

Effet du retard sur la stabilité d'un oscillateur optoélectronique basé sur un résonateur à mode de galerie

Virginie Lecocq¹, Romain Modeste Nguimdo¹, Yanne Kouomou Chembo² & Thomas Erneux¹

¹ Optique Nonlinéaire Théorique, Université Libre de Bruxelles, Campus Plaine, 1050 Bruxelles, Belgique

² Département d'Optique, Institut FEMTO-ST, CNRS et Université de Franche-Comté, 25030 Besançon, France
vlecocq@ulb.ac.be

Les oscillateurs optoélectroniques (OEO) sont des systèmes qui permettent de générer des signaux micro-ondes à haute pureté spectrale. De telles sources sont utilisées pour des applications aérospatiales ou dans les systèmes de communication pour lesquels un signal oscillant d'amplitude, de phase et de fréquence précises est nécessaire.

Les OEO sont basés sur l'utilisation d'un élément à retard optique dans une boucle de rétroaction. Typiquement, la lumière à la sortie d'un laser est modulée puis purifiée par une longue fibre optique ou par un résonateur à grand facteur de qualité. Le signal optique est ensuite converti en signal électronique par le biais d'une photodiode, puis réinjecté dans le modulateur optique. Cependant, la fibre optique introduit des pics parasites dans le spectre du bruit de phase, à des valeurs de fréquence multiples de l'inverse du retard, ce qui restreint considérablement la plage de fréquences exploitables. Ces deux dernières décennies, diverses architectures d'OEO, impliquant différents composants optiques et électroniques ont été proposées dans le but d'améliorer la pureté spectrale tout en minimisant l'apparition des modes indésirables. Parmi celles-ci, la combinaison d'une fibre optique avec un micro résonateur optique à mode de galerie à très haut facteur de qualité permet d'atteindre de très bonnes performances en termes de pureté tout en réduisant l'amplitude des pics parasites jusqu'à 55 dB [1].

L'introduction d'un feedback retardé peut également induire des instabilités dynamiques. Dans cette contribution, nous proposons d'étudier, par le biais d'outils analytiques et numériques, l'influence du retard sur la stabilité de ce type d'OEO. Nous établissons les conditions de stabilité du signal micro-onde en fonction des paramètres clés du système que sont le gain effectif de boucle et le retard. Nos résultats montrent qu'il existe une plage de valeurs de gain pour laquelle les micro-ondes sont toujours stables, quelle que soit la valeur du retard. Au delà, la stabilité des micro-ondes est conditionnée par le gain effectif de boucle ainsi que par le rapport entre le retard introduit par la fibre optique et la durée de vie des photons dans le micro résonateur [2]. Nos résultats analytiques permettent de mieux comprendre les résultats précédents pour décrire les systèmes traditionnels d'OEO basés sur une ligne optique à retard seule [3] ou sur un résonateur à mode de galerie seul [4]. Ils permettent aussi de comprendre pourquoi seules certaines valeurs de gain effectif de boucle ont été précédemment utilisées pour des longs retards.

Références

1. R.M. Nguimdo, K. Saleh, A. Coillet, G. Lin, R. Martinenghi, Y. Chembo, Phase noise performance of optoelectronic oscillators based on whispering-gallery mode resonators, *IEEE J. Quantum Electron.*, **51**(11), 6500308, (2015).
2. R.M. Nguimdo, V. Lecocq, Y.K. Chembo, T. Erneux, Effect of time-delay on the stability of optoelectronic oscillators based on whispering-gallery mode resonators, *IEEE J. Quantum Electron.*, **52**(12), 6500107, (2016).
3. Y.K. Chembo, L. Larger, P. Colet, Nonlinear dynamics and spectral stability of optoelectronic microwave oscillators, *IEEE J. Quantum Electron.*, **44**(9), 858-866, (2008).
4. A. Coillet, R. Henriet, P. Salzenstein, K. Phan Huy, L. Larger, Y.K. Chembo, Time-domain dynamics and stability analysis of optoelectronic oscillators based on whispering-gallery mode resonators, *IEEE J. Quantum Electron.*, **19**(5), 1-12, (2013).