

---

## Sujet de thèse

Laboratoire : Institut Fresnel, Unité mixte de Recherche 7249 du CNRS

Directeurs de thèse : Prof. Frédéric Zolla, Prof. Gilles Renversez, équipe ATHENA

Courriels et adresse : gilles.renversez@fresnel.fr et frederic.zolla@fresnel.fr ; Institut Fresnel, Campus de St Jérôme, Av. Escadrille Normandie-Niémen, 13397 Marseille, France

Co-directeur : à préciser

Titre : Modélisation du champ électromagnétique dans les milieux optiques non-linéaires, dispersifs, et anisotropes – Application à la redéfinition des paramètres effectifs en tenant compte de leur partie imaginaire

Sujet : Les récents développements dans la fabrication des nano-structures photoniques permettent d’obtenir de forts confinements du champ électromagnétique dans des matériaux hautement non-linéaires et dispersifs, et cela au sein de géométrie complexe.

Les outils de modélisation numérique du champ électromagnétique permettent aujourd’hui le calcul de la propagation de la lumière dans des nano-structures de façon de plus en plus précise, et ce, pour des structures de plus en plus complexes (géométries 3D, structures non-bornées, structures périodiques, matériaux anisotropes, etc.). Toutefois, toutes les structures existantes ou en cours d’étude ne sont pas modélisables de manière satisfaisante. Deux verrous principaux sont identifiés : la prise en compte du comportement non-linéaire aux champs forts, notamment les effets spatiaux ainsi que la prise en compte des pertes dans des problèmes initialement hermitiens [1]. Ces deux aspects ont des conséquences importantes sur la définition et le calcul des paramètres effectifs décrivant les structures photoniques étudiés comme nous l’avons démontré [2].

Le traitement amélioré des non-linéarités exige de quitter le régime monochromatique (sauf peut-être dans le cas le plus simple de l’effet Kerr optique) pour prendre en compte la génération d’harmoniques. Deux approches sont alors possibles : une approche transitoire pas à pas dans le temps ou une approche multiharmonique où plusieurs modèles harmoniques sont couplés. Chacun de ces modèles peut être pertinent suivant le contexte et ils peuvent aussi servir de vérification mutuelle en étudiant des cas très simples où ils peuvent être utilisés tous les deux. Pour l’approche multiharmonique, la méthode des éléments finis semble la plus naturelle tandis que pour les problèmes transitoires la méthode dite Finite-Difference Time-Domain est probablement plus appropriée.

La thèse consistera principalement à développer de tels modèles et à les appliquer à des dispositifs de la nanophotonique. Notre équipe a déjà obtenu de nombreux résultats dans cette thématique de la modélisation précise des phénomènes non linéaires en électromagnétisme ce qui permettra au doctorant d’utiliser certaines des méthodes déjà développées pour effectuer des tests de validation [2, 3, 4, 5, 6].

Notre équipe collabore avec d’autres équipes de recherche sur différents aspects de cette thématique que cela soit en Belgique ou plus récemment en Allemagne. Le(la) candidat(e) recherché(e) devra disposer de compétences en théorie électromagnétique, en modélisation numérique et en programmation.

## Références

- [1] P. Lalanne, W. Yan, K. Vynck, C. Sauvan, and J.-P. Hugonin. Light interaction with photonic and plasmonic resonances. *Laser & Photonics Reviews*, 12(5) :1700113, 2018.
- [2] M. M. R. Elsayy and G. Renversez. Exact calculation of the nonlinear characteristics of 2D isotropic and anisotropic waveguides. *Opt. Lett.*, 43(11) :2446–2449, 2018.
- [3] F. Drouart, G. Renversez, A. Nicolet, and C. Geuzaine. Spatial Kerr solitons in optical fibres of finite size cross section : beyond the Townes soliton. *J. Opt. A : Pure Appl. Opt.*, 10 :125101, 2008.
- [4] F. Zolla, P. Godard, and A. Nicolet. Virtual antenna method as applied to the study of the scattering by 2-dimensional non-linear metamaterials. *Progress in Electromagnetics Research Symposium*, pages 1204–1207. PIERS, 2009.
- [5] W. Walasik and G. Renversez. Plasmon-soliton waves in planar slot waveguides. I. Modeling. *Phys. Rev. A*, 93 :013825, 2016.
- [6] W. Walasik, G. Renversez, and F. Ye. Plasmon-soliton waves in planar slot waveguides. II. Results for stationary waves and stability analysis. *Phys. Rev. A*, 93 :013826, Jan 2016.