



**HAL**  
open science

## Effet de la détection équilibrée sur les performances d'une source optique utilisant un laser kilométrique à base de RSOA

Mathilde Gay, Laurent Bramerie, Kamal Hussain, Thierry Chartier, Stephane Trebaol, Jean-Claude Simon, Anaëlle Maho, Romain Brenot

### ► To cite this version:

Mathilde Gay, Laurent Bramerie, Kamal Hussain, Thierry Chartier, Stephane Trebaol, et al.. Effet de la détection équilibrée sur les performances d'une source optique utilisant un laser kilométrique à base de RSOA. 37è Journées Nationales d'Optique Guidée (JNOG 2017), Jul 2017, Limoges, France. hal-01713953

**HAL Id: hal-01713953**

**<https://hal.science/hal-01713953>**

Submitted on 21 Feb 2018

**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.

# EFFET DE LA DETECTION EQUILIBREE SUR LES PERFORMANCES D'UNE SOURCE OPTIQUE UTILISANT UN LASER KILOMETRIQUE A BASE DE RSOA

MATHILDE GAY<sup>1</sup>, LAURENT BRAMERIE<sup>1</sup>, KAMAL HUSSAIN<sup>1</sup>, THIERRY CHARTIER<sup>1</sup>,  
STEPHANE TREBAOL<sup>1</sup>, JEAN-CLAUDE SIMON<sup>1</sup>, ANAËLLE MAHO<sup>2</sup>, ROMAIN BRENOT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Laboratoire Foton, CNRS, Université de Rennes 1/Enssat, CS 80518, 22305 Lannion Cedex, France*

<sup>2</sup> *III-V Lab, F-91461 Marcoussis Cedex, France*

[thierry.chartier@enssat.fr](mailto:thierry.chartier@enssat.fr)

## RÉSUMÉ

Nous étudions le bruit d'amplitude d'une source laser à base d'amplificateur à semi-conducteur réfléchif (RSOA) en cavité fibrée étendue. Nous montrons que le bruit relatif d'intensité (RIN) augmente avec la longueur de transmission. Nous montrons également qu'une détection équilibrée associée à un codage de Manchester autorise une cavité de longueur 4 km au lieu de seulement 1 km avec le format NRZ classique.

**MOTS-CLEFS :** *RSOA, télécommunications optiques, laser kilométrique, RIN*

## 1. INTRODUCTION

Les lasers de longueur kilométrique, dont le milieu actif est constitué d'un amplificateur à semi-conducteur réfléchif (RSOA) modulé directement, constituent une solution attractive comme source achromatique pour les réseaux d'accès optique passif multiplexés en longueur d'onde (WDM-PON). Dans ce type de configuration, c'est le démultiplexeur en longueur d'onde (AWG DEMUX) placé à l'intérieur même de la cavité kilométrique qui permet de fixer la longueur d'onde du canal alloué à un client donné [1-4]. Cependant ces très longues cavités laser engendrent une multitude de modes dont le battement provoque, à la détection, un bruit relatif d'intensité (RIN) important et très pénalisant sur le budget de liaison [2-3]. C'est pourquoi nous nous sommes intéressés à l'utilisation de la détection équilibrée pour tenter de réduire l'effet de ce bruit en excès [5-6]. Cependant comme le format NRZ n'est pas compatible avec ce mode de détection, nous nous sommes intéressés au code de Manchester (ou code bi-phase) qui, lui, est compatible avec une détection équilibrée [6,7]. Ainsi nous avons pu montrer une augmentation d'un facteur 4 de la cavité laser pour une qualité de liaison standard. Nous avons également corrélé la dégradation de qualité de transmission à l'augmentation du RIN due à l'augmentation de longueur de la cavité laser.

## 2. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

La source laser à base de RSOA en cavité fibrée étendue est représentée par la Fig. 1 Le RSOA est localisé au niveau du terminal d'interface optique/électrique du client (ONU) et constitue le milieu amplificateur de la cavité laser dont le miroir arrière est la face clivée du RSOA traitée Rmax. Le nœud distant (RN) de quelques mètres à plusieurs kilomètres du RSOA, est composé d'un multiplexeur, qui sélectionne une partie du spectre large du RSOA, et d'un miroir qui ferme la cavité. Cette configuration permet d'une part une opération achromatique, d'autre part de mutualiser le multiplexeur entre plusieurs clients qui peuvent être distants de plusieurs kilomètres. Le signal issu de cette cavité peut ensuite être transmis jusqu'au terminal de la liaison d'accès optique. Dans cette étude le signal de la source est directement dirigé vers le récepteur (sans transmission). Des informations concernant les différents éléments de la cavité sont reportées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Eléments de la cavité.

