

## Couplage mutuel d'un SOA avec une structure interférométrique SOA-MZI

Thierry RAMPONE, Barbara DUMAS FERIS, Pascal MOREL, Ammar SHARAIHA  
Lab-STICC UMR CNRS 6285, École Nationale d'Ingénieurs de Brest (ENIB), Brest, France

Un interféromètre Mach-Zehnder intégrant un amplificateur optique dans chacun de ses bras (SOA-MZI) peut être utilisé comme modulateur tout optique en exploitant sa non-linéarité de la modulation croisée de la phase (XPM). Cette fonctionnalité est utilisée pour la conversion en longueur d'onde et permet notamment d'implémenter la fonction d'échantillonnage tout optique par la modulation d'un train d'impulsions optiques par des signaux hyperfréquences sur porteuse optique [1]. L'échantillonnage tout optique permet par ailleurs d'accéder à d'autres fonctions telle que la transposition de ces signaux, vers les hautes ou vers les basses fréquences [2-3]. Dans ce contexte, l'efficacité du dispositif d'échantillonnage impacte directement les caractéristiques de la fonction de transposition avec, pour perspective, l'accroissement du gain de conversion atteignable.

Des travaux de recherche menés au laboratoire ont pu montrer que les dynamiques des non-linéarités de la modulation croisée du gain (XGM) d'un SOA pouvaient être renforcées, sur une faible plage de puissance optique, par son couplage avec un autre SOA, dit auxiliaire, et en injectant un signal optique auxiliaire amplifié par ce dernier. Cette architecture a permis de réaliser des fonctions logiques et de commutation toutes optiques [4].

Nous proposons dans ce travail d'étudier par simulation, avec le logiciel VPI Transmission Maker, les caractéristiques statiques d'une telle technique appliquée à un SOA-MZI couplé avec un autre SOA pour la réalisation de fonctions plus efficaces. Dans la structure proposée (Fig.1), un signal optique de puissance  $P_{Data}$  à la longueur d'onde  $\lambda_{Data}$  est injecté à l'entrée commune du SOA-MZI (port C). À la sortie commutée (port J), la puissance  $P_{Out}$  du signal optique à  $\lambda_{Data}$  est mesurée. Cette puissance dépend du signal optique de puissance  $P_{Ctrl}$ , à la longueur d'onde  $\lambda_{Ctrl}$ , injecté à l'entrée de contrôle du SOA-MZI (port A). Les résultats étant obtenus par simulation, un coupleur optique n'est pas nécessaire entre le SOA-MZI et le SOA auxiliaire pour mesurer  $P_{Out}$ . Un signal optique auxiliaire de puissance  $P_{Aux}$ , à la longueur d'onde  $\lambda_{Aux}$ , est amplifié par le SOA auxiliaire avant d'être injecté avec l'émission spontanée amplifiée (ESA) du SOA auxiliaire dans l'interféromètre. De même, le SOA auxiliaire reçoit  $P_{Out}$  et l'ESA du SOA-MZI. Ainsi, les deux composants sont mutuellement couplés.

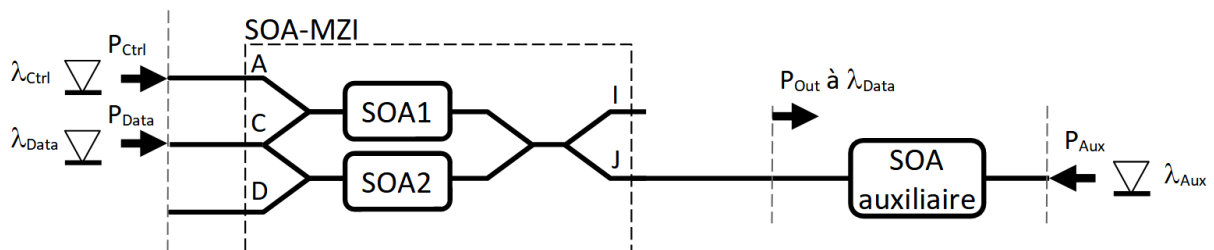


Figure 1. Architecture du modulateur optique basé sur un SOA-MZI avec couplage mutuel d'un SOA auxiliaire.

