



**HAL**  
open science

## Amélioration de la qualité d'une récupération d'horloge tout-optique en utilisant un filtrage passif

Minh Nguyet Ngo, Vincent Roncin, Quang Trung Le, Laurent Bramerie,  
David Chevallier, Laurent Lablonde, Alexandre Shen, Guang Hua Duan,  
Jean-Claude Simon

### ► To cite this version:

Minh Nguyet Ngo, Vincent Roncin, Quang Trung Le, Laurent Bramerie, David Chevallier, et al..  
Amélioration de la qualité d'une récupération d'horloge tout-optique en utilisant un filtrage passif.  
27èmes Journées Nationales d'Optique Guidée (JNOG 2008), Oct 2008, Lannion, France. pp.102-104.  
hal-00490855

**HAL Id: hal-00490855**

**<https://hal.science/hal-00490855>**

Submitted on 9 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.

# AMELIORATION DE LA QUALITE D'UNE RECUPERATION D'HORLOGE TOUT-OPTIQUE EN UTILISANT UN FILTRAGE PASSIF

Minh Nguyet Ngo<sup>1</sup>, Vincent Roncin<sup>1</sup>, Quang Trung Le<sup>1</sup>, Laurent Bramerie<sup>1</sup>,  
David Chevallier<sup>2</sup>, Laurent Lablonde<sup>2</sup>, Alexandre Shen<sup>3</sup>, Guang-Hua Duan<sup>3</sup> et  
Jean-Claude Simon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Foton, CNRS UMR 6082, Enssat, BP 80518, 22305 Lannion cedex

<sup>2</sup> IXFiber, rue Paul Sabatier, 22300 LANNION

<sup>3</sup> Alcatel Thales III-V Lab, Route Départementale 128, 91767 Palaiseau

ngo@enssat.fr

## RESUME

Dans cet article, nous présentons une technique pour améliorer la qualité d'une récupération d'horloge tout-optique, au débit de 42,66 Gbit/s, à base d'un laser auto-pulsant. Elle consiste à employer un simple filtre optique passe-bande de type Fabry-Perot réalisé à partir de réseaux de Bragg.

**MOTS-CLEFS :** *récupération d'horloge ; filtre Fabry-Pérot à réseaux de Bragg ; laser auto-pulsant.*

## 1. INTRODUCTION

La récupération d'horloge optique (ou OCR pour Optical Clock Recovery) est une des fonctions primordiales pour le traitement tout-optique du signal aux débits égaux ou supérieurs à 40 Gbit/s. Cette approche tout-optique est très prometteuse pour la régénération 3R dans les systèmes de transmission futurs [1], [2]. Il existe deux techniques largement étudiées pour la récupération d'horloge tout-optique. La première est totalement passive. Elle consiste à utiliser un filtre optique Fabry-Perot avec un intervalle spectral libre (ISL) correspondant à la modulation des données du format RZ [3]. Cette technique reste néanmoins sensible au bruit optique et aux longues séquences de données identiques. La deuxième technique, qui est une approche active, consiste à synchroniser avec le signal reçu un laser auto-pulsant, qui va donc générer une horloge optique à la fréquence de modulation des données [4], [5]. La qualité de l'horloge générée dans ce cas dépend fortement du bruit intrinsèque du laser.

Nous proposons ici une solution originale pour améliorer la qualité de la récupération d'horloge optique. L'architecture de l'OCR étudiée se compose d'un filtre Fabry-Perot à réseaux de Bragg (FP-BG) suivi par un laser auto-pulsant (laser AP). Le schéma de principe de l'expérience est d'abord détaillé. Nous présentons ensuite les résultats obtenus montrant l'amélioration significative de la récupération d'horloge étudiée dans un environnement de système de transmission.

## 2. DESCRIPTION DE L'EXPERIENCE

Le schéma de principe de l'expérience est montré sur la figure 1. Le signal optique RZ à 42,66 Gbit/s généré par l'émetteur Tx à 1553 nm est une séquence binaire pseudo aléatoire de longueur  $2^{31}-1$ . Le dispositif de récupération d'horloge est composé de deux parties : un filtre FP-BG assurant le pré-filtrage et est suivi par un laser AP pour récupérer l'horloge optique. Un contrôleur de polarisation (ou PC pour Polarisation Controller), qui permet de minimiser des pertes due à la dépendance à la polarisation du filtre utilisé, est placé devant le filtre. Pour injecter le signal pré-filtré par le filtre FP-BG dans le laser AP et récupérer l'horloge en sortie du laser, nous utilisons un circulateur optique (OC pour Optical Circulator). Un filtre optique passe-bande de largeur 5 nm est utilisé pour filtrer et récupérer l'horloge émise par le laser à 1547 nm. L'horloge optique récupérée est ensuite remodulée par le modulateur M et analysée par des mesures de taux d'erreur binaire (ou BER pour Bit Error Rate).

