



HAL
open science

Traitement tout-optique d'un Signal RZ DPSK à 42,7 Gbit/s en utilisant Absorbant Saturable en Micro-Cavité

Quang Trung Le, Laurent Bramerie, Mathilde Gay, Sebastien Lobo, Michel Joindot, Jean-Claude Simon, Hoang Trung Nguyen, Jean-Louis Oudar

► To cite this version:

Quang Trung Le, Laurent Bramerie, Mathilde Gay, Sebastien Lobo, Michel Joindot, et al.. Traitement tout-optique d'un Signal RZ DPSK à 42,7 Gbit/s en utilisant Absorbant Saturable en Micro-Cavité. 28èmes Journées Nationales d'Optique Guidée (JNOG 2009), Jul 2009, Lille, France. pp.Je1.4. hal-00488220

HAL Id: hal-00488220

<https://hal.science/hal-00488220>

Submitted on 1 Jun 2010

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.

TRAITEMENT TOUT-OPTIQUE D'UN SIGNAL RZ DPSK A 42,7 GBIT/S EN UTILISANT UN ABSORBANT SATURABLE EN MICRO-CAVITÉ

Quang-Trung Le¹, Laurent Bramerie¹, Mathilde Gay¹, Sébastien Lobo¹, Michel Joindot¹, Jean-Claude Simon¹, Hoang-Trung Nguyen², Jean-Louis Oudar²

¹ Laboratoire Foton, CNRS UMR 6082, Enssat, BP 80518, 22305 Lannion cedex

² LPN-CNRS, Route de Nozay, F-91460 Marcoussis, France

Quang-trung.le@enssat.fr

RESUME

Dans ce papier, nous présentons une technique de traitement tout-optique à base d'absorbant saturable limitant les fluctuations d'intensité d'un signal RZ DPSK à 42,7 Gbit/s tout en préservant sa phase. Des mesures de taux d'erreur binaire et de facteur de qualité démontrent le potentiel du dispositif pour le traitement tout-optique d'un signal DPSK dans un régime où le bruit de phase non-linéaire est dominant.

MOTS-CLEFS : *absorbant saturable ; régénération tout-optique ; RZ DPSK, transmission optique.*

1. INTRODUCTION

Les techniques de modulation de la phase (PSK pour *phase-shift keying*) présentent aujourd'hui un fort potentiel pour les systèmes de transmission optique à longue distance et à haut débit. Malheureusement, les techniques de traitement tout-optique du signal étudiées jusqu'à présent ne s'appliquent qu'au cas de la modulation d'intensité, qui a été la plus utilisée jusqu'à aujourd'hui dans les systèmes optiques. Par conséquent, l'étude de nouvelles fonctions tout-optiques pour le traitement de signaux de type PSK reste un domaine de recherche très actif.

Dans une ligne de transmission utilisant des signaux modulés en phase, la distance de transmission est principalement limitée par l'accumulation des bruits de phase sur le signal. Ces bruits peuvent être répertoriés suivant deux catégories : un bruit de phase linéaire dû à l'accumulation de l'émission spontanée amplifiée (ESA) et un bruit de phase non-linéaire dû à la transformation du bruit d'intensité (lié à l'accumulation d'ESA) en bruit de phase par des effets non-linéaires dans la fibre optique, notamment l'effet d'automodulation de phase. En augmentant la puissance en ligne, l'impact du bruit de phase linéaire introduit par l'accumulation d'ESA pourrait être réduit (amélioration du rapport signal sur bruit). Mais le bruit de phase non-linéaire va devenir alors un facteur dominant. Par conséquent, les fluctuations d'intensité du signal doivent être réduites afin de limiter l'accumulation du bruit de phase non-linéaire et ainsi augmenter la distance de transmission. Dans la littérature, certains travaux récents se sont concentrés sur la réduction du bruit de phase par des techniques interférométriques sensibles à la phase [1] et sur la prévention du bruit de phase non-linéaire en régénérant l'amplitude du signal tout en préservant sa phase [2, 3].

Récemment, une nouvelle génération d'Absorbant Saturable (AS) qui permet la stabilisation des fluctuations d'intensité (que l'on nommera AS1), a été développée [4]. Cette nouvelle structure associée à l'AS classique, qui quant à lui améliore le taux d'extinction du signal, a montré ses capacités pour la régénération tout-optique des signaux modulés en amplitude (ASK pour *amplitude-shift keying*) [5]. Dans le contexte du traitement tout-optique des signaux RZ DPSK (*return-to-zero differential phase-shift keying*), l'AS1 pourrait être une solution compacte et compatible avec l'utilisation du multiplexage en longueur d'onde (*Wavelength Division Multiplexing*, WDM) [6] pour supprimer les fluctuations d'intensité, et ainsi se prémunir contre l'accumulation du bruit de phase non-linéaire.

