

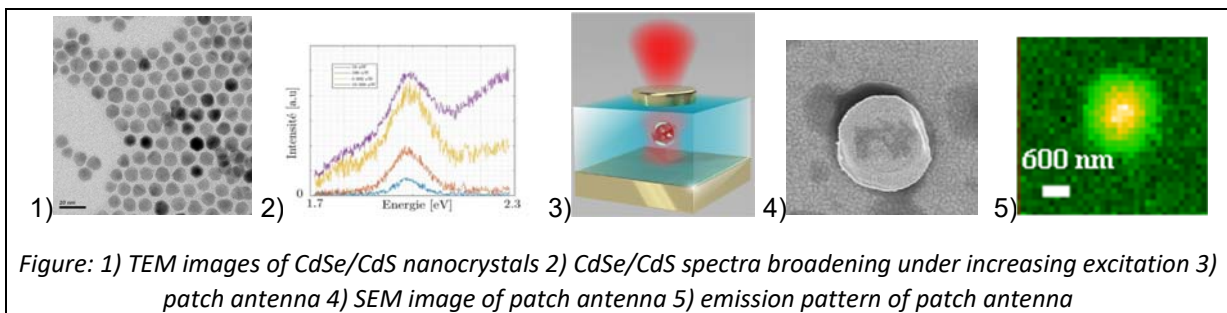
Nanosources quantiques plasmoniques en couplage fort

La réalisation de nanosources quantiques est un enjeu important dans le contexte des technologies quantiques. En effet elles constituent des briques de base pour la réalisation de circuits photoniques quantiques. Elles se caractérisent par leur faible taille, leur intégrabilité, leurs propriétés d'émission, . En tant que sources de photons uniques, on peut caractériser leur fluorescence, brillance, directivité, polarisation,

Dans ce projet de thèse nous nous proposons de développer des nanosources de photons, en couplant un émetteur unique à une nanoantenne plasmonique. Nous pourrions ainsi optimiser ses propriétés de fluorescence, comme source de photons uniques ou comme source brillante. Plus explicitement nous souhaitons maximiser l'interaction entre l'émetteur et l'antenne plasmonique, en plaçant l'émetteur dans un régime très fort confinement optique et électronique. Nous étudierons alors le régime de couplage fort. Nous pourrions aussi étudier en régime de fort confinement et forte excitation, comment la fluorescence de l'émetteur unique est modifiée et si elle acquiert des propriétés quantiques spécifiques

Le système que nous souhaitons étudier est constitué par un nanocristal unique semiconducteur II/VI que nous couplons à une antenne patch en or. Les nanocristaux semiconducteurs colloïdaux de CdSe/CdS, à l'échelle individuelle sont d'excellentes sources de photons uniques brillantes, fonctionnant à température ambiante. Synthétisés chimiquement, il s'agit de sources stables et robustes. Nous collaborons de longue date avec Thomas Pons, du Laboratoire de Physique et d'Etude des Matériaux (ESPCI-Sorbonne Université) qui synthétise ces émetteurs.

Les antennes patch que nous développons sont constituées d'une couche d'or recouverte par une couche très fine de diélectrique (10-40nm) que nous recouvrons par un disque d'or micrométrique (diamètre 100nm-3 μ m) optiquement fin. Nous avons développé dans le passé des techniques de fabrication permettant de positionner de manière déterministe un nanocristal unique au sein d'une telle antenne avec une précision nanométrique, permettant ainsi la réalisation d'une antenne patch [1,2]. Nous avons pu ainsi démontrer les performances d'antennes patchs ainsi constituées comme sources de photons uniques [2,3]. Nous avons en particulier démontré que la section efficace d'absorption d'un nanocristal unique une fois placés dans l'antenne était augmentée de 3 ordres de grandeur [3] ouvrant la voie au régime de forte excitation et de fort confinement.



Dans le cadre de ce projet de thèse, nous souhaitons mettre en évidence le couplage fort entre un émetteur unique et l'antenne plasmonique. Il s'agira de définir la meilleure géométrie d'antenne,

permettant de maximiser le confinement, puis de fabriquer ces antennes avec un nanocristal unique, sans détruire l'émetteur et en préservant ses propriétés de fluorescence.

Dans un deuxième temps, nous étudierons par microscopie de fluorescence et en régime de comptage de photons, l'émission des antennes plasmoniques actives (ie avec nanocristal unique inclus) et réaliserons des spectres d'émission. Un montage d'imagerie de Fourier, couplé à un spectromètre, permettra alors de mettre en évidence le couplage fort entre le nanocristal unique et l'antenne. Il sera alors optimiser.

Enfin nous optimiserons ce couplage fort, cette fois-ci en augmentant l'excitation d'émission. Dans ce régime de forte excitation, nous atteindrons le régime faiblement ou fortement multiexcitonique. Dans ce régime, nos antennes actives, n'émettront plus de photons uniques. En revanche le fort confinement électromagnétique dans les antennes, et le fort confinement électronique au sein du nanocristal unique, devraient modifier largement les propriétés d'émission du nanocristal unique. La cohérence de son émission dans ce régime sera étudiée

La thèse se déroulera à l'Institut des NanoSciences de Paris. Elle sera encadrée par Agnès Maître dont le domaine de compétences recouvre l'optique quantique des variables continues et discrètes, et la plasmonique. Le doctorant recherché aura à minima des compétences en optique, si possible en optique quantique et/ou en nanophotonique. La thèse sera expérimentale et sera associées à des modélisations théoriques. Le doctorant bénéficiera de l'environnement en nanophotonique du laboratoire et des facilités de la salle blanche de l'INSP.

- (1) C. Belacel, B. Habert, F. Bigourdan, F. Marquier, J-P. Hugonin, S. Michaelis de Vasconcellos, X. Lafosse, L. Coolen, C. Schwob, C. Javaux, B. Dubertret, J-J. Greffet, P. Senellart, A. Maître, *Controlling spontaneous emission with plasmonic optical patch antennas*, Nanoletters **13** 1516 (2013) <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl3046602>,
- (2) Amit Raj Dhawan, Cherif Belacel, Juan U. Esparza-Villa, Michel Nasilowski, Zhiming Wang, Catherine Schwob, Jean-Paul Hugonin, Laurent Coolen, Benoît Dubertret, Pascale Senellart, Agnès Maître, *Extreme multiexciton emission from deterministically assembled single emitter subwavelength plasmonic patch antennas*, Light: science and application, 9, 33 (2020) , <https://www.nature.com/articles/s41377-020-0269-0>
- (3) Amit R. Dhawan, Michel Nasilowski, Zhiming Wang, Benoît Dubertret, Agnès Maître, *Efficient single-emitter plasmonic patch antenna fabrication by deterministic in situ optical lithography using spatially modulated light*, Advanced materials 34, 2108120 (2022) <https://doi.org/10.1002/adma.202108120>