



## HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

Date de la soutenance : **25 juin 2018**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Julien LAVERDANT**

Titre de la thèse : « **Contrôle des modes plasmoniques pour l'émission de lumière** »



### Résumé

Les récents progrès en élaboration de nanostructures ont ouvert un nombre considérable d'applications aussi bien dans la vie quotidienne que dans le domaine des recherches appliquées ou fondamentales. Les propriétés particulières des structures métalliques ont été très étudiées dans de nombreux domaines (traitements anticancéreux, nanophotonique, catalyse, formation d'agrégats ...), comme par exemple les propriétés optiques des structures métalliques donnant lieu aux résonances plasmons qui sont particulièrement prometteuses. En effet, l'excitation de cette résonance engendre une localisation et amplification forte de la lumière dans des zones nanométriques. La diversité des structures élaborées, leur couplage et les applications visées sont d'une très grande richesse.

Je présente dans ce manuscrit mes activités autour de la plasmonique en vue de leur exploitation dans différents systèmes. Mes activités se sont développées dans le Groupe d'Etude de la Matière Condensée puis dans les Laboratoires Aimé Cotton, de Neuro-Physique Cellulaire et dans les Instituts des NanoSciences de Paris et Langevin. J'ai alors orienté mes Recherches autour de deux thèmes : applicatifs (pour des applications médicales) et en Nanophotonique. J'ai été recruté à l'Institut Lumière Matière pour poursuivre ces activités. Ce document synthétise mes activités autour de trois grandes parties selon les applications visées.

La première partie est consacrée aux modes de surface pour des applications en guidage. Je présente mes activités sur les propriétés de cohérence et de propagation. Nous avons fait une étude de la cohérence spatiale du plasmon de surface seul ou couplé avec des émetteurs. Une étude avec un système interférométrique de type fentes d'Young nous a permis de montrer la grande cohérence du plasmon de surface. Une méthode originale de la mesure de la propagation est proposée qui peut être applicable à de nombreux systèmes. Afin d'augmenter la longueur de propagation du plasmon, nous avons étudié un plasmon hybride appelé LongRange (LR). Ce mode apparaît dans des structures symétriques où la surface métallique est placée entre deux diélectriques de même indice. Nous avons fait une étude complète de ce système (mode et longueur de propagation) seul ou en couplage avec des émetteurs. Nous avons montré que ce plasmon LR se propage d'un ordre de grandeur plus loin que le plasmon d'une surface. D'autre part, par définition du système, des modes guidés existent dans le diélectrique et qu'il faut prendre en compte dans l'exploitation et l'analyse de ce type de système.

Le second chapitre présente l'exploitation des modes de plasmon pour une utilisation en espace libre lors du couplage avec des structures émettrices. Pour qu'une source lumineuse soit performante en espace libre pour des applications en photonique, il faut que sa polarisation, sa directivité et que son rendement soient importants. Dans ce second volet, je présente mes travaux sur l'étude de la polarisation de l'émission de nanocristaux luminescents. Ensuite, diverses structures sont présentées telles que les cristaux photoniques/plasmoniques et les nanoantenne verticales. La versatilité, l'efficacité et la facilité d'élaboration de ces structures sont discutées.

Enfin, le dernier chapitre est consacré aux surfaces aléatoires multimodes. Mes récentes activités ont permis de mettre en évidence différents modes qui peuvent être exploitables en termes de polarisation, de super-radiance et de délocalisation des modes. Ces structures sont composées de nanoparticules métalliques sur un substrat de verre. La concentration de métal est importante pour que les films soient au voisinage du seuil de percolation. Les études réalisées montrent que sous certaines conditions d'excitation, un mode collectif entre les particules peut apparaître. Un état superradiant a été mis en évidence dont les propriétés ont été étudiées. Lié à cet état, un mode très absorbant, apparaît en même temps, qui semble être le précurseur du mode plasmon propagatif. La coexistence de ces modes permet d'envisager de nombreuses perspectives.

La conclusion dresse un bilan de toutes ces activités et présente quelques perspectives et projets.