Nous évaluons dans ce travail la fonction d'interruption et de modulation. La structure SOA-MZI utilisée comme interrupteur optique peut être caractérisée par la variation de la puissance optique transmise  $P_{Out}$  en fonction de la puissance de contrôle  $P_{Ctrl}$ . L'écart de puissance entre les états passant et bloquant est mesuré aux niveaux de référence 3 dB sous le maximum et 3 dB au-dessus du minimum de la puissance  $P_{Out}$ . La Figure 2(a) montre que, sans utilisation d'un signal auxiliaire, le taux d'extinction est de 22,5 dB pour une plage de commande du signal  $P_{Ctrl}$  de 16,2 dB. Lorsqu'un signal auxiliaire est

utilisé, le taux d'extinction est amélioré. Même lorsque la puissance  $P_{Aux}$  est très faible, le couplage avec le SOA auxiliaire modifie un peu la caractéristique de transmission, notamment pour les faibles puissances de contrôle  $P_{Ctrl}$  pour lesquels la transmission est minimum. Cela est dû à l'injection couplée de l'émission spontanée amplifiée du SOA-MZI et du SOA auxiliaire.

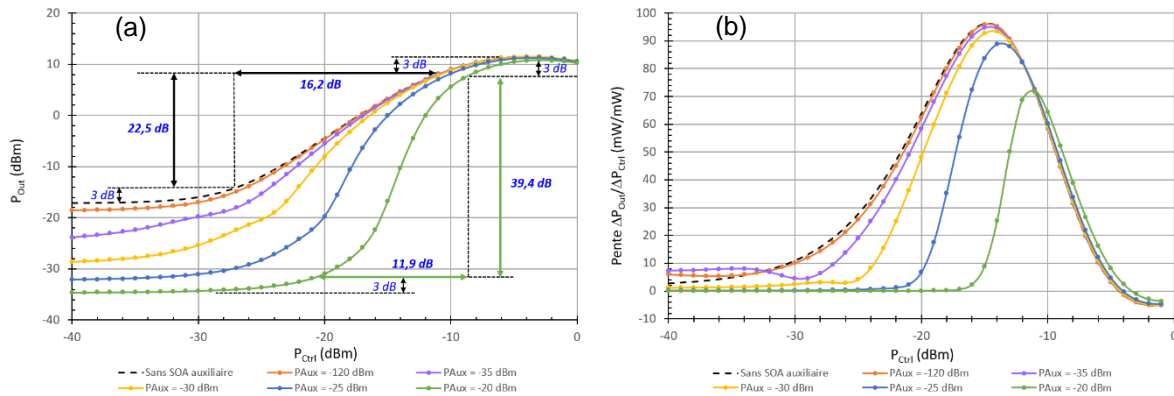


Figure 2 (a). Puissance  $P_{Out}$  en fonction de la puissance optique de contrôle  $P_{Ctrl}$  pour différentes puissances optiques auxiliaires  $P_{Aux}$  et (b) Pente, en mW/mW, de cette transmission.  $P_{Data}$  est réglée à -10 dBm.

À une puissance  $P_{Aux}$  de -20 dBm, le taux d'extinction est amélioré pour atteindre 39,4 dB pour une plage de commande  $P_{Ctrl}$  réduite à 11,9 dB. On note toutefois que la position du maximum de transmission subit un décalage vers de plus fortes puissances de  $P_{Ctrl}$  et vers de plus faibles puissances de sortie  $P_{Out}$ . Ainsi la puissance auxiliaire ne doit pas être trop augmentée car l'amélioration du taux d'extinction et la réduction de la plage de commande se feront au détriment de la puissance maximum transmise.

Pour la fonction de modulation, la pente de la caractéristique de la figure 2(a), calculée en mW/mW, est le deuxième critère de performance évalué et présenté sur la Figure 2(b). Il permet de juger la capacité de la structure SOA-MZI à être utilisée comme modulateur tout-optique. On constate que la valeur de la pente maximale diminue sensiblement lorsque  $P_{Aux}$  augmente fortement. Notamment pour  $P_{Aux} = -20$  dBm, la diminution dépasse 20 %. Un compromis intéressant est trouvé pour  $P_{Aux} = -25$  dBm : le taux d'extinction est alors de 37,2 dB pour une pente maximale peu diminuée, de l'ordre de 5%. La plage de commande d'une valeur de 15,9 dB est alors légèrement réduite comparée à la structure SOA-MZI seul.

Dans ce travail, nous proposons une nouvelle architecture qui montre une nette amélioration du taux d'extinction pour la fonction de commutation tout-optique. Ce travail sera poursuivi par une validation expérimentale et une analyse du comportement dynamique de ce montage dans le cadre des applications optiques micro-ondes.

#### Références :

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] H.-J. Song, J. S. Lee and J.-I. Song, "Signal up-conversion by using a cross-phase-modulation in all-optical SOA-MZI wavelength converter", in IEEE Photonics Technology Letters, vol. 16, no. 2, pp. 593-595, Feb. 2004
- [4] A. Hamie, "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.