

Titre : Méta-surfaces en élastomère liquide pour cavités accordables intégrées sur fibre optique

Les cavités optiques à base de réflecteurs de Bragg (DBR) intégrant des méta-surfaces diélectriques permettent d'atteindre des facteurs de qualité élevés et un contrôle précis de la phase, ouvrant la voie à des dispositifs photoniques compacts. Parallèlement, les réflecteurs air-Bragg constitués de couches polymère/air démontrent une accordabilité mécanique par compression, mais leur mise en œuvre reste limitée par un compromis entre stabilité et largeur spectrale. Dans le contexte de l'imagerie médicale miniaturisée, le défi majeur est de développer des filtres spectraux dynamiques, intégrables sur fibre, capables de s'adapter in situ sans actionneurs externes encombrants.

Ce projet de thèse vise à développer une nouvelle génération de filtres optiques accordables en combinant deux avancées récentes : les méta-surfaces diélectriques intégrées sur réflecteurs de Bragg (DBR) et les matériaux intelligents de type élastomère liquide cristallin (LCE). L'idée originale consiste à remplacer les méta-surfaces passives par des méta-surfaces actives en LCE, capables de se déformer sous stimulus externe (température, lumière), permettant ainsi un contrôle dynamique de la réponse spectrale sans actionneurs mécaniques externes. Cette approche s'inspire des travaux récents sur les cavités stabilisées par méta-surfaces et sur les réflecteurs air-Bragg accordables mécaniquement, en y ajoutant une fonctionnalité d'accordabilité intrinsèque.

La thèse s'organisera en cotutelle entre **l'Université Libanaise** (volet numérique) et **l'UTBM** (volet expérimental), dans le cadre d'une collaboration scientifique visant à associer des compétences complémentaires en modélisation photonique avancée et en micro-nanofabrication. Cette organisation permettra de combiner l'expertise de l'équipe de l'Université Libanaise dans la simulation numérique de structures photoniques complexes avec les capacités expérimentales de l'UTBM en fabrication et caractérisation de microstructures optiques. Cette organisation en cotutelle permettra ainsi de créer une affiliation forte entre modélisation et expérimentation, favorisant le développement rapide de dispositifs photoniques innovants et renforçant les collaborations scientifiques entre les deux institutions.

Objectifs :

- Modéliser numériquement le comportement opto-mécanique couplé de méta-surfaces en LCE intégrées sur des réflecteurs de Bragg.
- Développer un procédé de fabrication par polymérisation deux-photons pour intégrer ces méta-surfaces accordables sur substrats plans et sur fibres optiques.
- Caractériser expérimentalement la réponse spectrale dynamique et démontrer une accordabilité autour de 1550 nm.

Ces travaux ouvriront la voie à des applications en endoscopie médicale miniaturisée, où des filtres accordables intégrés sur fibre permettraient un contrôle spectral dynamique pour l'imagerie in vivo, améliorant ainsi le diagnostic précoce de tissus pathologiques. Cette technologie pourrait également être utilisée en chirurgie mini-invasive, où un guidage spectral précis des instruments chirurgicaux permettrait de mieux différencier les tissus sains des tissus malades en temps réel, réduisant ainsi le caractère invasif des interventions.