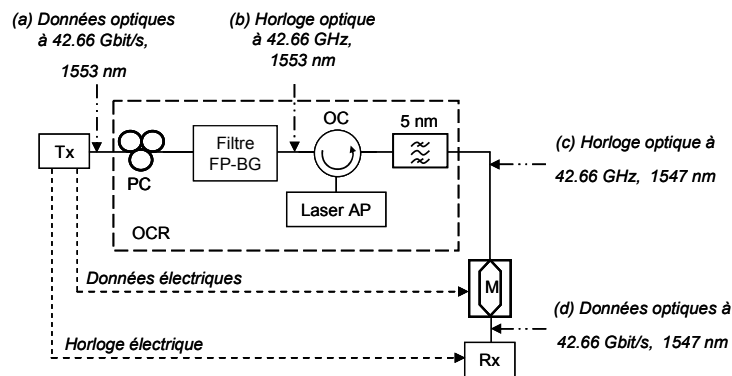


FIG. 1 : Schéma de l'expérience

Le laser AP est un laser à structure massive réalisé par Alcatel-Thales III-V Lab dans le cadre du projet ANR ROTOR. Il est constitué de 3 sections : section de Bragg, section de phase et section active. La largeur de raie électrique mesurée à 3 dB du pic est de 700 kHz typiquement. Le courant de polarisation de la section active est de 141 mA, ce qui permet une auto-pulsation à 42,66 GHz du laser. Celui de la section de Bragg est de 33 mA correspond à une horloge en sortie centrée à la longueur d'onde de 1547 nm. Le filtre FP-BG réalisé par iXFiber est un dispositif composé d'une fibre photo-inscrite par deux réseaux de Bragg identiques, de longueur 1,3 mm et séparés de 2 mm. Nous montrons sur la figure 2(a) la réponse en transmission du filtre FP-BG. Le spectre est obtenu en injectant dans le filtre un bruit blanc. Nous observons deux familles de pics correspond à 2 cavités de ISL différents. Ceci est du à la biréfringence du processus de photo-inscription, et chaque famille de pics correspond à une polarisation. En utilisant le PC pour ajuster la polarisation du signal injecté, nous pouvons sélectionner une de ces deux familles de pics, car le filtre est réalisé avec des fibres à maintien de polarisation.

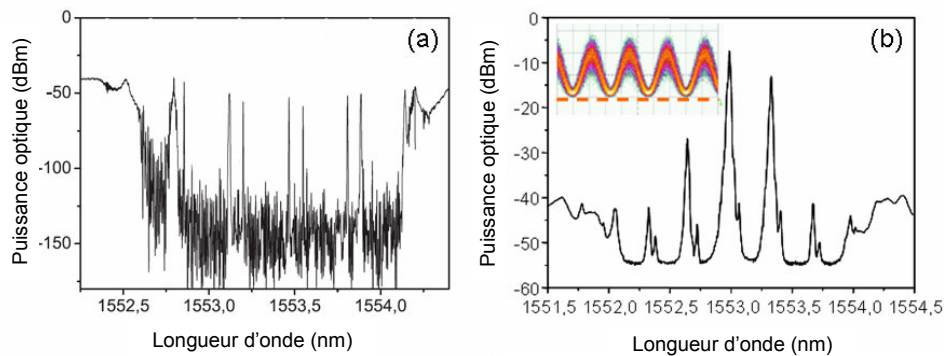


FIG. 2 : Réponse du filtre FP-BG en transmission (a) spectre de l'horloge optique pré-filtrée et trace sur oscilloscope en encart (b)

### 3. RESULTATS EXPERIMENTAUX

D'abord, nous étudions le pré-filtrage en injectant dans le filtre FP-BG les données optiques à 42,66 Gbit/s. Nous obtenons un spectre représenté sur la figure 2(b) avec un analyseur de spectre optique de résolution 10 pm. Le spectre présente des raies de modulation à 42,66 GHz, de hauteur inégale. Cette dissymétrie est due à la fonction de transfert non-symétrique du filtre. Ceci se traduit par le bruit sur la trace temporelle de l'horloge en sortie du filtre, obtenue avec un oscilloscope de bande passante 50 GHz, dans l'encart de la figure 2(b). Cette horloge de qualité intermédiaire mais pas encore exploitable est ensuite envoyée dans le laser AP.

