HAL
open science

Impact du décalage du filtre sur les performances d'un convertisseur en longueur d'onde à base de SOA et filtrage décalé

Gwenaëlle Girault, Aisling M. Clarke, Celine Guignard, Prince M. Anandarajah, Laurent Bramerie, Liam P. Barry, Jean-Claude Simon

To cite this version:

Gwenaëlle Girault, Aisling M. Clarke, Celine Guignard, Prince M. Anandarajah, Laurent Bramerie, et al.. Impact du décalage du filtre sur les performances d'un convertisseur en longueur d'onde à base de SOA et filtrage décalé. 25èmes Journées Nationales d'Optique Guidée (JNOG 2006), Nov 2006, Metz, France. pp.62-64. hal-00352338

HAL Id: hal-00352338

https://hal.science/hal-00352338

Submitted on 12 Jan 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

IMPACT DU DECALAGE DU FILTRE SUR LES PERFORMANCES D'UN CONVERTISSEUR EN LONGUEUR D'ONDE A BASE DE SOA ET FILTRAGE DECALE

Gwenaëlle Girault[1], Aisling Clarke[2], Céline Guignard[2], Prince Anandarajah[2], Laurent Bramerie[1], Liam Barry[2] et Jean-Claude Simon[1]

[1] FOTON-ENSSAT / Plate-forme PERSYST
6 rue de Kérampont, BP 80518 22305 LANNION Cedex, France
[2] Research Institute for Networks and Communications Engineering,
Dublin City University, Glasnevin, Dublin 9, Ireland

gwenaelle.girault@enssat.fr

RESUME

Nous analysons l'efficacité d'un convertisseur en longueur d'onde composé simplement d'un amplificateur à semi-conducteurs suivi d'un filtre et qui n'inverse pas la polarité du signal entre l'entrée et la sortie. Pour cela des mesures de taux d'erreurs binaires ainsi que de profils temporels des impulsions de sortie via un FROG (Frequency Resolved Optical Gating) sont réalisées pour différents débits allant jusqu'à 80 Gbit/s.

MOTS-CLEFS : *Conversion de longueur d'onde, SOA, XGM/XPM, FROG, fitrage décalé*

1. INTRODUCTION

Dans le contexte d'augmentation de la capacité des réseaux de télécommunications, les fonctions tout optiques pour le traitement du signal apparaissent attractives face aux répéteurs opto-électroniques, beaucoup moins performants dans les hauts débits (>40 Gbit/s). Parmi ces fonctions, celles à base d'amplificateurs à semi-conducteurs (SOA) offrent d'intéressantes propriétés : faible consommation, compacité, insensibilité à la polarisation, et permettent l'utilisation de la modulation de gain croisée (XGM) ainsi que de la modulation de phase croisée (XPM) grâce au couplage phase-amplitude des SOA [1].

Nous proposons ici une étude d'un convertisseur en longueur d'onde basé sur un SOA suivi d'un filtre. Après une description du principe de cette fonction, qui a déjà permis de bons résultats à 80 Gbit/s [2], nous analysons l'impact de la place du filtre (en terme de décalage dans les hautes ou basses longueurs d'onde) sur les performances système du convertisseur. Pour cela, nous présentons des études de taux d'erreurs binaires (TEB) et de profils temporels à l'aide d'un dispositif FROG (Frequency Resolved Optical Gating) aux débits de 10, 20, 40 et 80 Gbit/s.

2. PRINCIPE DU CONVERTISSEUR DE LONGUEUR D'ONDE

De nombreuses méthodes de conversion de longueur d'onde à base de SOA ont déjà été étudiées [3]. Cependant, les fonctions à base de XGM imposent une inversion de polarité en sortie par rapport à l'entrée et celles à base de mélange à quatre ondes (FWM) ou de XPM associée à de l'interférométrie présentent une sensibilité non négligeable à la polarisation.

Le convertisseur étudié ici, et dont le schéma de principe est reporté sur la figure 1, utilise l'élargissement spectral (chirp) de la sonde induit par la pompe modulée, conséquence de la XPM [4].

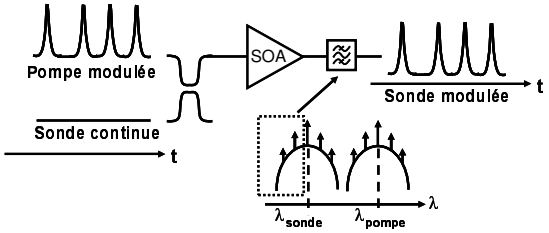

Figure 1 : Schéma de principe du convertisseur en longueur d'onde.

