

---

## Sujet de thèse

Laboratoire: Institut Fresnel

Directeur de thèse : Nicolas Bonod

Email : nicolas.bonod@fresnel.fr

Adresse : Institut Fresnel, Domaine Universitaire de Saint Jérôme, 13397 Marseille

Tel : 0491282835

Titre : Optimisation de l'interaction lumière-matière dans des métasurfaces absorbantes

Description : L'interaction entre le rayonnement électromagnétique et la matière est un sujet fondamental en optique et plus généralement en physique. L'excitation de résonances dans des matériaux structurés permet d'exalter cette interaction et d'augmenter fortement l'intensité du champ électromagnétique à l'intérieur du matériau, améliorant ainsi le processus d'absorption. L'énergie électromagnétique se trouve convertie en chaleur. Ce travail de thèse portera sur l'optimisation de l'absorption de la lumière et sera structuré en 3 parties. Dans un premier temps, nous utiliserons des méthodes modales afin d'optimiser l'absorption. Nous calculerons les fréquences propres complexes des structures afin d'optimiser l'absorption du rayonnement électromagnétique [1,2]. Nous en déduirons la composition des matériaux et leur structuration qui permette d'optimiser l'absorption [3]. Dans un second temps, nous utiliserons des méthodes numériques d'optimisation comme des algorithmes évolutifs [4] et des méthodes d'apprentissage [5]. La caractérisation des modèles numériques obtenus par apprentissage automatique profond permettra d'assurer leur validité et d'éprouver leur robustesse dans un grand nombre de cas. Des méthodes de design inverse pourront alors être utilisées afin de connaître la structuration adéquate permettant d'optimiser l'absorption du rayonnement dans une gamme de fréquence donnée [6]. Un objectif important de ce travail de thèse sera de concevoir des absorbeurs avec des réponses spectrales complexes. Un effort particulier sera apporté au cas d'une absorption nulle dans le visible et proche infrarouge et maximisée autour de 10 microns pour une application dans le radiative cooling [7-9]. Dans un troisième temps, ces structures seront réalisées en salle blanche suivant des procédés technologiques bien établis et caractérisés sur un banc expérimental dans la gamme de fréquence visible et proche infrarouge [10-11]. Nous collaborerons avec un laboratoire spécialiste de l'émission thermique et du moyen infrarouge pour caractériser les structures.

### Références:

1. Grigoriev, V., Tahri, A., Varault, S., Rolly, B., Stout, B., Wenger, J., & Bonod, N. Optimization of resonant effects in nanostructures via Weierstrass factorization. *Physical Review A*, 88(1), 011803 (2013).
2. Colom, R., McPhedran, R., Stout, B., & Bonod, N. Modal expansion of the scattered field: Causality, nondivergence, and nonresonant contribution. *Physical Review B*, 98(8), 085418 (2018).
3. Colom, R., Devilez, A., Bonod, N., & Stout, B. Optimal interactions of light with magnetic and electric resonant particles. *Physical Review B*, 93(4), 045427 (2016).

4. Bonod, N., Bidault, S., Burr, G. W., & Mivelle, M. Evolutionary Optimization of All-Dielectric Magnetic Nanoantennas. *Advanced Optical Materials*, 7(10), 1900121 (2019).
5. Peurifoy, J., Shen, Y., Jing, L., Yang, Y., Cano-Renteria, F., DeLacy, B. G., ... & Soljačić, M. Nanophotonic particle simulation and inverse design using artificial neural networks. *Science advances*, 4(6), eaar4206 (2018).
6. Molesky, S., Lin, Z., Piggott, A. Y., Jin, W., Vucković, J., & Rodriguez, A. W. Inverse design in nanophotonics. *Nature Photonics*, 12(11), 659-670 (2018).
7. Raman, A. P., Anoma, M. A., Zhu, L., Rephaeli, E., & Fan, S. Passive radiative cooling below ambient air temperature under direct sunlight. *Nature*, 515(7528), 540-544 (2014).
8. Kou, J. L., Jurado, Z., Chen, Z., Fan, S., & Minnich, A. J. Daytime radiative cooling using near-black infrared emitters. *Acs Photonics*, 4(3), 626-630 (2017).
9. Bhatia, B., Leroy, A., Shen, Y., Zhao, L., Soljačić, M., & Wang, E. N. Passive sub-ambient daytime radiative cooling. In *Optical Devices and Materials for Solar Energy and Solid-state Lighting* (pp. PM2C-2). Optical Society of America (2019, July).
10. Proust, J., Bedu, F., Gallas, B., Ozerov, I., & Bonod, N. All-dielectric colored metasurfaces with silicon Mie resonators. *Acs Nano*, 10(8), 7761-7767 (2016).
11. Colom, R., Xu, L., Marini, L., Bedu, F., Ozerov, I., Begou, T., ... & Palomba, S. Enhanced four-wave mixing in doubly resonant si nanoresonators. *ACS photonics*, 6(5), 1295-1301 (2019).