



Proposition de stage de master 2  
**Métamatériaux « tout diélectrique » :**  
**indice nul et indice négatif**

Éric Akmansoy <sup>1</sup>  
Département Photonique

---

Les métamatériaux ont ouvert un nouveau champ en physique et en ingénierie. En effet, ces matériaux artificiels structurés possèdent des propriétés électromagnétiques surprenantes, telles que l'*indice de réfraction négatif* ou nul. L'indice de réfraction négatif permet la focalisation sub-longueur d'onde par la *lentille parfaite*, c-à-d, une lentille plate s'affranchissant du critère de Rayleigh. Un autre phénomène que permettent les métamatériaux est la *cape d'invisibilité*. Les métamatériaux se développent maintenant vers la mise en oeuvre de composants [1]. Les métamatériaux « *tout diélectrique* » sont prometteurs car ils subissent de faibles pertes et leur géométrie est simple [2].

Nous concevons, fabriquons et caractérisons des métamatériaux « *tout diélectrique* » opérant des micro-ondes au térahertz. Ils fonctionnent à partir des résonances de Mie de résonateurs diélectriques à grande permittivité. Nous avons mis en évidence un indice de réfraction négatif à 10 GHz [3,4]. Récemment, nous avons aussi conçu une « *métalentille* » i.e. une lentille plate à gradient d'indice fonctionnant au térahertz [5].

Durant ce stage, le couplage entre les modes de résonance sera étudié de façon à mettre en évidence un indice de réfraction négatif et un indice de réfraction quasi-nul. Les métamatériaux « *tout diélectrique* » seront simulés numériquement au moyen d'un logiciel afin d'extraire les paramètres électromagnétiques et l'indice de réfraction (cf. figure 1). Ce travail pourra être poursuivi par une thèse.

## Références

- [1] N. I. Zheludev and Y. S. Kivshar, "From metamaterials to metadevices," *Nat Mater*, vol. 11, pp. 917–924, 11 2012.
- [2] S. Jahani and Z. Jacob, "All-dielectric metamaterials," *Nat Nano*, vol. 11, pp. 23–36, 01 2016.
- [3] T. Lepetit, E. Akmansoy, and J.-P. Ganne, "Experimental evidence of resonant effective permittivity in a dielectric metamaterial," *Journal of Applied Physics*, vol. 109, no. 2, p. 023115, 2011.

---

1. eric.akmansoy@u-psud.fr

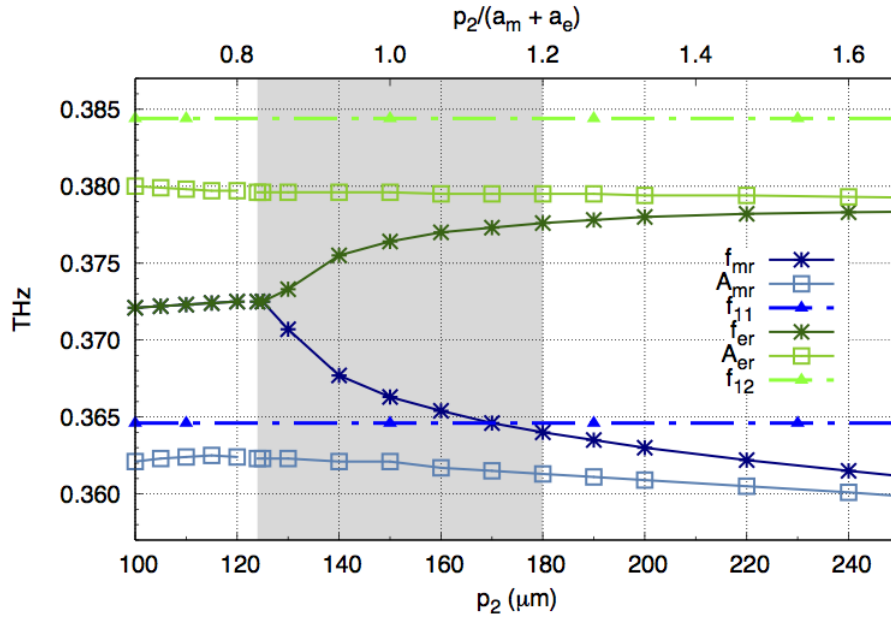


FIGURE 1 – Couplage entre les deux modes de résonance d’un métamatériau « *tout diélectrique* » dans le domaine téraHertz. Les trois zones du couplage sont mises en évidence ; la courbe a la forme d’un diapason : couplage faible : pas d’indice négatif ; couplage optimal (zone en grisé) : l’indice est négatif ; couplage fort : l’indice n’est plus défini et les modes sont dégénérés.

- [4] T. Lepetit, É. Akmansoy, and J.-P. Ganne, “Experimental measurement of negative index in an all-dielectric metamaterial,” *Applied Physics Letters*, vol. 95, no. 12, p. 121101, 2009.
- [5] F. Gauffillet, S. Marcellin, and E. Akmansoy, “Dielectric metamaterial-based gradient index lens in the terahertz frequency range,” *IEEE J Sel Top Quant*, vol. 10. 1109/JSTQE. 2016. 2633825, 2017.