

**PERFORMANCES DES SOA SUR UNE LARGE  
BANDE PASSANTE OPTIQUE DANS UN SYSTÈME  
DE TRANSMISSION OPTIQUE CO-OFDM**

Hamidreza Khaleghi, Pascal Morel, Ammar Sharaiha, Thierry Rampone,  
Mikael Guegan

► **To cite this version:**

Hamidreza Khaleghi, Pascal Morel, Ammar Sharaiha, Thierry Rampone, Mikael Guegan. PERFORMANCES DES SOA SUR UNE LARGE BANDE PASSANTE OPTIQUE DANS UN SYSTÈME DE TRANSMISSION OPTIQUE CO-OFDM. JNOG 2011, Jul 2011, Marseille, France. pp.236, 2011. <hal-00609944>

**HAL Id: hal-00609944**

**<http://hal.univ-brest.fr/hal-00609944>**

Submitted on 20 Jul 2011

**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.

# PERFORMANCES DES SOA SUR UNE LARGE BANDE PASSANTE OPTIQUE DANS UN SYSTEME DE TRANSMISSION OPTIQUE CO-OFDM

Hamidreza Khaleghi, Pascal Morel, Ammar Sharaiha, Thierry Rampone, Mikael Guégan

UEB, École Nationale d'Ingénieurs de Brest (ENIB), Laboratoire RESO (EA3380),  
CS 73862, 29238 Brest, France.  
Courriel: khaleghi@enib.fr

## RÉSUMÉ

Dans cette communication, nous présentons une étude de l'influence des amplificateurs optiques à semi-conducteurs (SOA) sur un système de transmission optique CO-OFDM. Cette étude est réalisée par simulation sur une large bande passante optique. Nous évaluons la qualité du signal par l'intermédiaire de son erreur vectorielle d'amplitude (EVM : *Error Vector Magnitude*), en prenant en compte les principaux paramètres du SOA — comme le facteur de couplage phase-amplitude, la puissance de saturation et le facteur de bruit — qui influencent les effets non-linéaires et plus particulièrement le mélange à quatre ondes (FWM : *Four Wave Mixing*).

**MOTS-CLEFS :** *Amplificateur optique à semi-conducteur (SOA) ; Couplage phase-amplitude ; OFDM Optique Cohérent ; Mélange à quatre ondes (FWM).*

## 1. INTRODUCTION

La transmission de données sur de longues distances nécessite l'amplification des signaux optiques. Un des candidats potentiels est l'amplificateur optique à semi-conducteurs (SOA) grâce à sa large bande passante optique, qui est essentielle pour des systèmes WDM. Dans le contexte des transmissions optiques à très haut débit, l'emploi de formats OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) a été proposé, comme par exemple le format CO-OFDM (*Coherent-Optical OFDM*), comme une technique prometteuse pour les réseaux à très haut débit [1]. Cependant, comme ce type de format peut présenter une sensibilité aux effets non linéaires et que le SOA intrinsèquement, à cause de sa dynamique de gain rapide, en présente de nombreux tels que la modulation croisée du gain (XGM), la modulation croisée de la phase (XPM), le mélange à quatre ondes (FWM) et le couplage phase-amplitude, on peut naturellement se poser la question de l'impact de l'amplification par le SOA sur la qualité des données transmises.

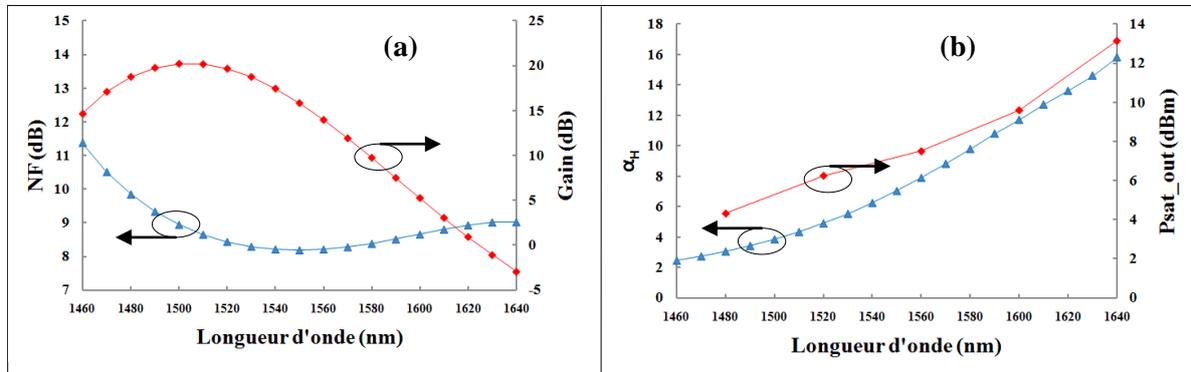
Dans ce qui suit, nous étudions les performances des SOA insérés dans une chaîne de transmission CO-OFDM (*Coherent Optical OFDM*), et ce, sur une large bande passante optique. Nous étudions plus précisément l'influence de l'ensemble des effets non-linéaires et du facteur de bruit (NF : *Noise Factor*) sur la qualité des signaux amplifiés par un SOA.

