

APPLICATION DU MELANGE A QUATRE ONDES A LA CONVERSION SERIE / PARALELLE

Hassan Teimoori, Cédric Ware, Didier Erasme
GET-Télécom Paris
Département Communications et Electronique
Ecole national supérieure des télécommunications
75634 Paris CEDEX 13

hassan.teimoori@enst.fr

RESUME

Un nouveau schéma pour un convertisseur série / parallèle basé sur l'effet du mélange à quatre ondes dans un SOA (amplificateur optique à semi-conducteur) est proposé dans cet article. Cette technique est utilisée pour permettre la reconnaissance d'en-tête de paquets optiques. Elle facilite aussi l'augmentation de la taille de ces en-têtes. Nous montrons que cette configuration est moins sensible aux effets de gigue et à la synchronisation, en comparaison avec d'autres méthodes. Les résultats expérimentaux sont présentés pour des en-têtes d'un débit de 5 Gbit/s, le taux d'extinction étant de plus de 4 dB.

MOTS-CLEFS : reconnaissance d'en-têtes, SOA, Mélange à quatre ondes, Convertisseur série / parallèle

I. INTRODUCTION

La très large bande passante disponible sur le canal optique est à l'origine du développement des communications tout-optiques et de l'augmentation des débits des signaux à transmettre. C'est dans ce contexte que des techniques telle que la reconnaissance d'en-tête de paquet ont été développées. Lors de l'envoi de paquets de données à un destinataire, via un réseaux optique, l'opération de reconnaissance d'en-tête des paquets reste une phase critique. Le convertisseur série/ parallèle est intéressant, dans ce contexte, parce que la reconnaissance d'en-tête à haut-débit peut être exécutée avec les composants conventionnels CMOS.

Plusieurs approches ont été proposées pour l'implémentation de ces convertisseurs. Pour une séquence de n-bits Saida et al . [1,4] ont utilisé n lignes à retard. Les copies de la séquence sont envoyées sur ces différentes lignes. En échantillonnant à un moment précis, la séquence peut être séparée parallèlement. Des systèmes interférométriques ultra-rapides (UNI) [2] et "time-gated cross-gain compression" [3] ont été utilisés pour des applications de convertisseur série / parallèle.

Dans cet article, nous présentons l'architecture et la réalisation d'un nouveau schéma pour un convertisseur série/parallèle optique. Dans cette configuration, nous injectons, dans un SOA, une séquence de données associées à des différents lasers de pompe ayant des longueurs d'ondes différentes. On utilise l'effet du mélange à quatre ondes pour séparer chaque bit de données sur des longueurs d'onde différentes. Pour notre application, nous considérons que la séquence représente l'en-tête d'un paquet d'optique.