En effet, lorsque la pompe module le gain du SOA, la longueur d'onde de la sonde subit successivement un décalage vers les hautes longueurs d'onde, dites « rouges », puis vers les basses longueurs d'onde, dites « bleues », pour enfin revenir à sa valeur initiale. Ainsi, si le filtre en sortie du SOA est correctement décalé (dans le bleu sur la figure précédente), il est possible de transformer une modulation de phase en modulation d'amplitude et ainsi, améliorer le taux d'extinction par rapport à une simple XGM [5]. De plus, si le filtre est suffisamment décalé et supprime la composante continue de la sonde, le signal obtenu en sortie présente alors la même polarité que celui d'entrée [6].

Ce dispositif simple et insensible à la polarisation est donc d'autant plus efficace que le chirp généré est important. Ainsi, en utilisant des impulsions très fines comme signal de pompe, les effets intra-bandes dans le SOA sont excités et favorisent l'ampleur et la rapidité du chirp.

3. RESULTATS EXPERIMENTAUX

Lors de l'étude de ce convertisseur, nous avons utilisé comme pompe une source impulsionnelle à 10 GHz de largeur à mi-hauteur 2 ps et comme sonde, un signal continu à 2,5 dBm. Le SOA a un temps de recombinaison mesuré à 50 ps pour un courant de polarisation de 250 mA. Le filtrage est réalisé par un filtre de 5 nm ayant un gabarit de type « flat-top », pour couper correctement la composante continue de la sonde, suivi d'un filtre de 3 nm servant à sélectionner plus précisément les fréquences adéquates. Un amplificateur à fibre dopée erbium (EDFA) a été inséré entre ces deux filtres pour pallier la perte de puissance à la sortie du premier filtre.

Dans un premier temps, nous présentons les résultats obtenus en configuration « système », c'est-à-dire avec la pompe modulée via une séquence RZ pseudo-aléatoire de 2^7-1 bits à 10 Gbit/s, multipléxée ensuite temporellement pour explorer successivement les débits de 20, 40 et 80 Gbit/s. A chaque débit, la puissance crête des impulsions est fixée à 6,25 mW. Nous avons donc réalisé, pour chacun des débits, des tests back-to-back avec notre convertisseur pour un filtrage après le SOA décalé dans le bleu ou dans le rouge. Nous avons, pour les deux cas, réussi une conversion de longueur d'onde sans inversion de polarité et sans erreur à 40 Gbit/s. Cette performance n'a pu cependant être obtenue à 80 Gbit/s qu'avec un filtrage dans le bleu. Ceci se traduit sur les mesures de TEB en fonction de la puissance sur le récepteur, sur la figure 2, par un plancher d'erreurs à 10^{-7} présent lors d'un filtrage dans le rouge et absent lors d'un filtrage dans le bleu. Ces erreurs sont en fait dues à des fluctuations d'amplitude sur les '1'qui apparaissent aux hauts débits pour le filtrage dans le rouge, ce que l'on peut voir sur la figure 3(a) en comparaison du résultat obtenu avec filtrage dans le bleu (3(b)). En effet, un convertisseur basé sur un filtrage dans le rouge est plus sensible aux variations de phase (chirp plus important dans le rouge) et donc plus sensible aux variations de gain du SOA dues au patterning alors qu'un convertisseur basé sur un filtrage dans le bleu est plus sensible à la forme du filtre. Ainsi, un convertisseur avec filtrage dans le rouge est limité dans l'accès aux débits très élevés.

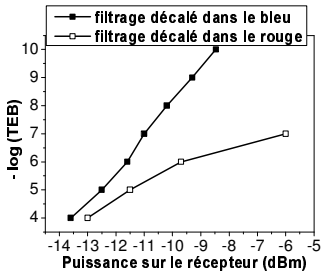

Figure 2 : Mesure de TEB à 80 Gbit/s avec filtrage dans le bleu et dans le rouge.

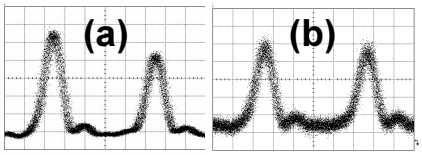

Figure 3 : Traces temporelles à 20 Gbit/s avec filtrage dans le rouge (a) et dans le bleu (b.)

Dans un second temps, nous présentons les mesures réalisées au FROG. Dans ce cas, la pompe ne porte plus de données car le dispositif FROG ne peut analyser que des signaux de type horloge optique. Notre montage ne nous a pas permis d'avoir exactement la même puissance crête de pompe que celle que nous avions lors des mesures de TEB mais cette étude nous permet tout de même d'analyser les phénomènes en jeu. La figure 4 expose les résultats obtenus aux différents débits, pour un filtrage dans le bleu (a) et dans le rouge (b).