Dans ce papier, nous proposons une technique de traitement tout-optique utilisant l'AS1 pour les signaux de type DPSK dans laquelle la phase du signal est conservée et les fluctuations d'intensité sont réduites. L'AS1 est alors utilisé comme limiteur de puissance optique. La réduction

de bruit de phase non-linéaire est expérimentalement démontrée grâce à des mesures de taux d'erreur sur les éléments binaires (TEB) et de facteur de qualité (Q).

2. SCHEMA EXPERIMENTAL ET PRINCIPE D'OPERATION

Pour démontrer le potentiel de l'AS1 à réduire les fluctuations d'intensité tout en préservant la phase du signal, nous avons mis en place un banc expérimental permettant de générer suffisamment de bruit de phase non-linéaire. Pour ce faire, le rapport signal sur bruit optique du signal (OSNR pour *optical signal-to-noise ratio*) est dégradé à l'émission et le signal est ensuite amplifié avant d'être transmis dans la fibre de transmission pour générer suffisamment d'effets non-linéaires induisant ainsi un bruit de phase non-linéaire (fig. 1).

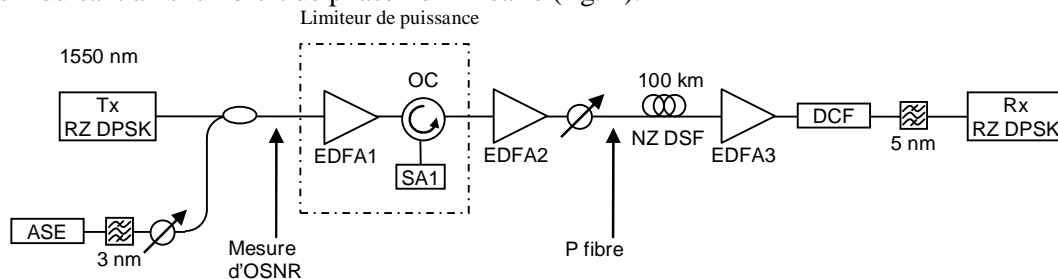


Fig. 1: Schéma expérimental.

L'émetteur (Tx) produit un signal optique de type RZ DPSK modulé à 42,7 Gbit/s à la longueur d'onde de 1550 nm. Pour modifier l'OSNR à l'émission, une source de bruit d'émission spontanée amplifiée (ESA) suivie par un filtre optique de 3 nm de bande passante et un atténuateur variable est utilisée. La ligne de transmission est constituée de 100 km de fibre à dispersion décalée non nulle (NZ DSF) avec une dispersion chromatique de $4,5 \text{ ps.nm}^{-1}.\text{km}^{-1}$ à 1550 nm. La dispersion chromatique est compensée par un module de fibre compensatrice (DCF pour *dispersion-compensating fibre*). Un amplificateur à fibre dopée Erbium (EDFA1) est utilisé en entrée de la fibre pour avoir suffisamment de puissance optique injectée (jusqu'à 18 dBm) dans la fibre pour générer des effets non-linéaires. Le récepteur (Rx) comprend un interféromètre pour démoduler le signal DPSK suivi d'une détection équilibrée et d'un récepteur électrique à 42,7 Gbit/s.

Le limiteur de puissance est constitué par l'AS1 utilisé en réflexion (miroir non-linéaire). Cette partie nécessite un amplificateur optique (EDFA2) pour avoir une puissance de 10 dBm en entrée du dispositif. Un circulateur optique (CO) sert à injecter et récupérer le signal dans l'AS1. Nous allons dans la suite comparer la qualité des signaux après une transmission de 100 km dans les cas sans et avec limiteur de puissance.

3. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Nous avons mesuré le TEB en fonction de la puissance P_{rec} en entrée du récepteur (figure 2). La courbe à gauche (avec les marqueurs diamants) correspond au cas sans propagation (« back-to-back »-B2B) sans bruit ajouté (OSNR de 30 dB mesuré dans 1 nm). Dans ce cas le TEB est limité seulement par le bruit propre du récepteur. Lorsque l'OSNR est dégradé jusqu'à 11,8 dB, une pénalité apparaît (courbe avec les marqueurs carrés) due au bruit de phase linéaire. Pour le même OSNR de 11,8 dB, lorsque la puissance injectée en entrée de fibre de 16 dBm, les pénalités augmentent jusqu'à créer un plancher d'erreur à 10^{-7} (marqueurs triangulaires). Ce plancher d'erreur est dû au bruit de phase non-linéaire. Quand le limiteur de puissance (AS1) est utilisé, le plancher d'erreur est réduit de 10^{-7} à 10^{-9} pour la même puissance en entrée de fibre.

L'augmentation de la qualité du signal grâce à l'AS1 est également étudiée via des mesures de facteur Q. Le facteur Q est mesuré par extrapolation en faisant varier le seuil de décision du récepteur et il est calculé via l'approximation Gaussienne des densités de probabilité de la puissance optique. La figure 3 représente le facteur Q en fonction de la puissance du signal en entrée de la fibre, avec des OSNR à l'émission de 17,4 dB (marqueurs pleins) et 11,8 dB (marqueurs vides).

