Expérimentation d'un amplificateur à semiconducteur et d'un amplificateur à fibre sur un lien montant du Higher Speed-PON

Jeremy Potet, Fabienne Saliou, Gaël Simon, Mathilde Gay, Laurent Bramerie, Philippe Chanclou, Monique Thual

▶ **To cite this version:**

Jeremy Potet, Fabienne Saliou, Gaël Simon, Mathilde Gay, Laurent Bramerie, et al.. Expérimentation d'un amplificateur à semiconducteur et d'un amplificateur à fibre sur un lien montant du Higher Speed-PON. OPTIQUE Dijon 2021 - 40è Journées Nationales d'Optique Guidée (JNOG'40), Jul 2021, Dijon, France. hal-03549540

HAL Id: hal-03549540
https://hal.science/hal-03549540

Submitted on 31 Jan 2022

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.

EXPERIMENTATION D'UN AMPLIFICATEUR A SEMICONDUCTEUR ET D'UN AMPLIFICATEUR A FIBRE SUR UN LIEN MONTANT DU HIGHER SPEED-PON

Jeremy Potet[(1)(2)], Fabienne Saliou[(1)], Gaël Simon[(1)], Mathilde Gay[(2)], Laurent Bramerie[(2)], Philippe Chanclou[(1)], Monique Thual[(2)]

(1) Orange Labs, 2 Avenue Pierre Marzin, 22300 Lannion, France
(2) Univ Rennes 1, CNRS, Institut FOTON – UMR 6082, F-22305 Lannion, France
jeremy.potet@orange.com

RÉSUMÉ

Nous explorons deux techniques d'amplification optique pour le lien montant dans le HS-PON : SOA et PDFA. Une expérimentation à 25Gbit/s en mode rafale (burst) est réalisée avec des performances différentes selon les amplificateurs. Jusqu'à 33dB de budget optique sont atteints.

MOTS-CLEFS : *PON ; Amplification ; FTTH ; Mode burst*

1. INTRODUCTION

Une société de plus en plus connectée nécessite un réseau d'accès optique passif (PON : Passive Optical Network) de plus en plus efficace. Ce réseau, exploité par de nombreux opérateurs en France et dans le monde, propose des bandes passantes de l'ordre de 1 Gbit/s ou 10 Gbit/s pour les usages de la fibre jusqu'au domicile FTTH (Fibre To The Home). Pour répondre à la demande, les organismes de normalisation comme l'ITU-T ou l'IEEE travaillent actuellement sur des standards qui proposeront des débits de l'ordre de 50 Gbit/s. Cet article s'inscrit dans le cadre du Higher Speed Passive Optical Network (HS-PON) en discussion à l'ITU-T sous la référence G9804.1 [1] et plus précisément sur le lien montant de ce dernier. Pour le lien montant, le débit est encore en cours de discussion entre trois options : 12.5Gbit/s, 25Gbit/s et possiblement 50Gbit/s. A ces débits, les contraintes de budget optique de l'ordre de 30dB sont difficiles à atteindre tout en maintenant des émetteurs et récepteurs bas coût, nous devons donc explorer des solutions nouvelles pour le PON. L'implémentation de traitement du signal (DSP : Digital Signal Processing) fait partie de ces options [1][2]. Dans cet article, nous nous concentrons sur des solutions exclusivement à base d'amplification optique dans la bande spectrale autour de 1310nm : une première grâce à un amplificateur à semi-conducteur (SOA) [4-6] et une seconde avec un amplificateur à fibre dopée au Praséodyme (PDFA). Afin de pouvoir reutiliser l'infrastructure fibre (ODN : Optical Distribution Network) déployée pour les précédentes générations de PON, la classe de budget N1 est visée, pour laquelle un budget optique de 29dB doit être atteint [1]. Le lien montant utilise l'Accès multiple par répartition temporelle (TDMA), une technique de transmission où chaque Optical Network Unit (ONU) situé côté client transmet des données pendant un temps qui lui est alloué par l'Optical Line Termination (OLT), équipement au central recevant toutes les transmissions montantes. Ce mode de transmission est appelé « mode Burst » ou « mode rafale ». Les ONU sont ainsi les transmetteurs et l'OLT l'unique récepteur. Lorsqu'un ONU ne transmet pas, la puissance résiduelle maximale que le standard lui autorise, est de -45dBm [3]. Ce qui donne, sur un ODN comprenant 64 ONU, une puissance résiduelle des 63 ONU éteints de -27dBm pendant qu'un seul ONU emet ses données. Cette valeur est portée à -40dBm à cause des pertes de propagation et de couplage minimales de 13dB de l'ODN. Cette puissance optique résiduelle est amplifiée de la même façon que le signal utile si l'on utilise un amplificateur dans la liaison. L'amplificateur est placé à l'OLT en mode préamplificateur afin de pouvoir partager les coûts entre les clients desservis.

