE) pour le développement des technologies de l'information numérique du futur, qui se porte donc autour d'une thématique forte sur FLUORESCENCE développée au sein de ce projet.

Remarquons nos derniers travaux sur la caractérisation expérimentale de la LDOS et le contrôle de l'émission de source de lumière [5,6].

Objectifs scientifiques

L'opération a pour but de mettre en place un cadre fondamental pour potentialiser les nombreux projets appliqués (fabrication, caractérisation, développement) de modification de luminescence en cours autour de la plateforme NANOMAT, et aussi, permettra d'exploiter

ce potentiel de nanofabrication de la plateforme, de par la compréhension des transferts d'énergie dans les structures d'intérêt à l'étude dans le cadre des projets expérimentaux. Cette recherche fondamentale permettra d'être au plus près d'objectifs variés et du développement d'application concrète, qu'elle soit énergétique: à travers le développement de critères stratégique de fabrication pour l'amplification d'émission (Diode), l'amplification d'absorption (cellule Photovoltaïque), ou que ce soit pour développer de nouveaux composants : par exemple dans le cadre des phénomènes de Up-conversion (vision infra-rouge), et éventuellement pour la DATA : à travers de nouvelle mémoire (optique).

Développons ici, deux cas plus concrets, pour illustrer les suites attendues, prenons le cas de la gestion énergétique. En effet, à travers une gestion plus efficace des ressources énergétique, par exemple en développant des éclairages a basse consommation tel que les diodes électroluminescentes LED, des économies d'énergie substantiel ont déjà et seront réalisées. En effet, la compréhension et le contrôle des transferts d'énergie photonique à l'échelle du nanomètre de cette opération promet de nouvelles découvertes et développements qui ouvriront de nouveau horizon tel que des cellules photovoltaïques plus efficaces, et/ ou de nouveaux composants optiques. Citons aussi, par exemple, les travaux de conversion haute de l'institut Fraunhofer qui visent la récupération d'une partie des 30-40% du spectre solaire actuellement non utilisé par les technologies photovoltaïques actuelles, voir fig. 2.

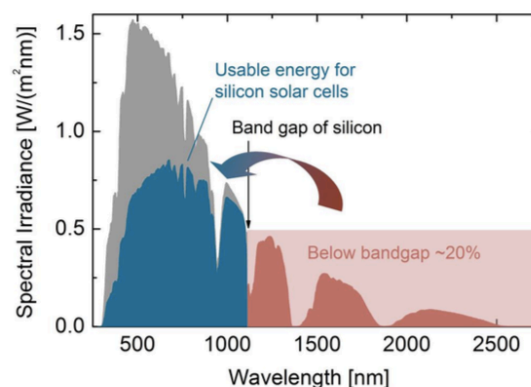


Fig. 2 : Conversion haute pour le photovoltaïque

Bibliographie :

- [1] E. Castanie, R. Vincent, R. Pierrat, and R. Carminati, Intern. J. Opt. 2012, 452047 (2012).
- [2] X. Zhou, et al., R. Bachelot, Nano Letters 15(11) :7458-7466 • October 2015 Nano Letters 15(11), 7458-7466 • October 2015.
- [3] 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).
- [4] 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).
- [5] 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).
- [6] R. Prasad, and R. Vincent, 'Resolving phase information of the local optical density of state (LDOS) with scattering near-field probes', PHYSICAL REVIEW B 94, 165440 (2016).

L'absorption et la réémission de la lumière à l'échelle d'une molécule sont des processus de couplage lumière matière qui peuvent être modifiés par l'environnement. L'évolution des techniques de fabrication à l'échelle nanométrique permet d'envisager diverses applications à ces effets, par exemple au phénomène de Up-conversion (vision infra-rouge), d'amplification d'émission (Diode), et amplification d'absorption (cellule Photovoltaïque).

Cependant jusqu'à présent les études de modification des propriétés de luminescence se sont focalisées de façon indépendante sur :

- 1- Le taux de désexcitation électronique, effet Purcell
- 2- Le taux de conversion de l'énergie de désexcitation électronique en photon irradié, phénomène aussi appelé efficacité quantique.

A partir de nos précédents travaux nous développerons une description du phénomène expérimentale plus complète qui prend en compte la modification du taux d'absorption, habituellement peu ou mal décrite. Le projet de recherche doctoral consistera à développer l'analyse du découplage des processus d'absorption et d'émission dans les points chauds plasmoniques présents dans les systèmes hybrides envisagés dans les nombreux projets expérimentaux de modification de luminescences, actuellement en place au LNIO, dont par exemple l'ANR international ACTIVE-NANOPHOT qui vise la fabrication et la caractérisation de nano-sources hybrides par nano-photo polymérisation en champs proche.