Ensuite, les performances de l'OCR à base de laser AP dans deux configurations avec et sans pré-filtrage sont étudiées via les mesures de BER. La technique de remodulation d'horloge est une

manière efficace pour valider l'horloge obtenue dans un environnement de système de transmission. Le paramètre BER présente les erreurs introduites par la propagation du signal. Dans le cas ici, l'horloge récupérée est remodulée juste devant le récepteur, sans aucune fibre de transmission ni autre dispositif de traitement du signal. Le bruit observé sur les '1' de l'horloge récupérée entraîne des erreurs sur le signal remodulé. Donc, le BER mesuré présente les erreurs introduites par la récupération d'horloge. Les mesures de BER obtenues pour deux configurations sans et avec le pré-filtrage sont montrées dans la figure 3 ci-dessous.

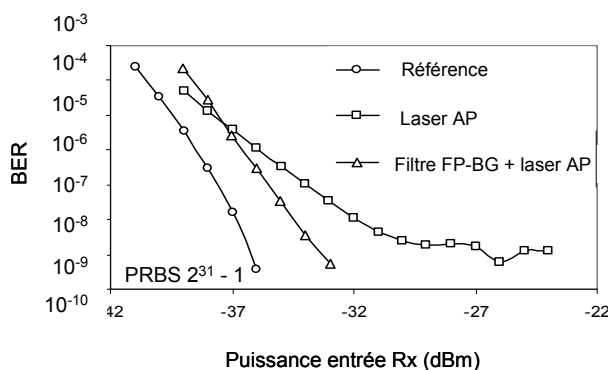


FIG. 3 : Mesures du taux d'erreur binaire de différentes configurations

La courbe de référence de la sensibilité du récepteur est obtenue dans la configuration émetteur sur récepteur. Dans la configuration, correspond à un OCR constitué du laser AP seul, la courbe de BER montre une pénalité de 6 dB pour un taux d'erreurs de  $10^{-8}$  et un plancher d'erreurs à  $10^{-9}$ . Ce résultat est causé principalement par le bruit de phase intrinsèque excessif du laser et par sa fonction de transfert de gigue temporelle non-suffisante. La dernière courbe est obtenue avec le préfiltre FP-BG suivi par le laser AP. Le processus de pré-filtrage a permis d'améliorer la qualité de l'horloge optique récupérée. La pénalité est réduite à 3 dB pour une BER de  $10^{-8}$  et le plancher d'erreurs disparaît. De plus, la transmission est sans erreurs pour les puissances du signal supérieures à -32 dBm devant le récepteur.

### CONCLUSION

Dans ce papier, nous avons démontré une amélioration significative d'une récupération d'horloge tout-optique, à base d'un laser auto-pulsant, en utilisant un filtre optique de type Fabry-Perot assurant un pré-filtrage passif. Les résultats montrent une transmission sans erreurs avec une pénalité acceptable. Avec cette technique, nous avons proposé une solution compacte et potentiellement à basse consommation pour les applications de traitement tout-optique du signal à hauts débits.

### RÉFÉRENCES

- [1] B. Sartorius, 'All-optical clock recovery for 3R optical regeneration', *OFC 2001*, MG7, 2001
- [2] Q.-T. Le, et al, 'Cacability Assessment of an All Optical 3R Regenerator based on Synchronous Modulation in a Saturable Absorber and Optical Clock Recovery', *ECOC 2007*, session 4.3, 2007
- [3] M. Jinno et al, 'Optical tank circuits used for all-optical timing recovery', *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 28, no. 4, pp. 895-900, 1992
- [4] C. Bornholdt, et al, 'Jitter Analysis of All-Optical Recovery at 40 GHz', *OFC 2003*, MF97, 2003
- [5] J. Renaudier, et al, 'First demonstration of all-optical clock recovery at 40 GHz with standard-compliant jitter characteristics based on a quantum-dots self-pulsating semiconductor laser', *ECOC 2005*, Th 4.3.4, 2005.