## 2. PRINCIPE ET RÉSULTATS DE SIMULATION

Le modèle de SOA utilisé dans cette étude est un modèle temporel large bande [2] qui permet de simuler un SOA d'un gain optique de 20 dB à 1510 nm. La modélisation du SOA, qui prend en compte toutes ses non-linéarités, est insérée dans une chaîne de simulation d'un système CO-OFDM optique [3].

La Figure 1 donne les évolutions en fonction de la longueur d'onde sur une large bande passante optique des principaux paramètres du SOA qui peuvent affecter la qualité du signal et les non-linéarités. Les résultats de simulation obtenus concordent avec les résultats expérimentaux rapportés dans la littérature [2,4]. Nous remarquons à partir des évolutions présentées que le facteur de bruit NF (Figure 1(a)) et la puissance de saturation (Figure 1(b)) s'améliorent lorsque la longueur

d'onde augmente tandis qu'au contraire le facteur de couplage phase-amplitude effectif ( $\alpha_H$ ) (Figure 1(b)) augmente et va renforcer les non-linéarités comme le FWM.



Pour évaluer les performances du signal reçu, nous étudions l'EVM qui mesure la différence vectorielle relative à un instant donné entre le signal de référence idéal et le signal reçu. La Figure 2 montre les tracés de l'EVM, du gain optique et des spectres optiques associés (non-linéarités de type FWM) en fonction de la longueur d'onde du signal injecté dans le SOA. L'EVM est calculée pour un signal OFDM présentant un débit de données de 100 Gb/s et formé par 32 sous-porteuses ayant chacune un format de modulation QPSK.

Pour analyser l'influence du FWM nous utilisons un signal avec 2 sous-porteuses non modulées ayant un écart fréquentiel de 1,6 GHz qui correspond à l'intervalle entre les deux sous-porteuses voisines du signal QPSK-OFDM. La puissance optique injectée à l'entrée du SOA est égale à -20 dBm.

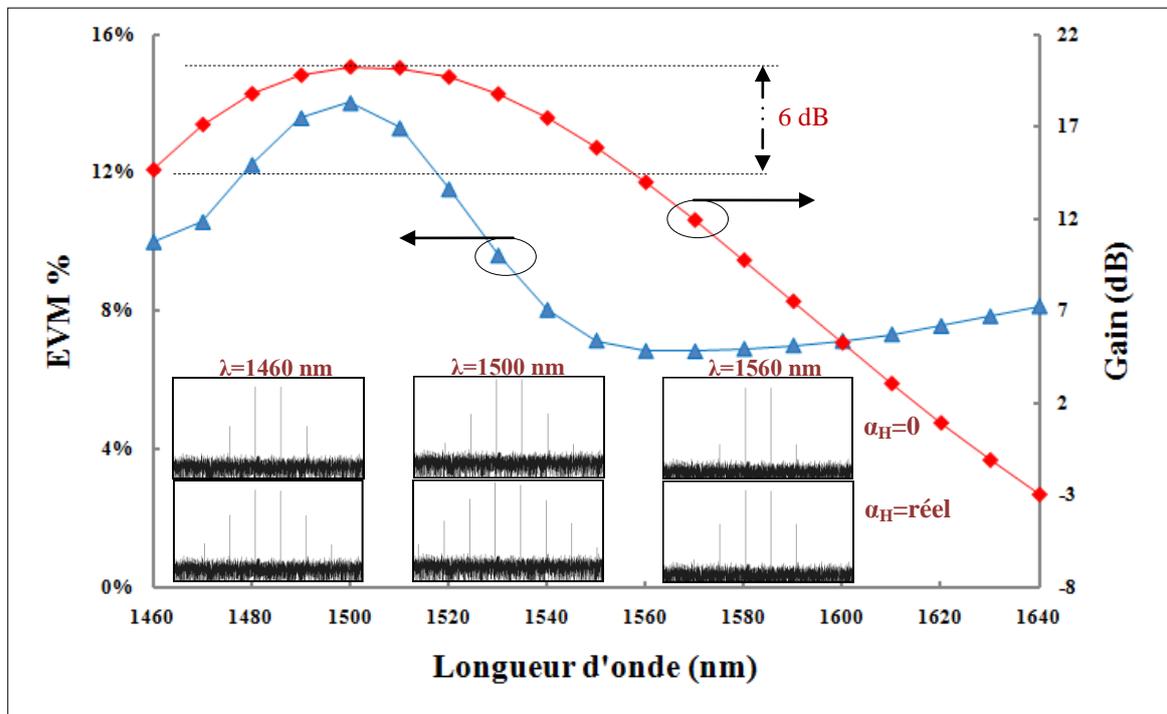


Figure 2 : EVM, gain optique et spectres du FWM pour un signal QPSK CO-OFDM comportant 32 sous-porteuses. Le courant d'alimentation vaut 200mA et la puissance d'entrée -20dBm.

