

# METHODES SIMPLES ET SENSIBLES POUR OPTIMISER LE TAUX D'EXTINCTION D'UN MODULATEUR OPTIQUE

Christophe FINOT, Francesca PARMIGIANI, Periklis PETROPOULOS et David RICHARDSON

Optoelectronics Research Centre, University of Southampton, Southampton SO17 1BJ, Royaume-Uni

[christophe.finot@u-bourgogne.fr](mailto:christophe.finot@u-bourgogne.fr)

## RÉSUMÉ

Nous exploitons l'auto-modulation de phase dans une fibre hautement non-linéaire pour optimiser les réglages d'un modulateur optique et ainsi obtenir le meilleur taux d'extinction. Cette méthode simple mais extrêmement sensible ne nécessite alors qu'un analyseur de spectre optique ou bien un oscilloscope.

## 1. INTRODUCTION

L'utilisation de la lumière pour transmettre une information codée nécessite une phase de conversion du signal initial de nature électrique en un signal optique. Cette étape s'appuie sur l'utilisation d'un modulateur optique qui permet de modifier l'intensité d'une onde lumineuse continue ou bien d'un train d'impulsions. Pour obtenir les meilleures performances durant la transmission, il est alors important d'avoir initialement un taux d'extinction le meilleur possible entre les '1' matérialisés dans le format RZ par une impulsion optique et les '0' symbolisés par l'absence de lumière.

Si les modulateurs optiques peuvent afficher des taux d'extinction de plusieurs dizaines de dBs, leur réglage optimal reste délicat car de nombreux paramètres vont affecter leurs performances : taux de répétition et polarisation du signal incident, température, courant de bias... Il devient de plus difficile de visualiser à l'oscilloscope le résultat de taux d'extinction supérieurs à 17 dB. Il est dès lors intéressant de disposer d'une technique plus sensible.

Nous montrons dans ce papier que l'auto-modulation de phase (AMP) induite par la propagation dans une fibre optique hautement non-linéaire (HNLF) peut être efficacement exploitée pour visualiser directement à l'aide, soit d'un analyseur de spectre optique, soit d'un oscilloscope, la qualité de l'extinction du modulateur.

Nous expliquerons dans une première partie le principe de notre méthode simple et le montage expérimental mis en oeuvre. Nous montrerons ensuite quelques résultats expérimentaux démontrant la sensibilité supérieure de cette technique par rapport à la visualisation directe sur un oscilloscope.

## 2. PRINCIPE ET MONTAGE EXPÉRIMENTAL

Pour décrire le principe de notre méthode, nous considérons un signal constitué de deux impulsions A et B, de formes identiques mais d'amplitudes différentes (*Fig. 1a*). L'impulsion B, d'amplitude faible devant l'impulsion A, pourra par exemple être une impulsion parasite, résultat d'une modulation avec une extinction incomplète. Dans le domaine spectral, le spectre résultant (*Fig. 1b*) est la somme des spectres de A et B plus un terme d'interférence dont l'influence est limitée par la différence importante entre les amplitudes des deux signaux.

Ce signal est alors injecté dans une fibre optique non-linéaire où l'auto-modulation de phase [1] sera l'effet prédominant. Cela se traduira pour l'impulsion de forte intensité par un élargissement spectral [1] important alors que l'impulsion B ne sera quasiment pas affectée. L'énergie du pulse A restant constante durant ce processus, l'élargissement spectral s'accompagnera d'une diminution de l'intensité spectrale maximale qui deviendra alors comparable à celle de l'impulsion parasite. Le battement entre les deux impulsions est alors beaucoup plus prononcé et conduit à un pic clairement visible dans le spectre (*Fig. 1c*).

