

Etude expérimentale et théorique d'oscillateurs opto-hyperfréquence

Contexte

A l'IPR, nous utilisons des lasers bi-fréquences pour réaliser des signaux microondes par battement entre deux modes. Un signal microonde sur porteuse optique pouvant bénéficier des fibres optiques pour être transporté à longue distance, les applications de ces oscillateurs opto-microonde sont nombreuses : radio sur fibre, lidar-radar, etc. Les lasers utilisés sont soit à états solides soit des semi-conducteurs. En particulier, ces derniers sont de sources agiles et de faible encombrement, bien adaptées à l'optique microonde. Nous disposons de diodes lasers monolithiques bi-fréquence développés par le 3-5 Lab, dans le cadre d'une collaboration établie. Nous en avons démontré récemment le potentiel pour la photonique microonde, en stabilisant le battement sur un oscillateur externe [1]. Nos oscillateurs opto-microonde soulèvent également des questions plus fondamentales. Par exemple, ils ont permis d'isoler un régime de synchronisation originale : l'accrochage de fréquence sans accrochage de phase [2,3]. Ce régime, que l'on retrouve en hydrodynamique ou en mécanique [4,5], reste en grande partie à explorer, ainsi que son application à la photonique microonde. Une autre question ouverte est liée au retard. En effet la dynamique propre des lasers semi-conducteurs est si rapide ($< \text{ns}$) que toute boucle de rétroaction introduit un retard non négligeable pour la dynamique [6].

Objectif de la thèse

Le but de la thèse est d'explorer expérimentalement de nouvelles architectures de stabilisation opto-RF par rétroaction, ainsi que d'en étudier théoriquement et numériquement les caractéristiques. La première étape consistera à s'affranchir de l'oscillateur externe de référence. Ceci pourra être réalisé par exemple en utilisant une boucle de rétroaction, optique et/ou électronique, avec un retard ajusté, de telle sorte à verrouiller le signal sur lui-même, ou encore via une rétroaction optique comportant un élément fortement sélectif en fréquence. Ces différents montages seront réalisés et leur performances comparées. De plus, il sera nécessaire de modéliser ces configurations afin d'isoler les paramètres pertinents et d'optimiser les résultats. Les problèmes à retard étant complexes, on abordera cette question d'abord dans les lasers solides qui constituent un système modèle plus simple à étudier que les semi-conducteurs [7].

Profil du candidat

Le candidat devra avoir des bases solides en opto-électronique. Des connaissances de base en théorie du signal et en modélisation seront aussi appréciées. Le sujet est ouvert et sera adapté au profil et aux goûts du candidat, qui pourra s'orienter plutôt vers l'expérimentation ou les aspects théoriques et les simulations.

Financement

Bourse du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche – début de préférence : octobre 2015.

Encadrement, collaborations

La thèse aura lieu à l'Institut de Physique de Rennes (<https://ipr.univ-rennes1.fr/>), sous la co-direction de : M. Vallet – (marc.vallet@univ-rennes1.fr) M. Romanelli – (marco.romanelli@univ-rennes1.fr)

Ces études seront intégrées à un projet européen et au contrat de plan état-région, dans le cadre desquels nous disposerons de lasers semi-conducteurs uniques [8], ainsi que de fonds pour l'équipement. Pour les aspects théoriques, le projet bénéficiera d'une collaboration avec le groupe d'Optique Non Linéaire Théorique de l'Université Libre de Bruxelles, dirigé par T. Erneux.

Références

- [1] L. Wang et al., Electron. Lett. **50**, 451 (2014).
- [2] J. Thévenin, et al. Phys. Rev. Lett. **107**, 104101 (2011).
- [3] M. Romanelli, et al., Opt. express **22**, 7364 (2014).
- [4] L. K. Li, et al., J. of Fluid Mech., **735**, R5 (2013).
- [5] T. Barois et al., New J. of Physics, **16**, 083009 (2014).
- [6] T. Erneux, *Applied delay differential equations*, Springer (2009).
- [7] J. Thevenin et al., Phys. Rev. A **86**, 033815 (2012).
- [8] F. Van Dijk et al., Proc. IEEE Int. Topical Meeting on Microwave Photonics, Singapore, p. 73 (2011).