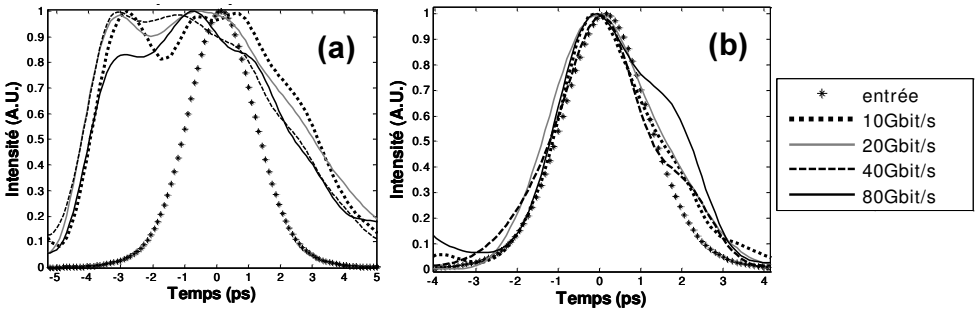

Figure 4 : Mesures du profil temporel au FROG à différents débits pour un filtrage dans le bleu (a) et dans le rouge (b).

On voit très clairement qu'avec un convertisseur basé sur un filtrage décalé dans le rouge (b), la forme des impulsions en sortie est peu déformée par rapport à l'entrée contrairement à un filtrage décalé dans le bleu. Ceci confirme bien la prédominance de la forme du chirp dans le cas du filtrage dans le rouge, alors que la forme du filtre et le temps de recombinaison du gain du SOA prédominent dans le cas du filtrage dans le bleu. Il faut donc dans ce second cas trouver un compromis entre ces deux composantes pour éviter des déformations gênantes comme un dédoublement de l'impulsion.
On peut noter que le fait que le filtrage dans le bleu ait donné un meilleur résultat en terme de TEB malgré la forme distordue des impulsions vient de la réponse de la photodiode qui ne tient pas compte des formes trop rapides et a ainsi rendu les impulsions pour les deux cas sensiblement identiques.

CONCLUSION

Nous avons présenté l'analyse d'un convertisseur en longueur d'onde, à base d'un SOA suivi d'un filtrage décalé, via des mesures de TEB et de profils temporels obtenus au FROG. Nous avons ainsi montré que la conversion en longueur d'onde avec filtrage dans le rouge est limitée par le phénomène de patterning lors de la montée en débit et que celle avec filtrage dans le bleu peut générer des impulsions déformées en sortie et ainsi limiter la possibilité de cascadabilité de ces fonctions. Chaque convertisseur sera alors plutôt adapté à un type d'applications : le filtrage dans le rouge pour les plus bas débits (réseaux d'accès) et dans le bleu pour les hauts débits (réseaux de transport).

REMERCIEMENTS

Ce travail, réalisé dans le cadre du projet ULYSSE, a été financé par le Ministère de la Recherche et des Nouvelles Technologies, Enterprise Ireland et l'Europe (FEDER).

REFERENCES

[1] K. E. Stubkjaer, « Semiconductor Optical Amplifier-Based All-Optical Gates for High-Speed Optical Processing », *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 6, pp 1428-1435, 2000.

[2] L. Bramerie, A. Clarke, G. Girault, S. Lobo, M. Gay, C. Guignard, V. Roncin, B. Kennedy, P. Maguire, S. Fève, B. Clouet, F. Ginovart, L. P. Barry, J.C. Simon, « Investigation of SOA-based wavelength conversion at 80 Gb/s using bandpass filtering », oral communication, C.L.E.O/QELS, oral session CMT7 « All-Optical Signal Processing », Long Beach, California, USA, May 2006

[3] T. Durhuus, B. Mikkelsen, C. Joergensen, S. L. Danielsen, K. E. Stubkjaer, « All-optical Wavelength Conversion by Semiconductor Optical Amplifiers », *J. Lightwave Technol.*, Vol. 14, pp.942-954, June 1996.

[4] G.P.Agrawal, « Self-Phase Modulation and Spectral Broadening of Optical Pulses in Semiconductor Laser Amplifiers », *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 25, pp 2297-2306, 1989.

[5] Y. Liu, E. Tangdiongga, Z. Li, S. Zhang, H. de Waardt, G. D. Khoe, H. J. S. Dorren, « Error-Free All-Optical Wavelength Conversions at 160 Gb/s Using a Semiconductor Optical Amplifier and an Optical Bandpass Filter », *J. Lightwave Technol.*, Vol. 24, N° 1, pp 230-235, January 2006.

[6] M. L. Nielsen, « Polarity-preserving SOA-based wavelength conversion at 40 Gbit/s using bandpass filter », *Electron. Lett.*, Vol. 39, N° 18, Sept 2003.