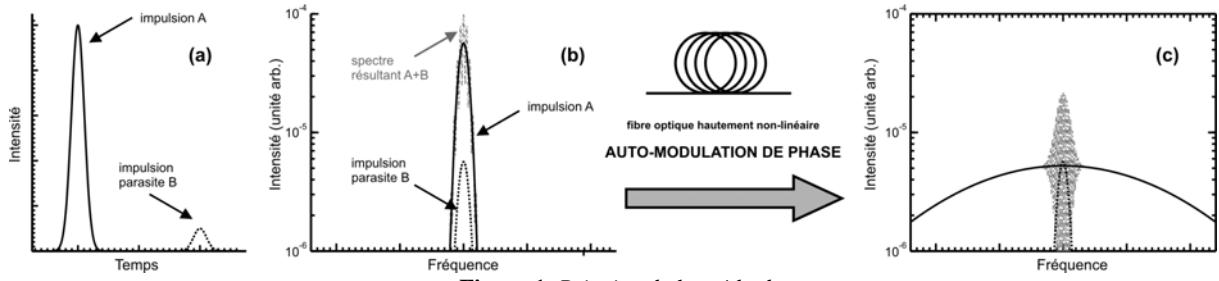


Figure 1. Principe de la méthode

Le montage expérimental employé pour valider cette méthode est représenté figure 2. Les impulsions initiales issues d'un laser impulsionnel fibré sont modulées par un dispositif Niobate de Lithium. Leur qualité pourra être visualisée sur un oscilloscope large bande (*diagnostic A*). Un amplificateur erbium à haute puissance est utilisé pour obtenir une puissance crête importante et donc faciliter l'élargissement spectral dans la fibre hautement non-linéaire. Cette fibre de longueur 500 m a une dispersion normale pour éviter les effets de type solitonique. En sortie de la fibre HNLF, le signal est visualisé sur un analyseur de spectre optique (*diagnostic B*). Une autre solution présentée dans la 4<sup>ème</sup> partie consiste à utiliser un filtre optique et à visualiser le signal filtré sur un oscilloscope.

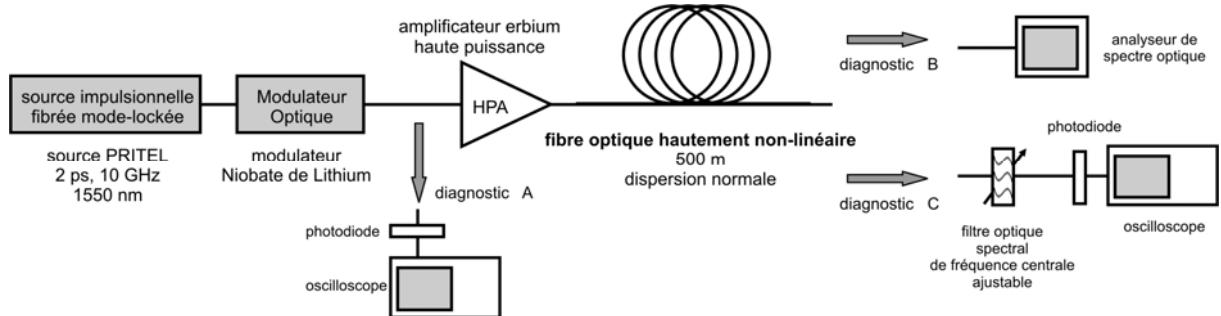


Figure 2. Dispositif expérimental.

### 3. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX – UTILISATION D'UN ANALYSEUR DE SPECTRE

Nous présentons figure 3 différents résultats expérimentaux. Nous considérons tout d'abord un réglage optimal présentant le meilleur taux d'extinction (*série 1*). Le spectre du signal en sortie de la fibre HNLF (*Fig 3b1*) présente les oscillations caractéristiques d'une impulsion *sech* soumise à l'AMP [1]. Aucun pic central n'est néanmoins discernable et la transformée de Fourier du spectre ne comporte que des pics espacés de 200 ps, résultat consistant avec le débit de 5 GHz atteint lorsque la source initiale est modulée par un motif 0-1.

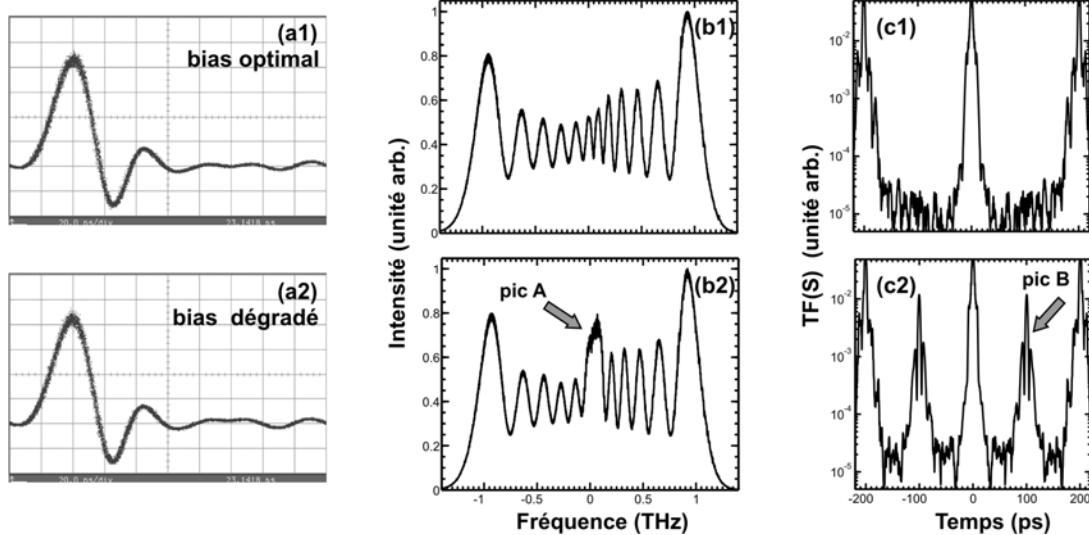
Nous dérégions alors très légèrement le modulateur optique. Aucune modification claire n'est visible sur l'oscilloscope (*Fig 3a2*). Par contre, au niveau du diagnostic B, un pic central notable (*pic A*) apparaît, conformément au principe décrit figure 1. En jouant sur les différents paramètres du modulateur, nous vérifions que ce pic est très sensible à la moindre modification. Réduire au maximum son amplitude nous permet de retrouver le réglage optimal. Nous constatons Fig. 3c2 que la transformée de Fourier du spectre est également marquée, en présence d'impulsions parasites, par l'apparition de pics secondaires (*pic B*) espacés de 100 ps par rapport au pic central.

