

# Excitabilité dans un cristal photonique : vers le contrôle dynamique non-linéaire dans des dispositifs micro et nano-photoniques.

Alejandro Yacomotti, Paul Monnier, Fabrice Raineri, Rama Raj & Ariel Levenson

Laboratoire de Photonique et de Nanostructures, Route de Nozay, 91460 Marcoussis  
Alejandro.Giacomotti@lpn.cnrs.fr

L'excitabilité est un mécanisme dynamique non linéaire à l'origine de réponses de type "tout ou rien" face à des petites perturbations externes [1]. Un système excitable présente un seul état stable et répond à une perturbation sous la forme d'une impulsion de sortie calibrée seulement si la taille de cette perturbation dépasse un certain seuil ; autrement, il revient à son état d'équilibre sous la forme d'une petite réponse linéaire.

Bien connue en dynamique neuronale, l'excitabilité a été démontrée pour la première fois dans des systèmes optiques, notamment dans un laser à semi-conducteurs, en 1997 [2]. Récemment elle a été le sujet de beaucoup de recherches motivées par son intérêt du point de vue des phénomènes spatio-temporels et par la richesse de sa dynamique induite par le bruit [3]. Bien que l'excitabilité soit réputée avoir un potentiel considérable pour des applications en photonique, des progrès substantiels dans cette direction n'ont pas été atteints jusqu'à présent.

Dans le domaine de la photonique moderne, les Cristaux Photoniques jouent un rôle primordial. Ceux-ci sont des systèmes microscopiques présentant une structuration périodique de l'indice de réfraction à l'échelle de la longueur d'onde de la lumière. Leur intérêt principal est lié au fait que ces réseaux d'indice peuvent contrôler la propagation de la lumière dans des dimensions spatiales très réduites, ce qui permet d'envisager la réalisation d'une micro ou nano puce photonique. Ainsi, beaucoup de fonctions pour le traitement tout optique de la lumière peuvent être réalisés avec un cristal photonique, dont les fonctions dites actives tels que l'effet laser, la commutation ultrarapide, l'amplification, la commutation bi-stable. Toutes ces fonctions nécessitent d'une non-linéarité fournie, dans le cas de matériaux semi-conducteurs, par l'interaction non-linéaire entre la lumière et les porteurs de charge électrique.

Ici nous démontrons expérimentalement et théoriquement l'excitabilité dans un cristal photonique à semi-conducteurs en deux dimensions. Nous montrons que la dynamique thermo-optique rapide dans un cristal photonique peut être décrite en termes d'excitabilité [4]. Ainsi, la réponse lente de ce système excitable quand il est perturbé proche de son seuil peut être utilisée pour réaliser des lignes à retard tout-optiques, ce qui constitue un des enjeux majeurs de la nanophotonique pour le futur des télécommunications optiques. Ceci ouvre la voie à un nouveau protocole pour le contrôle dynamique non-linéaire de la lumière dans des dispositifs micro et nano photoniques.

Lors de la présentation seront rappelés les concepts généraux sur l'excitabilité et les cristaux photoniques. Enfin, les résultats expérimentaux obtenus seront présentés pour montrer les atouts des cristaux photoniques pour l'obtention d'une réponse excitable rapide.

## Références

1. J. D. Murray, *Mathematical Biology* (Springer, New York, 1990).
2. M. Giudici *et al.*, Phys. Rev. E **55**, 6414 (1997).
3. F. Marino *et al.*, Phys. Rev. Lett. **94**, 094101 (2005); F. Marino *et al.*, Phys. Rev. Lett. **88**, 040601 (2002).
4. A. M. Yacomotti *et al.*, Phys. Rev. Lett. **97**, 143904 (2006).