2. MONTAGE EXPERIMENTAL

La Figure 1 présente le montage expérimental utilisé pour comparer les performances d'un PDFA et d'un SOA sur une transmission à 25Gbit/s en mode burst. Un laser à modulation externe (EML : External Modulation Laser) est presenté en photographie sur la Figure 1.a). Cet EML, fabriqué par la société Almae Technology [7] est composé d'un laser DFB (Distributed FeedBack laser) et d'un modulateur à électro-absorption (EAM) sur une même puce. Cette puce possède une longueur d'onde d'émission de 1310nm avec un taux d'extinction de 7dB pour un courant de polarisation du laser de 120mA, une tension de modulation sur l'EAM de 2,5Vpp. L'EML travaille à une température de 25°C. La partie EAM est modulée en Non-Return to Zero On-Off Keying (NRZ-OOK) avec un Pulse Pattern Generator (PPG) générant des données avec un Pseudo Random Bit Sequence (PRBS) de longueur 2^{31}-1. Cette modulation se fait en mode burst avec un temps de cycle de 50% comme on le voit sur la Figure 1.b). Une fibre micro-lentillée couple le signal en sortie de la puce. Cette fibre est associée à un isolateur optique (ISO 1) afin d'éviter les réflexions perturbant le laser. L'EML est identifié comme émetteur de l'ONU 1, celui transmettant le burst de données. Le signal se propage dans 0 ou 25km de fibre. On utilise un atténuateur optique variable (VOA) afin de réaliser les courbes de BER en fonction du budget optique (OB). La seconde source, appelée « ONU 2-64 », est une source continue (CW) dont le but est de simuler le signal résiduel des 63 ONU muets lorsque l'ONU1 transmet. Un VOA est utilisé conjointement avec cette source continue afin d'ajuster cette puissance optique. La puissance d'ONU 2-64 est réglée à -40dBm. Les signaux provenant d'ONU 1 et ONU 2-64 sont mélangés via un coupleur 2 vers 2. Le signal résultant est ensuite amplifié au moyen d'un PDFA ou d'un SOA. Ensuite, un isolateur optique (ISO 2) empêche que les reflexions parasites ne retournent vers l'amplificateur. Enfin, le signal est détecté à l'aide d'une photodiode PIN DC-30GHz. Le signal électrique est ensuite amplifié à l'aide d'un amplificateur à transimpedance (TIA) inséré entre la photodiode et le détecteur d'erreur (ED) pour améliorer l'amplitude du signal électrique avant détection.

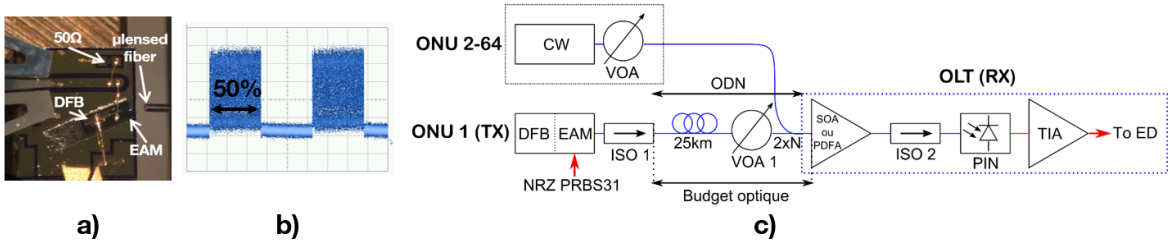

Figure 1 : Photographie de l'EML utilisé (a), burst à 25Gbit/s avec un temps de cycle de 50% (b), schéma expérimental (c)

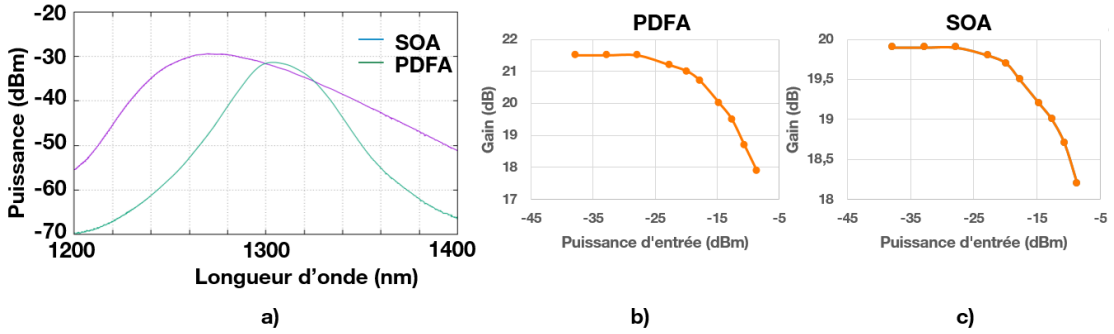

Figure 2 : Spectre du SOA et du PDFA utilisés (a), gain à 1310nm du PDFA (b), gain à 1310 nm du SOA (c)