	Rôle	Information technique
RSOA	Milieu de gain	Bâtonnets quantiques en InGaAs/InP, 25 dB de gain
AWG	Sélection de la longueur d'onde du client (démultiplexeur)	100 GHz d'espacement entre canaux
Coupleur	Extraction d'une fraction de signal de source	90/10
Fibre	Atteindre le MUX mutualisé entre les différents clients	SMF 28 standard
Miroir de Faraday	Fermeture de la cavité	Réfectivité 90%; rotation 90° de la polarisation
Rotateur de Faraday	Associé au miroir, il assure l'insensibilité à la polarisation [8]	Rotation de 45° de la polarisation

Concernant le récepteur, nous avons étudié deux configurations. Pour le cas classique du format NRZ à 2,5 Gbit/s, le récepteur comporte une photodiode PIN de bande passante 2,5 GHz. Pour l'étude de la détection équilibrée avec code de Manchester le signal est modulé à 5 Gbit/s par une succession de paires d'impulsions « 01 » ou « 10 », correspondant respectivement à chacun des deux états binaires, ce qui donne un débit numérique de 2,5 Gbit/s. Au niveau du récepteur, le signal est séparé en deux voies dont l'une est retardée par rapport à l'autre d'une demi-période  $T$  [7]. Chaque voie est détectée par une photodiode du récepteur équilibré. La bande passante des photodiodes est de 30 GHz et celle du filtre passe-bas est de 6,7 GHz. Dans les deux cas étudiés la séquence binaire PRBS est  $2^7-1$ .

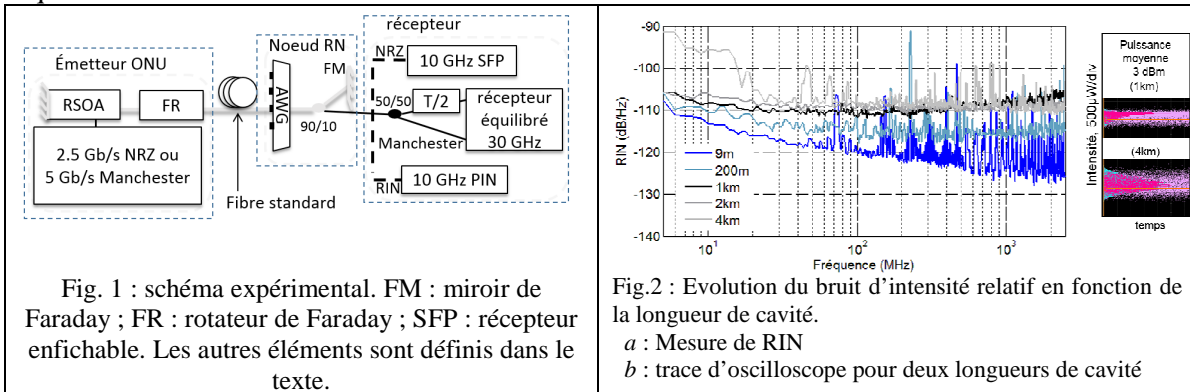


Fig. 1 : schéma expérimental. FM : miroir de Faraday ; FR : rotateur de Faraday ; SFP : récepteur enfichable. Les autres éléments sont définis dans le texte.

Fig.2 : Evolution du bruit d'intensité relatif en fonction de la longueur de cavité.  
 a : Mesure de RIN  
 b : trace d'oscilloscope pour deux longueurs de cavité

### 3. MESURES DE RIN

La figure 2a représente les mesures de RIN pour différentes longueurs de cavité. On a utilisé pour cela un récepteur 10 GHz amplifié suivi d'un analyseur de spectre avec une largeur de filtre de 3 MHz. Le courant de polarisation du RSOA est de 150 mA. On observe que le RIN augmente avec la longueur de cavité, du fait principalement de la dispersion chromatique [2]. On note une augmentation de près de 20 dB du RIN en basse fréquence, pour une longueur de cavité de 4 km. La figure 2b représentant les traces d'oscilloscope du signal détecté pour des longueurs de cavité de 1 et 4 km confirme cette observation. Un tel niveau de bruit réduit considérablement les performances dans le cas d'un système NRZ classique.

### 4. EXPERIENCES DE TRANSMISSION

Pour le codage NRZ, les courbes de taux d'erreur (BER) en fonction de la puissance reçue pour différentes longueurs (cf. fig. 3 (a)) montrent un plancher de taux d'erreur de  $10^{-4}$  à 1 km. Les diagrammes de l'œil à 9 m et 1 km (en insert) confirment ce fait.

Pour le codage de Manchester, les diagrammes de l'œil des fig. 3 (b) et (c) sont mesurés avec une photodiode unique de bande passante 32 GHz, alors que les diagrammes de l'œil des fig. 3(d) et (e) sont obtenus en détection équilibrée avec une paire de photodiodes de bande passante 30 GHz. Les cas (b) et (d) correspondent à une longueur de fibre de 200 m, les cas (c) et (e) à une longueur de 1 km. La puissance reçue était identique dans les deux cas. La dégradation de l'œil augmente avec la longueur de fibre, en corrélation avec l'augmentation du RIN. On notera cependant que la dégradation de l'œil est moindre dans le cas de la détection équilibrée du fait d'une compensation partielle du bruit en excès. Finalement, la fig. 3 (f) représente le taux d'erreur en fonction de la puissance reçue avec une détection équilibrée, pour des longueurs de cavité allant de 9 m à 4 km.