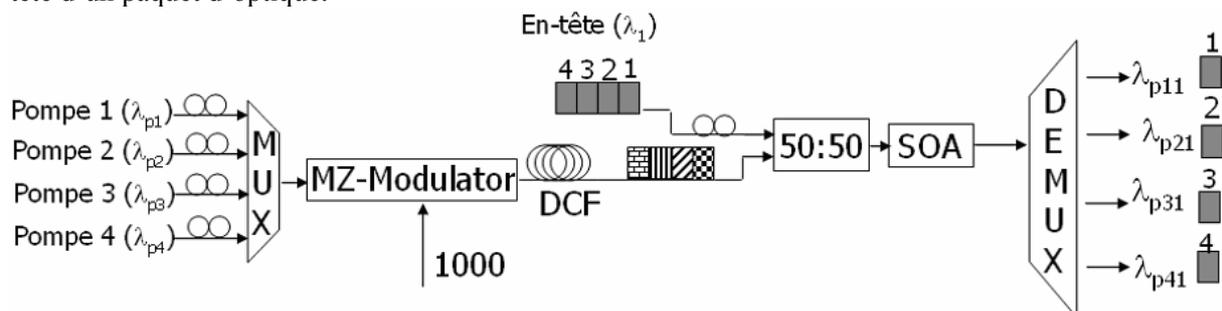


Figure 1- Convertisseur série / parallèle tout-optique

II. MONTAGE EXPERIMENTAL

La figure 1 représente le schéma expérimental proposé. Pour une séquence de n bits de l'en-tête, nous avons besoin de n laser de pompe ayant différentes longueurs d'onde. Dans cette expérience n est égal à quatre et les longueurs d'onde correspondant aux lasers de pompe sont 1551.74 nm, 1553.32 nm, 1555.04 nm and 1556.54 nm. Ces lasers de pompe sont modulés via un modulateur Mach-Zehnder. Chaque bit d'en-tête ($\lambda=1550.9\text{nm}$) est adressé à un des lasers de pompe pour générer une nouvelle longueur d'onde dans le SOA. Alors si tous les lasers de pompe sont disponibles en même temps dans le SOA, plusieurs longueurs d'onde différentes vont être générées en raison du mélange à quatre ondes. Pour éviter ce phénomène, on module les lasers de pompe avec une séquence de n bit (au moins, n étant la longueur de l'en tête) dont un bit est à "1" et les autres sont à "0". Pour notre expérience la séquence utilisée à l'entrée du modulateur Mach-Zehnder est "1000". En considérant une modulation RZ de l'en-tête, pour se prémunir contre l'effet de la gigue et diminuer la sensibilité à la synchronisation, nous avons décidé d'utiliser la modulation NRZ pour le modulateur Mach-Zehnder. Le passage par une fibre à dispersion négative (DCF) permet de décaler les signaux provocants des différents lasers de pompe et permettant de placer les bits de chaque laser en succession régulière comme indiqué à la figure 2. La longueur de décalage propre dépende du taux de transmission de l'en-tête (ici 5 Gbps). La dispersion moyenne de DCF utilisé, en fonction de longueur d'onde, est égale à 51.946 ps/nm/km ($D_{\text{ps/nm/km}}=503.44-0.29037\lambda$). Pour un débit de transmission de 5 Gbit/s on a besoin de 200 ps de décalage entre des impulsions des lasers de pompe. La gamme moyenne de longueur d'onde entre les lasers de pompe est $\Delta\bar{\lambda} = 1.6 \text{ nm}$. Par conséquent, la longueur efficace de la DCF est de 2.4 km.

Le SOA utilisé mesure 1.2mm et est polarisé à 300mA. La figure 3 montre le spectre des faisceaux des lasers à l'entrée et à la sortie du SOA. On peut bien distinguer les nouvelles composantes produites par l'effet de mélange à quatre ondes (figure 3-b). Les longueurs d'onde générée sont 1545.36 nm, 1546.64 nm, 1548.44 nm and 1550.4 nm. Pour séparer les longueurs d'onde correspondant aux différents bits de l'en-tête on peut utiliser des filtres ou bien un démultiplexeur. On considère le pire cas ou l'état de l'en-tête est ("1111"). La figure 4 représente les différents bits d'en-tête à la sortie du démultiplexeur. Le taux d'extinction extension moyen est supérieur à 4dB.

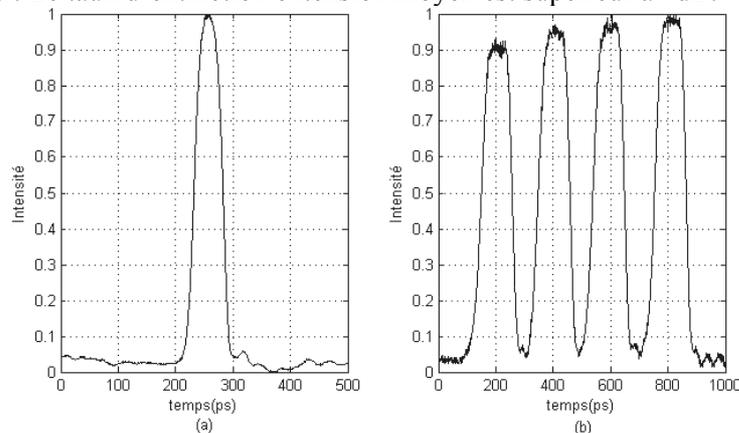


Figure 2- (a) quatre impulsions synchronisées avant de la DCF, (b) des impulsions retardées après la DCF