Lorsque l'OSNR est égal à 17,4 dB, nous constatons une dégradation du facteur Q pour des puissances supérieures à 15 dBm ainsi qu'une amélioration du facteur Q lorsque l'AS1 est utilisé. Pour les puissances inférieures à 15 dBm, le bruit de phase non-linéaire est encore négligeable par rapport au bruit de phase linéaire et le facteur Q ne peut être amélioré par l'AS1 qui préserve la phase du signal. Lorsque la puissance augmente, le bruit de phase non-linéaire devient significatif, une amélioration de facteur Q est alors obtenue grâce à l'AS1. Une amélioration de 2 dB est observée avec une puissance de 17,7 dBm.

Lorsque l'OSNR est dégradé jusqu'à 11,8 dB, l'amélioration du facteur Q est observée à partir d'une puissance de 13 dBm qui est plus faible que dans le cas précédent. Ceci pourrait être expliqué par le fait que lorsqu'il y a plus de bruit d'intensité ajouté au signal, le transfert de bruit d'intensité en bruit de phase par les effets non-linéaires dans la fibre devient prédominant à des plus basses puissances. Par conséquent, l'amélioration apportée par l'AS1 apparaît à des puissances plus basses. Une amélioration du facteur Q de 1 dB à 2 dB est obtenue lorsque la puissance augmente de 14 dBm à 18 dBm.

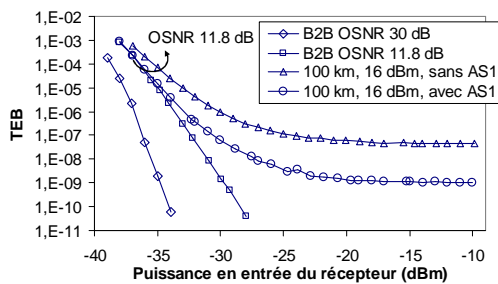


Fig. 2: Taux d'erreur binaire en fonction de la puissance à l'entrée du récepteur.

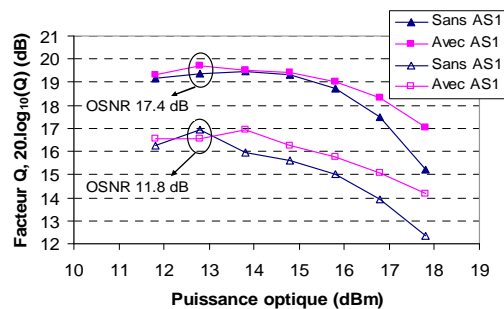


Fig. 3: Facteur Q en fonction de la puissance injectée dans la fibre avec et sans AS1.

CONCLUSION

Nous avons démontré pour la première fois l'efficacité d'un absorbant saturable pour le traitement tout-optique de signaux de type DPSK. Ce composant permet de réduire les fluctuations d'intensité tout en conservant la phase du signal. Nous avons montré qu'il était possible de réduire le plancher d'erreur de 10^{-7} à 10^{-9} et d'améliorer le facteur Q jusqu'à 2 dB pour un signal transmis sur 100 km et possédant un OSNR initial de 11,8 dB. Ces résultats démontrent que l'AS1 permet de traiter l'intensité d'un signal DPSK tout-en préservant sa phase.

REMERCIEMENT

Ce travail est financé par l'Agence Nationale pour la Recherche (Projets FUTUR et PERSYST II). Les auteurs tiennent également à remercier le Ministère des Finances, l'Union Européenne (FEDER), et la Région Bretagne.

RÉFÉRENCES

- [1] K. Coussore, C. Kim and G. Li., Opt. Lett., 29, 2357 (2004)
- [2] M. Matsumoto, Photon. Tech. Lett., 17, 8094 (2005)
- [3] K. Cvecek, G. Onishchukov, K. Sponsel, A. Striegler, B. Schmauss and G. Leuchs, Photon. Tech. Lett., 18, 1801 (2006)
- [4] H. T. Nguyen, J. Oudar, S. Bouchoule, G. Aubin, and S. Sauvage, Appl. Phys. Lett., 92, 111107 (2008)
- [5] M. Gay, L. Bramerie, H. Nguyen, S. Lobo, G. Aubin, Q. Le, M. Joindot, J.-L. Oudar, and J.-C. Simon, Proc. ECOC'08, 2, TU4D2 (2008)
- [6] L. Bramerie, Q.-T. Le, S. Lobo, M. Gay, M. Joindot, J.-C. Simon, A. Poudoulec, M. Van der Keur, C. Devemy, D. Massoubre, J.-L. Oudar, G. Aubin, A. Shen, and J. Decobert, Proc. OFC'07, PDP1 (2007)