
Sujet de thèse

Laboratoire: Institut Fresnel

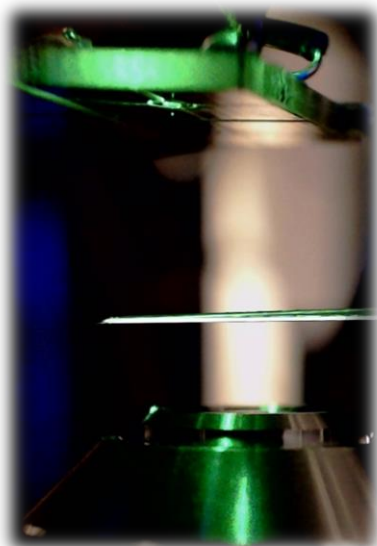
Directeur de thèse: Nicolas Bonod

Tel: 0491282835

Sujet : Synthèse de métasurfaces colorées avec des particules colloïdales

Description du sujet: Les particules de taille sous-longueur d'onde peuvent interagir de manière résonnante avec la lumière par l'excitation de plasmons de surface localisés pour les particules métalliques (par exemple or ou argent) [1] ou de résonances de Mie pour les particules à indice de réfraction élevé (par exemple Si, Ge, etc.) [2,3]. La diffusion de la lumière résonnante offerte par les nanoparticules métalliques a été proposée en 2012 pour imprimer les couleurs à une échelle inférieure à la limite de diffraction [4]. En modifiant la taille, la forme ou la composition des nanoparticules, on peut modifier leur spectre de diffusion, c'est-à-dire leur couleur. Comme les particules ont une longueur d'onde inférieure à la longueur d'onde, le nombre de pixels colorés peut être considérablement augmenté. D'importants efforts ont été réalisés ces dernières années pour créer de grandes palettes de couleurs et pour imprimer à l'échelle micrométrique des motifs avec une large gamme de couleurs [5]. Une percée majeure a été démontrée en 2016 par notre groupe pour créer des métasurfaces colorées basées sur des résonances de Mie avec par des particules de silicium [6].

Malgré des progrès constants, les métasurfaces colorées basées sur des résonateurs plasmoniques ou de Mie n'ont pas encore été mises en œuvre dans les technologies commerciales en raison de la différence d'échelle entre les particules de taille sous-longueur et les dispositifs photoniques de taille centimétrique. De nouvelles méthodes de fabrication sont nécessaires pour combler cette différence d'échelle. Les résonateurs optiques les plus simples et les moins chers sont les particules colloïdales de particules car elles sont peu



onéreuses et présentent d'excellentes propriétés optiques et chimiques. Cependant, les nanostructures photoniques nécessitent typiquement des arrangements périodiques précis de particules pour offrir une réponse optique ciblée.

Dans cette thèse, nous développerons des techniques originales pour synthétiser le contrôle du dépôt de particules colloïdales sur des sites ciblés sur un échantillon. Dans ce but, nous allons d'abord développer des pièges Paul planaires [7] qui seront utilisés pour déposer des particules sur une surface d'intérêt. A ce stade, le groupe contrôle la charge de particules d'or individuelles dans le piège planaire monté sur une platine de translation et rotation motorisée et pilotée à distance pour imager les particules en microscopie optique (voir l'image à gauche et la vidéo ref [8]). Le dispositif sera

automatisé afin de déposer des motifs de particules dans des zones ciblées. Avec cette technique, nous allons démontrer que différentes couleurs structurelles peuvent être imprimées en parallèle.

La deuxième technique combine une approche de type bottom-up à une approche de type top-down: nous allons fabriquer une surface comportant des trous formant des motifs particuliers. Ces trous agiront comme des boîtes dans lesquelles seront déposées des particules colloïdales par force capillaire. Nous montrerons pour la première fois que cette technique permet d'imprimer des métasurfaces colorées à grande échelle et de manière rentable.

Les spectres de diffusion résonnants des particules créeront des couleurs structurelles et les particules agiront comme des pixels colorés. Le/La doctorant.e utilisera un microscope pour imager les surfaces colorées. Il / elle utilisera des codes numériques pour modéliser les paramètres RGB résultant du spectre de diffusion résonnant. Il/elle aura l'opportunité de manipuler un set-up unique combinant lévitation de particules et microscopie optique. Il sera encadré par Nicolas Bonod (chercheur au CNRS) et Johann Berthelot (post-doctorant), et aura l'opportunité de collaborer avec différents groupes (synthèse de particules, fabrication de substrats à motifs).

Mots-clés: Lévitation, Diffusion lumineuse résonnante, Coloration structurelle, Synthèse additive, Spectroscopie optique, Plasmonique

Références bibliographiques:

1. S. Enoch, N. Bonod, (Eds.) *Plasmonics: from basics to advanced topics*, Springer (2012).
2. A. I. Kuznetsov et al., "Optically resonant dielectric nanostructures," *Science*, 354(6314), aag2472.3 (2016)
3. I. Staude et al., "Metamaterial-inspired silicon nanophotonics," *Nature Photonics*, 11(5), 274-284 (2017)
4. K. Kumar et al., "Printing colour at the optical diffraction limit," *Nature Nanotechnology*, 7(9), 557-561 (2012)
5. A. Kristensen et al., "Plasmonic colour generation," *Nat. Rev. Mat.* **2**, 16088, 2016
6. J. Proust, F. Bedu, B. Gallas, I. Ozerov, N. Bonod, "All-Dielectric Structural Colour Printing based on Electric and Magnetic Mie Resonances," *ACS Nano* **10**, 7761–7767 (2016)
7. I. Alda, J. Berthelot, R. A. Rica, R. Quidant, "Trapping and manipulation of individual nanoparticles in a planar Paul trap," *Applied Physics Letters* 109(16), 163105 (2016).
- 8 <https://youtu.be/4m-ED9HSZEE>