On voit que la longueur de cavité pour un taux d'erreurs de  $10^{-4}$  est ici augmentée d'un facteur 4 par rapport au cas NRZ classique. On notera au passage que la sensibilité du récepteur en détection équilibrée est moins bonne pour les très faibles taux d'erreur ( $10^{-9}$ ) car les photodiodes disponibles pour cette expérience avaient une bande passante électrique beaucoup trop grande pour un débit de 2,5 Gbit/s, ce qui pourrait être largement amélioré.

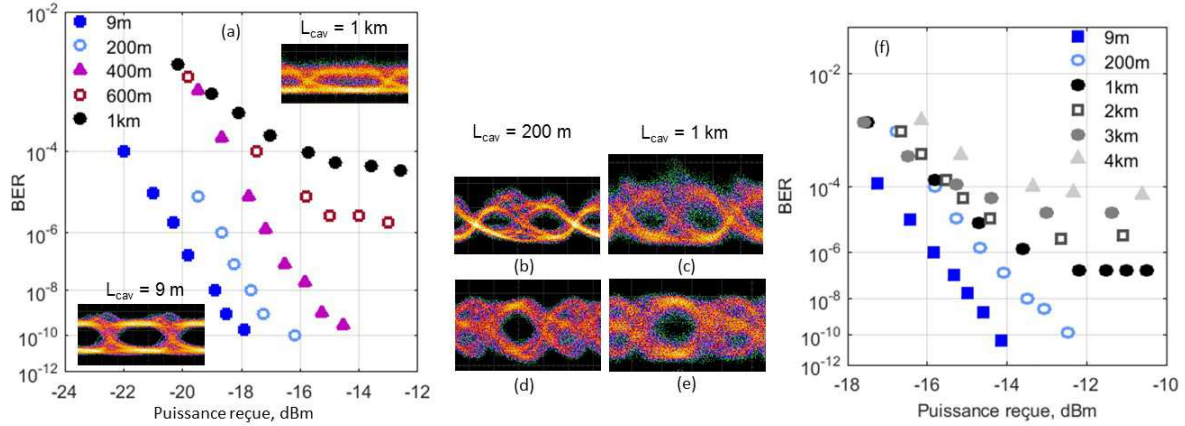


Fig. 3 (a) : BER versus puissance reçue dans le cas NRZ pour différentes longueurs de cavité. Encart : diagramme de l'œil à 9 m et 1 km. (b), (c), (d), (e), (f) : Cas détection équilibrée : (a), (b) : diagrammes de l'œil à 200 m et 1 km avec détection simple ; (c), (d) : diagrammes de l'œil à 200 m et 1 km avec détection équilibrée ; (f) : BER en fonction de la puissance reçue et de différentes longueurs de cavité.

## CONCLUSION

Nous montrons dans ce travail que l'augmentation du bruit relatif d'intensité (RIN) d'une source laser à base d'un RSOA en cavité étendue par une fibre standard était corrélée à l'accroissement de longueur de cette fibre. Nous montrons également dans le cas d'une liaison utilisant une telle source, qu'une détection équilibrée associée à un codage Manchester permettait d'augmenter d'un facteur 4 la distance entre le client et le nœud déporté par rapport à du NRZ classique.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été soutenu en partie par le projet ANR Lampion (ANR-13-INFR-0002)

## RÉFÉRENCES

- [1] E. Wong et al.: "Directly modulated self-seeding reflective semiconductor optical amplifiers as colorless transmitters in wavelength division multiplexed passive optical networks", *J. Lightw. Technol.*, vol. 25, no. 1, pp. 67–74, 2007.
- [2] M.L. Deng et al.: "Intra-cavity chromatic dispersion impacts on 10-Gb/s optical OFDM transmissions over 25-km dual-RSOA-based self-seeded PON systems", *IEEE Photon. Journal*, vol. 7, no. 7200112, 2015.
- [3] A. Maho et al.: "Demystification of the self-seeded WDM access", *J. Lightw. Technol.*, vol. 34, no. 2, pp. 776-782, 2016.
- [4] G. Simon et al.: "70 km external cavity DWDM sources based on O-band self-seeded RSOAs for transmissions at 2.5Gbit/s", *Opt. Fib. Comm. Conf.*, San Francisco, California, USA, W3G5, March 2014.
- [5] A. Joshi et al. : "Balanced photoreceivers for analog and digital fiber optic communications", *Proc. SPIE 5814*, Enabling Photonics Technologies for Defense, Security, and Aerospace Applications conf., Orlando, Florida, USA, May 2005.
- [6] M. Chaibi et al.: "Mitigation of mode partition noise in quantum-dash Fabry-Perot mode-locked lasers using Manchester encoding", *Europ. Conf. on Opt. Comm. Conf*, Dusseldorf, Germany, Tu.2.E.6, Sept. 2016.
- [7] Y. Yamada et al.: "Tolerance for optical coherent crosstalk of a novel Manchester-code receiver", *Europ. Conf. on Opt. Comm. Conf*, Madrid, Spain, vol. 1, p. 61, Sept. 1998.
- [8] M. Martinelli et al.: "Polarization in retracing circuits for WDM-PON", *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 2012, 24, (14), pp. 1191-1193.