
Sujet de thèse : Analyse complexe des réponses spectrales optiques pour déterminer la phase spectrale de composants photoniques

Laboratoire: Institut Fresnel

Directeur de thèse: Nicolas Bonod

Sujet: Analyse complexe des réponses spectrales optiques pour déterminer la phase spectrale de composants photoniques

Description du sujet: Les réponses optiques de composants peuvent être caractérisées par la matrice S de diffusion. L'étude de l'évolution des éléments de la matrice S en fonction de la fréquence permet d'extraire de nombreuses informations sur le composant. Une approche très intéressante consiste à étudier ces éléments dans le plan des fréquences complexes. Ces éléments sont des fonctions méromorphes qui peuvent présenter des pôles et des zéros, c'est à dire des fréquences complexes pour lesquelles ces fonctions deviennent infinies et nulles respectivement. Il est possible de reconstruire ces fonctions méromorphes à partir des pôles et des zéros suivant une expression analytique appelée Singularity Expansion Method [1]. La connaissance des pôles et des zéros permet alors de retrouver la réponse spectrale des éléments de la matrice S , et de déterminer les réponses en amplitude et en phase d'éléments diffusants pour toute fréquence. Ces paramètres sont essentiels pour optimiser la réponse des métasurfaces. Le rôle de la phase est en effet essentiel dans ces composants qui ont pour objectif de modifier avec des éléments résonnants l'amplitude, la phase et la polarisation de faisceaux lumineux [2]. Malgré d'importants efforts pour comprendre la différence de phase associée à la résonance de diffuseurs ou d'une assemblée de diffuseurs, des avancées théoriques récentes montrent qu'il est possible de déterminer cette différence de phase dans le domaine spectral d'intérêt en fonction des pôles et des zéros des éléments de la matrice S [3].

Le travail de thèse consistera dans un premier temps à étudier la modification de phase apportée par différents diffuseurs ou assemblées de diffuseurs et de construire une métasurface avec les propriétés requises en assemblant ces différents éléments. Différentes applications de ces métasurfaces seront étudiées, en particulier sur le contrôle de leur réponse spectrale ou encore sur la réalisation d'hologrammes.

Une seconde partie de ce travail consistera à utiliser l'expansion en singularités afin d'analyser la réponse spectrale de composants. L'objectif sera de déduire les distributions des pôles et des zéros dans le plan des fréquences complexes à partir de mesures réalisées à des fréquences réelles [4]. Ce projet nécessitera de combiner des analyses théoriques et des outils numériques à des mesures expérimentales de spectres et de phases. La connaissance de ces distributions permettra de proposer des fits très pertinents des réponses spectrales,

et des études seront conduites afin d'en extraire le signal, de filtrer le bruit, et de retrouver l'information sur la phase de l'élément mesuré de la matrice S sur l'ensemble de la fenêtre spectrale.

Références bibliographiques:

- [1] I. Ben Soltane, R. Colom, F. Dierrick, B. Stout, N. Bonod, "Multiple-Order Singularity Expansion Method," *New J. Phys.* **25**, 103022 (2023)
- [2] A.I. Kuznetsov, M.L. Brongersma, et al. "Roadmap for optical metasurfaces," *ACS Photonics* **11**, 816 (2024)
- [3] I. Ben Soltane, N. Bonod, "Extracting Complete Resonance Characteristics From the Phase of Physical Signals," arXiv (2024)
- [4] I. Ben Soltane, F. Dierick, B. Stout, N. Bonod, "Generalized Drude-Lorentz Model Complying with the Singularity Expansion Method," *Adv. Optical Mater.* **12**, 2400093 (2024)