

ConTre-réaction par cOuplage Mutuel d'un SOA avec une sTructure
Interférométrique SOA-MZI pour des applications opto-hyperfréquences Tout optiques
(TOMTIT)

Contacts:

Thierry Rampone, rampone@enib.fr, Ammar Sharaiha, sharaiha@enib.fr, Pascal Morel, morel@enib.fr

Le sujet de thèse proposé porte l'amélioration des fonctions de commutation et de modulation tout optiques utilisant un interféromètre Mach-Zehnder (MZI) incluant des amplificateurs optiques à semi-conducteurs (SOA) dans ses bras (SOA-MZI). Ces fonctions ont pu être utilisées avec succès, au laboratoire Lab-STICC/ENIB, pour réaliser l'échantillonnage tout optique de signaux hyperfréquences sur porteuse optique. Ces recherches répondent à des problématiques telles que la montée en fréquence des systèmes, de leur optimisation en termes de poids, d'encombrement et de consommation d'énergie, et de la possibilité du déport de fonctions par voie optique. Sont particulièrement concernés par ces enjeux les secteurs des télécommunications et du spatial.

Un SOA-MZI permet de contrôler optiquement l'amplification d'un signal optique. Cette fonctionnalité a été utilisée pour implémenter la fonction d'échantillonnage tout optique [1] [2] de signaux RF sur porteuse optique. L'échantillonnage tout optique permet d'accéder à d'autres fonctions telle que la transposition de fréquence de signaux RF sur porteuse optique, particulièrement utile à l'interface des domaines photoniques et hyperfréquences. L'implémentation des fonctions dans la couche optique permet, le cas échéant, le déport du système. Dans ce contexte, l'efficacité du dispositif d'échantillonnage impacte directement les caractéristiques de la fonction de transposition.

Des travaux de recherche menés au laboratoire ont pu montrer que les performances d'un SOA pouvaient être améliorées par l'injection d'un signal optique auxiliaire amplifié par un autre SOA en vue de réaliser des fonctions tout optiques [3]. Nous souhaitons améliorer, par cette technique, les performances d'un commutateur ou d'un modulateur tout optiques implémentés par un SOA-MZI. Le projet que nous proposons doit répondre à des exigences telles que : l'amélioration des performances de l'échantillonnage tout optique d'un signal RF sur porteuse optique, par utilisation d'un SOA-MZI, pour des applications de montée et de descente en fréquences (gain de conversion) ; l'évaluation de l'impact de l'utilisation d'une architecture à couplage mutuel sur les performances dynamiques du dispositif (bandes de fréquences atteignables) ; l'influence des dimensions physiques des éléments de l'architecture sur les performances globales dans le cadre d'un circuit photonique intégré (PIC : Photonic Integrated Circuit).

Le travail de thèse sera développé d'une part d'un point de vue théorique, incluant à la fois des analyses par modélisation petit signal des phénomènes et par simulations et, d'autre part, d'un point de vue expérimental grâce aux moyens de mesures disponibles au lab-STICC/ENIB. Les différentes phases de l'étude s'appuieront sur des outils de simulation afin d'aider à faire les choix les plus pertinents au regard des objectifs recherchés. L'analyse des résultats de simulation s'appuie elle-même sur des développements petit signal pour une compréhension fine des paramètres qui interviennent dans le comportement du dispositif étudié. En plus des logiciels commercialement disponibles et des bibliothèques qu'ils offrent, le laboratoire lab-STICC/ENIB a développé ses propres modèles pour une compréhension et une maîtrise plus complètes du comportement des circuits [4]. Une plateforme de co-simulation pourra par ailleurs être utilisée, permettant à la fois la simulation de composants optiques et des circuits hyperfréquences, et une simulation plus orientée système. Cela est possible par utilisation conjointe de simulateurs électrique et optique. La pertinence de l'utilisation d'une plateforme de co-simulation a d'ores et déjà pu être démontrée par l'équipe du lab-STICC/ENIB [5].

La laboratoire Lab-STICC/ENIB est équipé d'un banc de mesures photonique-hyperfréquence afin de valider expérimentalement les concepts testés en simulation. Par ailleurs, la disponibilité de composants optiques au laboratoire, tels que SOA, SOA non linéaires et SOA-MZI, permet une mise en place rapide de l'architecture proposée et de mener conjointement développements théoriques et

validation expérimentale. L'objectif est d'implémenter l'architecture complète et d'évaluer les performances de bout en bout. La qualité de transmission de données à modulation complexe haut débit et transposées en fréquence sera notamment un critère important pour la caractérisation du système, avec et sans techniques post-traitement de correction.

Références :

- [1] H. Termos, "Study of Up and Down Conversion Technique by All-Optical Sampling Based on a SOA-MZI", Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 27 février 2017.
- [2] D. Kastritsis, "Optical sampling based on Mach-Zehnder Interferometer with Semi-conductor Optical Amplifiers (SOA-MZI) for analog applications", Thèse de Doctorat, École Nationale d'Ingénieurs de Brest, 20 janvier 2022.
- [3] A. Hamié, "Étude de la mise en cascade de deux amplificateurs optiques à semi-conducteur en topologie contra-propagative en vue de la réalisation de fonctions tout-optiques pour les systèmes de télécommunications", Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 2004.
- [4] P. Morel et A. Sharaiha, "Wideband Time-Domain Transfer Matrix Model Equivalent Circuit for Short Pulse Propagation in Semiconductor Optical Amplifiers", *IEEE Journal of Quantum Electronics*, vol. 45, n° 2, p. 103-116, 2009, doi: 10.1109/JQE.2008.2001935.
- [5] H. Khaleghi, P. Morel, A. Sharaiha, T. Rampone, et M. Guégan, "Numerical analysis of SOA performance over a wide optical bandwidth in a CO-OFDM transmission system", *Optical and Quantum Electronics*, vol. 44, n° 3-5, p. 205-212, juin 2012, doi: 10.1007/s11082-011-9520-5.