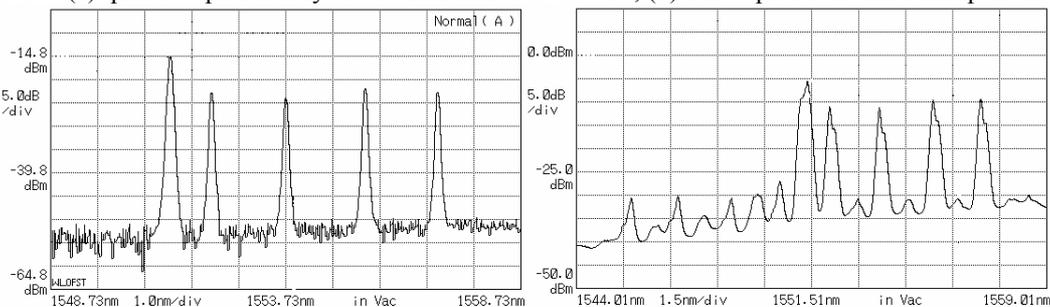


Figure 3- spectre des signaux (des impulsions de pompe et en-tête) (a) entrée de l'AOS, (b) sortie de l'AOS

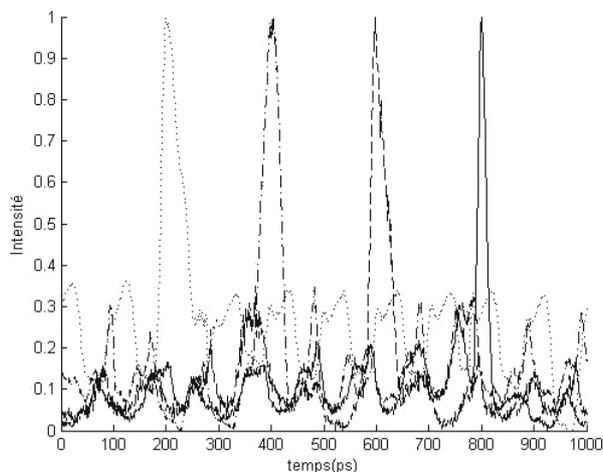


Figure 4- Quatre impulsions séparées sur quatre longueurs d'onde correspond à l'en-tête '1111'

La figure 5 montre que la fenêtre du convertisseur est de 200 ps. Illustrant la pénalité liée à une mauvaise synchronisation. Cette valeur importante résulte du type de modulation utilisé pour les lasers de pompe (NRZ)

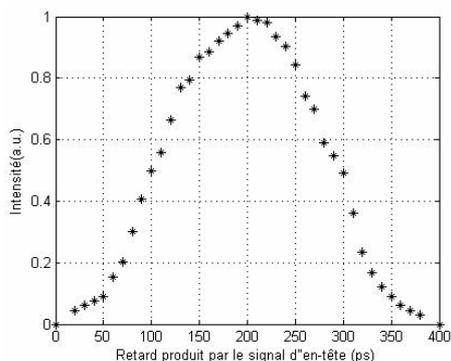


Figure 5- La fenêtre du convertisseur

III. CONCLUSION

Nous avons réalisé un convertisseur série/parallèle à 5 Gbps avec une nouvelle configuration basée sur la technique de mélange à quatre ondes. On peut l'utiliser pour la reconnaissance d'en-tête des paquets optiques. La simplicité et la possibilité de l'utiliser pour les séquences ayant des tailles et taux de transmission variable sont les avantages de ce schéma. Aussi, cette configuration est moins sensible aux effets de gigue de la phase et à la synchronisation. (figure 5).

REFERENCES

- [1] T. Saida, K. Okamoto, K. Uchiyama, K. Takiguchi, T. Shibata, A. Sugita, "Integrated optical digital-to-analogue converter and its application to pulse pattern recognition" Electronics Letters Volume 37, Issue 20, 27 Sept. 2001 Page(s):1237 - 1238
- [2] Chan Kit, F. Tong, C.K. Chan, L.K. Chen, Hung Wai "An all-optical packet header recognition scheme for self-routing packet networks" Optical Fiber Communication Conference and Exhibit, 2002. OFC 2002, 17-22 March 2002 Pages:284 – 285
- [3] M. C. Cardakli, S. Lee, A. E. Willner, V. Grubsky, D. Starodubov, and J. Feinberg, "Reconfigurable optical packet header recognition and routing using time-to-wavelength mapping and tunable fiber Bragg gratings for correlation decoding," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 12, pp. 552–554, May 2000
- [4] R. Takahashi, H. Suzuki, "Ultrafast all-optical serial-to-parallel conversion for optical header recognition," 27th European Conference on Optical Communication, 2001. ECOC '01. Volume 4, 30 Sept.-4 Oct. 2001 Page(s):506 - 507 vol.4