

Dynamique neuromimétique dans un micropilier laser à absorbant saturable

F. Selmi, R. Braive, G. Beaudoin, I. Sagnes, R. Kuszelewicz & S. Barbay

Laboratoire de Photonique et de Nanostructures, LPN-CNRS UPR20, Route de Nozay, 91460 Marcoussis, France
sylvain.barbay@lpn.cnrs.fr

Les systèmes neuromimétiques sont des systèmes qui imitent les fonctionnalités des neurones biologiques ou les architectures des systèmes biologiques pour le traitement de l'information et le calcul neuro-inspirés. Parmi les systèmes neuro-mimétiques on peut citer les réseaux de neurones, les systèmes pour le calcul à réservoir, les réseaux de neurones artificiels, ... Ces systèmes pourraient permettre de remplir des tâches complexes (par exemple reconnaissance vocale ou visuelle, tri, mémoires associatives, logique) en s'inspirant du mode de fonctionnement du cerveau tout en étant économes en énergie, rapides et peu sensibles au bruit.

Il est bien connu que les neurones sont des systèmes biologiques excitables qui possèdent une période réfractaire absolue et relative. Ces propriétés confèrent au neurone la capacité de transporter l'influx nerveux et participent au traitement neuronal de l'information. La propriété d'excitabilité est une propriété générique que l'on retrouve dans des systèmes chimiques, électroniques et optiques. Un système excitable possède un état de repos. Si on le perturbe avec une perturbation unique au delà d'un certain seuil, le seuil excitable, il répond en émettant une impulsion de forme caractéristique (lumineuse en optique, électrique dans les neurones). Nous avons montré qu'un laser à absorbant saturable en microcavité planaire de conception originale [1] possède une réponse excitable rapide (de durée inférieure à la nanoseconde) [2]. Si on le perturbe avec deux impulsions successives au-delà du seuil excitable, soit il répond en émettant deux impulsions identiques si les impulsions de perturbation sont bien séparées temporellement ; soit il répond avec une seule impulsion si la seconde perturbation arrive trop tôt après la première (on parle de période réfractaire absolue) ; soit, dans un régime intermédiaire (période réfractaire relative), il est possible mais plus difficile de le perturber et de le faire émettre une seconde impulsion et la réponse à la seconde perturbation est inhibée (plus petite).

Nous avons mis en évidence ces trois propriétés dans un micropilier laser à absorbant saturable [3], montré que le seuil excitable pouvait être contrôlé et analysé la période réfractaire relative pour la première fois dans un système optique. Les temps de réponse sont dans ce cas encore plus rapides qu'en cavité planaire avec des impulsions excitables de durée de l'ordre de 200ps, soit plus de 6 ordres de grandeurs plus rapides que dans un neurone biologique. Les résultats expérimentaux sont comparés à un modèle simple et sont en bon accord. Nous présentons aussi des résultats récents sur la sommation synaptique temporelle dans ce système. Ces résultats sont prometteurs pour envisager les micropiliers lasers à absorbant saturable comme une plateforme pour le traitement photonique neuromimétique, notamment en raison de la possibilité de coupler ces micropiliers dans une architecture planaire.

Références

1. T. Elsass, K. Gauthron, G. Beaudoin, I. Sagnes, R. Kuszelewicz, S. Barbay, *Eur. Phys. J. D* **59**, 91 (2010).
2. S. Barbay, R. Kuszelewicz, A. Giacomotti, *Opt. Lett.* **36**, 4476 (2011).
3. F. Selmi, R. Braive, G. Beaudoin, I. Sagnes, R. Kuszelewicz, S. Barbay, *Phys. Rev. Lett.* **112**, 183902 (2014).