Les deux amplificateurs utilisés présentent des gains petit signal à 1310nm respectivement de, 21,5dB à 700mA pour le PDFA et 19,9dB à 400 mA et 20°C pour le SOA (Figure 2.b) et 2.c)). La figure

de bruit du SOA est plus importante que celle du PDFA (Figure 2.a)), ce qui dégrade la transmission à faible puissance du signal. Les premiers standards du HS-PON supposent l'emploi d'un code correcteur d'erreur (FEC) permettant de corriger les erreurs jusqu'à une valeur de BER=1.10^{-2}. Sur la Figure 3.a), on mesure le taux d'erreur binaire (BER) en fonction du budget optique. Une amélioration du budget optique au seuil du FEC de 1.5dB est obtenue à l'aide du PDFA, comparé à une transmission avec SOA. En comparant les Figures 3.b) et 3.c), on remarque l'impact plus important du bruit sur le diagramme de l'œil en sortie du SOA comparé à celui en sortie du PDFA (Figure 3.d)). Cette différence de facteur de bruit s'exprime par un budget optique plus important pour le PDFA que pour le SOA, respectivement 33dB contre 31dB.

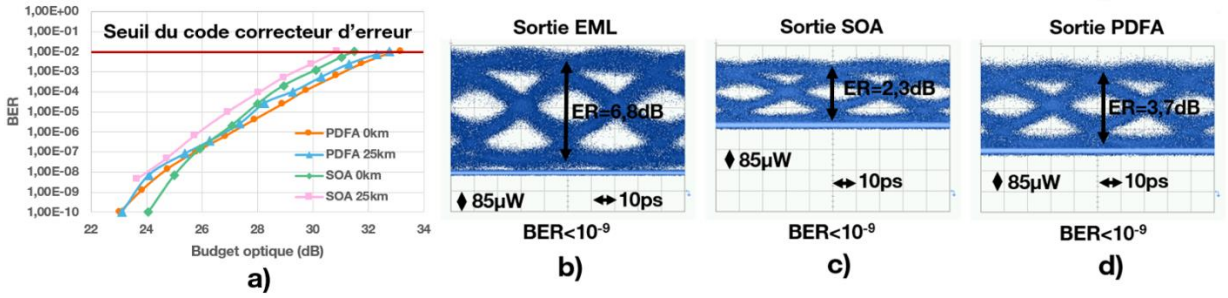

Figure 3 : BER en fonction du budget optique a), diagramme de l'œil à la sortie de l'EML b), diagramme de l'œil à la sortie du SOA c), diagramme de l'œil à la sortie du PDFA d).

3. CONCLUSION

Dans le cadre d'une transmission expérimentale en mode burst à 25Gbit/s, l'amplification à l'aide d'un amplificateur à fibre PDFA permet d'atteindre des budgets optiques importants et supérieurs à 29dB, en introduisant moins de bruit qu'un SOA. L'émission spontanée amplifiée plus imporante dans le cas du SOA, induit un taux d'extinction plus faible. La classe de budget visée (N1, 29dB) est aussi atteinte avec le SOA et ce dernier ayant un coût moindre pourra être privilégié pour les futures générations de PONs y compris le HS-PON.

4. REMERCIEMENT

Les auteurs souhaitent remercier Almae Technologies pour la conception de l'EML.

5. REFERENCES

[1]G.9804.1: Higher Speed Passive Optical Networks: Requirements; online: https://www.itu.int/rec/T-REC-G.9804.1-201911-I/en

[2]Houtsma, V., A. Mahadevan, N. Kaneda, and D. van Veen. 'Transceiver Technologies for Passive Optical Networks: Past, Present, and Future [Invited Tutorial]'. *IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking* 13, no. 1 (January 2021): A44–55. https://doi.org/10.1364/JOCN.403500.

[3]G.9807.1: 10-Gigabit-capable symmetric passive optical network (XGS-PON); online: https://www.itu.int/rec/T-REC-G.9807.1-201606-I/en

[4]Borkowski, et al. 'Real-Time Burst-Mode Operation of an Integrated SOA-PIN/TIA Receiver for 25 Gbit/s/λ and Faster T(W)DM-PON'. In *2017 Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC)*, 1–3, 2017.

[5]Bonk, R. 'SOA for Future PONs'. In *2018 Optical Fiber Communications Conference and Exposition (OFC)*, 1–3, 2018.

[6]Jeremy Potet, et al. 'Assessment of an SOA for Burst Mode Pre-Amplification in Higher Speed PON hitting 30dB of Optical Budget', *Optical Fiber Conference 2021, OFC 2021*, San Francisco, CA, USA, to be published

[7]Xing Dai et al, 'Versatile Externally Modulated Lasers Technology for Multiple Telecommunication Applications', IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Year: 2021 Volume: 27, Issue: 3 | Journal Article | Publisher: IEEE.