Nous constatons que l'EVM aux extrémités gauche et droite de la bande passante du SOA est bien plus faible que celle obtenue dans le milieu de la bande passante. Ceci est dû au faible gain et par conséquent au faible FWM. Pour analyser précisément l'effet du couplage phase-amplitude sur le FWM, nous avons présenté sur la figure 2 les spectres montrant le FWM obtenu sur la longueur d'onde du pic du gain et sur les longueurs d'onde se situant à -6 dB du gain maximal et ce, dans deux situations : avec  $\alpha_H=0$  et  $\alpha_H$  réel. Nous constatons à partir de ces résultats qu'une faible valeur de  $\alpha_H$  pour les faibles longueurs d'onde, et qu'une forte puissance de saturation pour les grandes longueurs d'onde, diminuent l'effet du FWM.

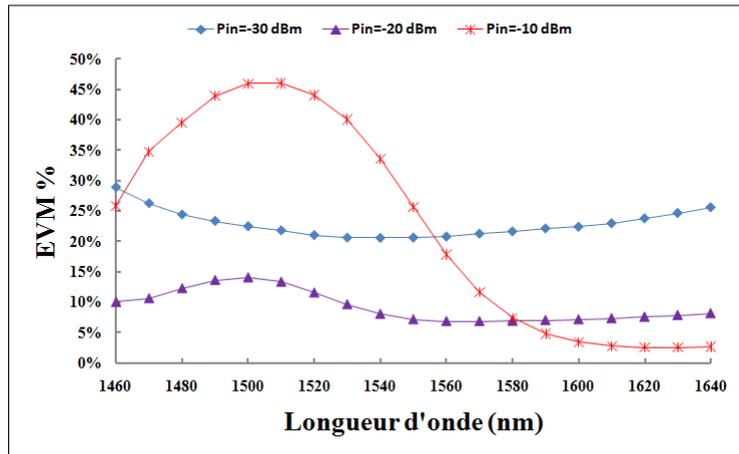


Figure 3 : EVM d'un signal QPSK CO-OFDM comportant 32 sous-porteuses en fonction de la longueur d'onde pour trois puissances injectées dans le SOA (-30, -20, -10 dBm).

La Figure 3 présente l'évolution de l'EVM en fonction de la longueur d'onde, paramétrée par la puissance injectée dans le SOA (-30, -20, -10 dBm). Il est intéressant de noter que le comportement du SOA évolue avec la puissance du signal injecté, et que la forme spectrale change en fonction de la puissance du signal. À faible puissance, l'EVM reproduit quasiment le NF du composant. À moyenne puissance, l'EVM diminue, ce qui traduit une amélioration de la qualité du signal transmis, due à l'amélioration du rapport signal sur bruit sans atteindre le régime de saturation. À forte puissance injectée, l'EVM augmente considérablement dans la bande passante du SOA, due à la forte présence des termes de mélanges créés par le FWM.

### CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons analysé dans ce travail la transmission et l'amplification par un SOA d'un signal CO-OFDM sur une large bande passante optique. Nous avons montré que l'influence du SOA sur la qualité du signal OFDM amplifié dépend fortement de la longueur d'onde et de la puissance du signal injecté. La suite de ce travail consistera à réaliser expérimentalement cette chaîne de transmission CO-OFDM à haut débit afin de comparer les résultats obtenus par les simulations.

### REFERENCES

- [1] W. Shieh, I. Djordjevic, "OFDM for Optical Communications", 1st ed., Academic Press, 2009.
- [2] P. Morel, A. Sharaiha, "Wideband Time-Domain Transfer Matrix Model Equivalent Circuit for Short Pulse Propagation in Semiconductor Optical Amplifiers", *Journal of Quantum Electronics*, vol. 45, no. 2, pp. 103-116, February 2009.
- [3] H. Khaleghi, P. Morel, T. Rampone, A. Sharaiha, M. Guégan, "Simulation d'une chaîne de transmission de signaux optiques OFDM amplifiés par des SOA pour des systèmes à réception cohérente", *29<sup>èmes</sup> Journées Nationales d'Optique Guidée*, octobre 2010, Besançon-France.
- [4] L. Occhi, "Semiconductor Optical Amplifiers made of Ridge Waveguide Bulk InGaAsP/InP: Experimental Characterization and Numerical Modeling of Gain, Phase, and Noise", *thèse de doctorat*, ETH Zurich Switzerland, 2002.