

## Offre de thèse

### Capteur nanophotonique par imagerie holographique sans lentille

**Durée / Duration : 3 ans (début Octobre 2024)**

**Laboratory and research group : INL, i-Lum et DSE**

**Lieux /Location:** INL UMR CNRS 5270 – Université Claude Bernard Lyon 1/Ecole Centrale de Lyon

**Keywords:** Optical sensors, Photonic metasurfaces, Free lens imaging, Holography, Clean room processes, Biodetection.

**Profile/Profil:** Physics/Material Science, Optics/Photonics.

#### **Domaine et contexte scientifique / Scientific domain and context :**

Le domaine des capteurs photoniques est un domaine mature qui trouve une application commerciale dans le domaine de la bio-détection, avec les capteurs de plasmon surface. Depuis l'avènement des cristaux photoniques et des métasurfaces, des transducteurs basés sur ces technologies sont continuellement proposés. En parallèle, les systèmes de mesures du signal du transducteur évoluent vers une miniaturisation et une parallélisation de la mesure. Les techniques d'imagerie sans lentille ont été développées pour répondre à ces deux évolutions. En outre, abaisser les limites de détections reste un enjeu important notamment pour améliorer le diagnostic précoce des maladies ou la détection des polluants dans l'environnement à des teneurs extrêmement faibles. Une approche pour descendre en limite de mesure est d'exploiter la phase optique de la réponse du transducteur au lieu de la mesure classique en intensité. En effet les limites de détections sont abaissées d'un à deux ordres de grandeur. L'holographie est une des techniques permettant de reconstruire la phase optique. Nous nous proposons donc de développer un capteur avec un système d'imagerie sans lentille par holographie qui alliera les deux propriétés recherchées : parallélisation de la mesure à bas coût et abaissement de la limite de détection.

#### **Description du sujet /Job description:**

Dans cette thèse nous souhaitons développer un système compact d'imagerie sans lentille par interrogation en phase de métasurfaces en vue d'atteindre des limites de détection inférieures à l'état de l'art (l'objectif est de détecter une variation d'indice de réfraction de l'ordre de  $10^{-6}$ ). Il s'agira d'explorer différentes configurations d'imagerie sans lentille : une déjà abordée et montée au laboratoire avec un système d'interférence d'Young [1] et une configuration originale pour la nanophotonique qu'est l'holographie en ligne.

A notre connaissance, personne ne s'est penchée sur le binôme réponse du transducteur-mesure de la phase. Sur plan conceptuel, cette thèse contribuera à une meilleure compréhension du rôle de la phase en nanophotonique et en particulier dans le domaine des capteurs. En effet actuellement peu de travaux [2] dans le monde proposent en nanophotonique des capteurs compacts

basés sur la mesure en phase : la mesure de phase est une approche émergente dans le domaine de la nanophotonique [3]. La réponse du cristal photonique en imagerie holographique sans lentille reste à modéliser et à comprendre en fonction du type de résonance.

Le travail expérimental est un point important de la thèse avec comme objectif la validation de la fonction capteur sur des cristaux photoniques avec le système d'imagerie sans lentille choisi lors de la validation théorique. Pour apporter la preuve de concept, il sera nécessaire de fabriquer la matrice de transducteur adaptée au système de mesure qui apportera la sensibilité la plus grande. Une étude expérimentale, avec un système fluide simple, de la fonction capteur d'une interaction biochimique standard permettra de valider le système cristal photonique/ imagerie sans lentille holographique.

Le sujet de thèse s'orientera vers :

- La modélisation de la réponse de nano-transducteur en phase en couplant l'optique de Fourier et les méthodes de simulations utilisées en ingénierie photonique (type RCWA). Etudes et recherches du type de cristaux photoniques adapté au système d'imagerie sans lentille. A partir des mêmes outils de simulation l'idée d'holographie en ligne sera explorée.
- La mise au point du système d'imagerie holographique sans lentille pour des cristaux photoniques.
- La fabrication de structures nanophotoniques (en salle blanche par les moyens de micro et nanofabrication) adaptées et optimisées pour la mesure capteur par interrogation en phase.
- Les mesures expérimentales pour valider la preuve de concept au moyen d'un système de fluide simple et d'un modèle d'interaction biochimique standard (type Biotine-streptavidine)

#### **Profil du candidat / Skills and qualification :**

Le/la candidat/e doit avoir des bases solides en nanophotonique et/ou en optique et/ou en instrumentation. Il/elle doit acquérir un savoir-faire de technologie en salle blanche, avec la motivation pour mener de front des travaux de simulations, expérimentaux et technologiques.

#### **Contacts :**

CV + lettre de motivation à adresser à:

Lotfi Berguiga – [lotfi.berguiga@insa-lyon.fr](mailto:lotfi.berguiga@insa-lyon.fr)

Magalie Faivre - [magalie.faivre@univ-lyon1.fr](mailto:magalie.faivre@univ-lyon1.fr)

#### **Références bibliographiques / References :**

[1] Yujie Lu, Yunhui Liu, and Tak Kit Lau, "Simple, portable, and low-cost microscope based on off-axis digital holography using two spherical waves," Opt. Lett. **39**, 4549-4552 (2014)

[2] F. Yesilkoy, et al., « Phase-sensitive plasmonic biosensor using a portable and large field-of-view interferometric microarray imager », Light: Science & Applications (2018) **7**, 17152.

[3] S. Khadir, et al., « Metasurface Optical Characterization Using Quadriwave Lateral Shearing Interferometry », ACS Photonics (2021), **8**, 603–613.