

PROPOSITION DE STAGE DE M1/M2

Conception expérimentale d'un laser en réseau fibré

Responsables : Mathias Marconi, Massimo Giudici (INPHYNI)

Email : mathias.marconi@inphyni.cnrs.fr

Mots-Clés : laser, système complexe, réseau, dynamique non-linéaire.

I – Contexte scientifique

Les lasers sont généralement considérés comme des systèmes optiques nécessitant un milieu à gain placé dans une cavité optique. Les modes de cavité sélectionnent non seulement la fréquence, mais aussi le canal spatial sur lequel la lumière de sortie est émise. Les caractéristiques spectrales des systèmes laser sont conçues pour répondre à des exigences spécifiques. Par exemple, les lasers avec une raie spectrale unique et étroite sont nécessaires pour des applications de métrologie [1], de détection [2] ou d'expériences de laboratoire telles que le refroidissement laser [3] ou le piégeage [4] ; tandis que les sources monomodes accordables sont développées pour la spectroscopie d'absorption [5] ou les applications d'imagerie [6]. D'autre part, des sources laser multimodes, telles que les peignes de fréquences optiques (OFC), sont en cours de développement pour des applications de spectroscopie [7] ou de télémétrie [8]. Leur sortie spectrale est caractérisée par un ensemble de raies équidistantes et à verrouillage de phase dont la plage spectrale libre peut aller de 10 MHz à 1 THz selon les applications visées [9].

Récemment un concept nouveau de Laser en réseau (LANER) a été proposé [10]. Le LANER est un réseau complexe avec un ou plusieurs milieux actifs cohérents intégrés dans les mailles du réseau. Le LANER peut être considéré comme une généralisation du concept du laser et représenté comme un laser aléatoire discret, avec une complexité contrôlable qui est déterminée par le nombre de liaisons et la longueur des guides d'ondes.

La première implémentation expérimentale en [10] utilisait une seule liaison active, réalisée avec une fibre pompée dopée à l'erbium. Dans cet article, les auteurs, en plus de la preuve de l'action laser, ont trouvé les statistiques de longue traîne attendues d'un laser aléatoire, mettant en évidence le fort impact du désordre induit par la topologie de connexion aux caractéristiques d'émission. Plus tard, dans [11], une analyse expérimentale et théorique détaillée du LANER a été présentée. Des configurations simples (voir Fig. 1) ont été analysées et leurs spectres optiques ont également été mesurés dans l'expérience.

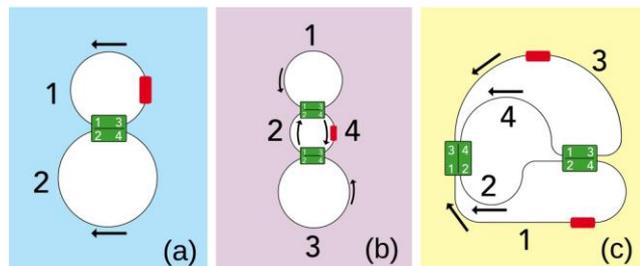


Fig. 1: Différent exemples de configurations LANER (à partir de [10]). Les coupleurs sont en vert et les régions de gain en rouge.

II– Objectifs du stage

Ce stage expérimental consiste à construire une cavité laser en réseau constitué de fibres couplées entre elles et dans laquelle sont insérés des amplificateurs à semi-conducteur. Le stage consistera à analyser dans un premier temps la dynamique et les propriétés spectrales d'un système « simple » constitué de deux boucles de fibres couplées, dont l'une contient un amplificateur à semi-conducteur comme milieu à gain.

Ce projet permettra à l'étudiant de renforcer ses connaissances en dynamique des lasers, et de développer ses compétences en optique expérimentale. En effet, il devra fabriquer le LANER à partir des différents éléments dont il dispose et maîtriser les techniques de détection de fluctuations temporelles et spectrales de l'intensité. Ce projet nécessitera de créer des programmes d'acquisition de données à partir des instruments de mesure et de traitement de données codés en python et/ou matlab.

Références :

- [1] J. Aasi et al., Advanced LIGO, Classical Quantum Gravity 32, 074001 (2015).
- [2] A.D. Kersey et al., Fiber grating sensors, Journal of Lightwave Technology 15, 1442-1463,
- [3] T.W. Hansch and A.L. Schawlow, Cooling of gas by laser radiation, Opt. Comm. 13, 68-69 (1975).
- [4] A. Ashkin et al., Observation of a single beam gradient force optical trap for dielectric particles, Optics Letters 11, 288-290 (1986)
- [5] D.T. Cassidy and J. Reid, Atmospheric pressure monitoring of trace gases using tunable diode lasers, Applied Optics 21, 1185-1190 (1982)
- [6] M. A. Choma et al., Sensitivity advantage of swept source and fourier domain optical coherence tomography, Optics Express 11, 2183-2189 (2003).
- [7] I. Coddington et al., Dual-Comb Spectroscopy, Optica 3, 414-426 (2016).
- [8] Z. Zhu et al. Dual-Comb ranging, Engineering 5, 350 (2018)
- [9] T. Fortier et al., 20 years of development of optical frequency comb technologies and applications, Communications Physics 2, 153 (2019).
- [10] S. Lepri et al., Complex Active Optical networks as a New Laser Concept, Phys. Rev. Lett. 118, 123901 (2017).
- [11] G. Giacomelli et al., Optical Networks as Complex Lasers, Physical Review A 99, 023841 (2019).