

**Etude et réalisation de méta-OLED : vers le développement de sources organiques cohérentes et directionnelles**

Equipe Photonique Organique et Nanostructures – Photonique et Nanostructures

Co-directeurs de thèse : Mahmoud Chakaroun et Azzedine Boudrioua

Co-encadrant : Quentin Guimard

Collaborations : Patrice Genevet (CRHEA, Nice Sophia-Antipolis) et Béatrice Dagens (C2N)

**1. Objet de la thèse**

L'objectif de ce travail est de développer des méta-OLEDs (OLEDs associées à des méta-surfaces) afin de contrôler la directivité et la cohérence de leur émission. Cependant, les méta-surfaces nécessitent un éclairage spatialement cohérent alors que l'émission d'une OLED présente un profil lambertien à très faible cohérence spatiale. Aussi, il est proposé d'étudier, d'abord, des OLED superradiantes qui permettent de générer une lumière cohérente non lasante et, ensuite, associer ces sources à une métasurface afin de contrôler la directivité de son émission.

**2. Descriptif de la thèse**

Les OLED ont plusieurs intérêts majeurs : faible coût des matériaux organiques, faible consommation électrique, émission pouvant couvrir tout le spectre visible, possibilité d'utiliser un substrat flexible, etc. Le contrôle de la directivité et la cohérence de l'émission de ces sources devrait permettre le développement de nouveaux systèmes d'éclairage performants (fixes, mobiles ou embarqués) et de réaliser des avancées vers la diode laser organique. Pour cela, il est possible d'utiliser des métasurfaces associées à ces sources organiques et de développer des méta-OLEDs. Cependant, l'émission d'une OLED est de profil lambertien et n'est pas cohérente alors que les métasurfaces fonctionnent avec des sources cohérentes tels que les lasers. Jusqu'à présent, l'utilisation des métasurfaces avec une OLED (ou LED) nécessite d'associer celle-ci à une cavité pour augmenter la cohérence de son émission ce qui rend le dispositif complexe.

Le premier objectif de ce travail est d'étudier et de développer une OLED superradiante afin d'obtenir une source de lumière cohérente compatibles avec les métasurfaces. Le phénomène de superradiance a été décrit pour la première fois par Dicke [1] et a été largement étudié théoriquement et expérimentalement [2, 3]. Pour obtenir une superradiance, l'une des approches consiste à incorporer des nanoparticules plasmoniques [4, 5] au sein d'une source de lumière en régime de couplage fort et de déclencher et entretenir les phénomènes de synchronisation [6]. Le régime de couplage fort entre des réseaux de nanoparticules (NPs) plasmoniques et les émetteurs organiques permet de contrôler les interactions entre les dipôles des émetteurs organiques et d'obtenir leur synchronisation, et la transition vers un état collectif spatialement cohérent *i.e.* un phénomène de superradiance.

Le second objectif consiste à associer ces OLEDs superradiantes à des métasurfaces afin d'obtenir une lumière cohérente et directionnelle. L'objectif est de contrôler totalement l'émission d'une OLED avec une métasurface intégrée directement dans le dispositif. Les méta-surfaces [7] sont des structures résonantes planaires qui peuvent contrôler les caractéristiques d'une onde optique : amplitude, polarisation, phase, fréquence, etc. Ainsi, un contrôle local de l'interaction lumière-matière permet de façonner la réponse totale des métasurfaces. On s'intéressera particulièrement aux métalentilles qui permettent de focaliser ou de collimater la lumière. En outre, les méta-surfaces diélectriques présentent un intérêt particulier car elles permettent des fonctionnalités uniques et elles présentent de faibles pertes ohmiques.

Obtenir des sources organiques cohérentes et directionnelles en utilisant le phénomène de superradiance et des métasurfaces est une approche originale qui devrait également permettre d'associer ces sources plus cohérentes à une cavité pour étudier l'effet laser sous pompage électrique.

## Références

- [1]. R. H. Dicke, Phys. Rev. 93, 99 (1954).
- [2]. V. N. Pustovit *et al.*, Phys. Rev. Lett. 102, 077401 (2009).
- [3]. D. G. Lidzey *et al.*, Science 288, 1620 (2000).
- [4]. S. Hamdad, thèse de doctorat, Université Sorbonne Paris Nord, soutenue 25 mai 2020.
- [5]. A. T. Diallo, thèse, Université Sorbonne Paris Nord, soutenue 2018
- [6]. S. Aberra Guebrou *et al.*, Phys. Rev. Lett. 108, 066401 (2012).
- [7]. P. Genevet *et al.*, Optica 4(1); 139 (2017).

Contacts : [boudrioua@univ-paris13.fr](mailto:boudrioua@univ-paris13.fr)  
[chakaroun@univ-paris13.fr](mailto:chakaroun@univ-paris13.fr)