

## Proposition de thèse

**Directeur de thèse :** Jean-Baptiste Trebbia (Chargé de Recherche CNRS).

**email :** [jean-baptiste.trebbia@u-bordeaux.fr](mailto:jean-baptiste.trebbia@u-bordeaux.fr)

**Tel :** (+33) (0)5-57-01-72-40.

**Financement :** bourse allouée par l'école doctorale 'Sciences Physiques et de l'Ingénieur'.

**Début :** Septembre 2019, **durée :** 3 ans.

**Lieu :** Laboratoire Photonique Numérique et Nanosciences, UMR 5298, Institut d'Optique Graduate School, Bordeaux.

### Sujet : Vers le contrôle de l'intrication moléculaire.

Au cours de ces dernières décennies, l'interaction lumière-matière a été l'objet de nombreuses études et des efforts théoriques et expérimentaux colossaux ont été déployés pour concevoir et réaliser des nano-systèmes en interaction forte, comme par exemple en plaçant des émetteurs à distance nanométrique les uns des autres ou à proximité de nanostructure où le champ électrique est exacerbé. En matière condensée, les émetteurs uniques, tels que les molécules organiques, les boîtes quantiques, ou les centres NV (défauts dans le diamant) sont de bons candidats pour réaliser de qubits optiques. Ils peuvent facilement être manipulés par la lumière, couplés à des dispositifs nanométriques ou bien utilisés dans des schémas optiques pour le traitement quantique de l'information.

Parmi tous ces émetteurs, les molécules organiques sont des émetteurs quantiques presque idéaux. Elles sont très bien modélisées par des systèmes à deux niveaux et émettent des photons uniques indiscernables à températures cryogéniques [1], les rendant de remarquables candidates à la réalisation de portes logiques quantiques. Pour être pleinement opérationnelle, cette porte nécessite une interaction forte entre émetteurs, comme l'interaction dipôle-dipôle. Néanmoins cette dernière n'a qu'une portée nanométrique bien en dessous de la limite de diffraction. De nouvelles méthodes d'imagerie innovantes sont donc nécessaires pour résoudre ces nouveaux objets quantiques couplés.

Récemment, nous avons développé une méthode d'imagerie super-résolue simple, fonctionnant à basses températures qui permet d'imager des émetteurs fluorescents avec une résolution de seulement 10 nm [2,3]. Dans ce travail de thèse, nous proposerons d'utiliser cette modalité pour révéler, pour la première fois, ces nouveaux objets quantiques ainsi que d'observer leurs riches signatures spatio-frequeñtielles. Nous proposons également de manipuler, à la demande, le degré d'intrication de tels systèmes et de les utiliser comme porte logique quantique.

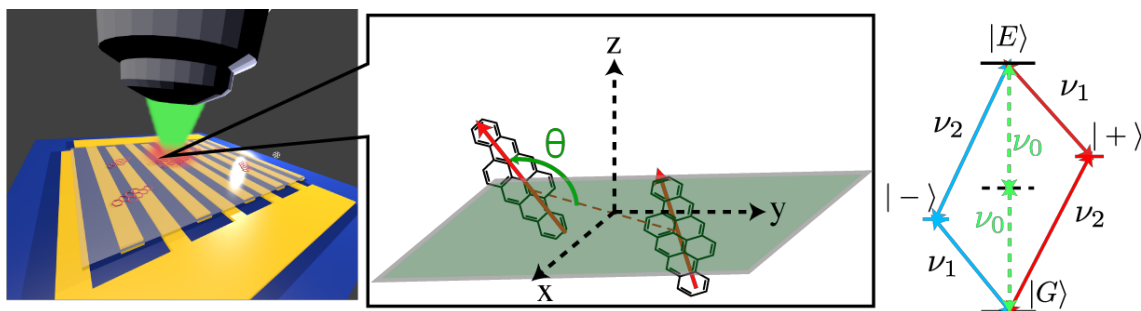


Figure 1 : Schéma de principe du contrôle de l'intrication moléculaire. Un cristal contenant des molécules fluorescentes couplées est placé au-dessus d'un réseau d'électrodes. Le champ électrique généré déplace, par effet Stark, les niveaux d'énergie et modifie ainsi le degré d'intrication des deux états intermédiaires ( $|-\rangle$  et  $|+\rangle$ ).

#### References related to this project :

- [1] Trebbia, J. B., Tamarat, P. & Lounis, B. Indistinguishable near-infrared single photons from an individual organic molecule, **Phys Rev A**, (2010).
- [2] Yang, B., Trebbia, J. B., Baby, R., Tamarat, P. & Lounis, B. Optical nanoscopy with excited state saturation at liquid helium temperatures. **Nature Photonics** 9, 658–662 (2015).
- [3] Trebbia, J. B., Baby, R., Tamarat, P. & Lounis, B. 3D optical nanoscopy with excited state saturation at liquid helium temperatures. In prep. (2019).

#### Recent publications :

- Ming Fu *et al.*, "Unraveling exciton-phonon coupling in individual FAPbI<sub>3</sub> nanocrystals emitting near-infrared single photons". **Nat. Commun.**, 2018.
- Veshchunov, *et al.*. "Optical manipulation of single flux quanta", **Nat. Commun.**, 2016.
- Veshchunov, *et al.*, "Direct Evidence of Flexomagnetoelectric Effect Revealed by Single-Molecule Spectroscopy", **PRL**, 2015.
- Yang, B., ... Trebbia J. B., Lounis B., "Polarization effects in lattice-STED microscopy", **Faradays Disc.**, 2015.

Graduate  
Research School

université  
de BORDEAUX

INSTITUT  
d'OPTIQUE  
GRADUATE SCHOOL

LP2N  
Laboratoire Photonique  
Numérique & Nanosciences