### 4. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX – UTILISATION D'UN FILTRE OPTIQUE ET D'UN OSCILLOSCOPE

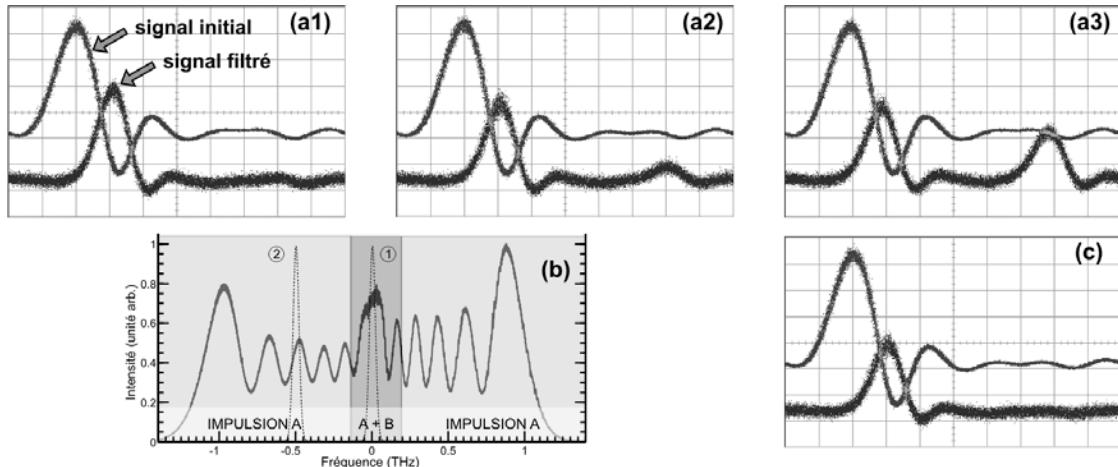
L'utilisation d'un analyseur de spectre n'est pas indispensable. Il est en effet possible d'utiliser un oscilloscope et une photodiode pour visualiser un signal préalablement transmis par un filtre passe-bande dont la fréquence centrale est identique à celle des impulsions initiales (*position ①*, *Fig 4b*). Nous avons alors représenté figure 4a, le signal initial (*diagnostic a*) et le signal filtré (*diagnostic c*) pour différentes modifications mineures du réglage du modulateur. Si aucune différence n'est visible au niveau du diagnostic a, par contre, le signal filtré se montre bien plus sensible à tout changement. Dans la zone centrale, le spectre est constitué à la fois par des impulsions A et B. Comme l'intensité

spectrale des impulsions A a été diminuée par rapport au signal initial, les impulsions B auront un poids relatif augmenté. D'où la sensibilité accrue du signal filtré aux impulsions parasites.

Si maintenant le filtre est placé en position ②, les impulsions parasites seront éliminées (Fig. 4c). Ces résultats expérimentaux constituent une belle illustration de la méthode dite de « Mamyshev » qui consiste à découper spectralement au moyen d'un filtre décalé le spectre élargi par auto-modulation de phase [2]. Cette méthode est l'une des solutions actuelles les plus prometteuses pour la régénération tout optique des signaux télécom à haut-débit.



**Figure 3.** Résultats expérimentaux obtenus pour un réglage optimal (série 1) et un réglage très légèrement dégradé (série 2) : signal visualisé à l'oscilloscope (a - diagnostic A), à l'analyseur de spectre optique (b - diagnostic B – résolution 0.5 nm) et transformée de Fourier du spectre optique (c)



**Figure 4.** (a) Évolution des signaux initiaux (diagnostic a) et filtrés (diagnostic c –position ①) pour un filtre positionné au centre du spectre et pour différentes dégradations du réglage (b) principe du filtrage décalé (c) Signal filtré pour un filtre spectral de fréquence centrale décalée de -500 GHz (position ②)

## CONCLUSION

Nous avons exploité l'auto-modulation de phase dans une fibre HNLF pour proposer une méthode sensible mais simple à mettre en œuvre pour optimiser le taux d'extinction de modulateurs optiques. Cette technique présente l'avantage de ne faire appel qu'à quelques éléments usuels facilement disponibles.

*Nous remercions K. Mukaza pour la mise à disposition de la fibre HNLF, et l'Union Européenne (Bourse Marie Curie IEF).*

## RÉFÉRENCES

- [1] R.H. Stolen and Q. Lin, Phys. Rev. A, **1978**, vol 17, p. 1448-1453.
- [2] P.V. Mamyshev. ECOC'98. Madrid, Spain, **1998**.