



HAL
open science

Dispositif à base de fibre optique non-linéaire pour la mise en évidence de gigue d'amplitude ou d'erreurs

Christophe Finot, Julien Fatome

► **To cite this version:**

Christophe Finot, Julien Fatome. Dispositif à base de fibre optique non-linéaire pour la mise en évidence de gigue d'amplitude ou d'erreurs. 29^{èmes} Journées Nationales de l'Optique Guidée, Oct 2010, Besançon, France. pp.40-42. hal-00515084

HAL Id: hal-00515084

<https://hal.science/hal-00515084>

Submitted on 31 Oct 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.

DISPOSITIF A BASE DE FIBRE OPTIQUE NON-LINÉAIRE POUR LA MISE EN EVIDENCE DE GIGUE D'AMPLITUDE OU D'ERREURS

Christophe Finot et Julien Fatome

Laboratoire Interdisciplinaire CARNOT de Bourgogne, UMR CNRS 5209, 21078 Dijon, France

christophe.finot@u-bourgogne.fr

RÉSUMÉ

Nous proposons un dispositif permettant la mesure optique de faibles giges d'amplitude en augmentant les fluctuations du signal d'un ordre de grandeur. Suivant la puissance de fonctionnement utilisée dans ce montage exploitant la non-linéarité d'une fibre optique, il est également possible de mettre en évidence de potentielles erreurs dans un signal.

MOTS-CLEFS : *traitement tout optique de l'information, optique optique non-linéaire fibrée.*

1. INTRODUCTION

Avec la généralisation des sources à impulsions ultra-brèves et l'augmentation croissante des débits dans les télécommunications optiques, diverses techniques tout optiques sont apparues pour quantifier la qualité du signal [1]. Parmi les paramètres qui peuvent être évalués, la gigue d'amplitude du signal ou l'existence d'erreurs sont deux éléments qui ont retenu notre attention et pour lesquelles nous avons développé un montage capable de mettre en évidence suivant la puissance de travail, soit l'une, soit l'autre. Ce montage repose sur l'évolution non-linéaire d'une impulsion dans une fibre optique et bénéficie ainsi du temps de réponse quasi-instantané de la réponse Kerr de la silice.

Après avoir présenté le principe et l'intérêt de ces méthodes, nous discuterons les différents résultats expérimentaux qui ont été obtenus.

2. MONTAGE EXPÉRIMENTAL ET FONCTION DE TRANSFERT

Le montage optique utilisé est schématisé par la Fig. 1(a). Un train d'impulsions picosecondes (2 ps à mi-hauteur) cadencé à 10 GHz est émis par un laser à fibre à blocage de modes actif. Un générateur électrique arbitraire (fonctionnant à quelques dizaines de MHz) relié à un modulateur optique permet de contrôler finement les propriétés statistiques (forme et amplitude) des puissances crêtes composant le train d'impulsions. En utilisant un multiplexeur optique $\times 4$, le taux de répétition de la source peut être monté jusqu'à 40 GHz et les niveaux entre les différentes impulsions peuvent être ajustés. Le train alors généré est amplifié par un amplificateur à fibre dopée Erbium pour atteindre une puissance moyenne modérée typiquement comprise entre 10 et 15 mW.

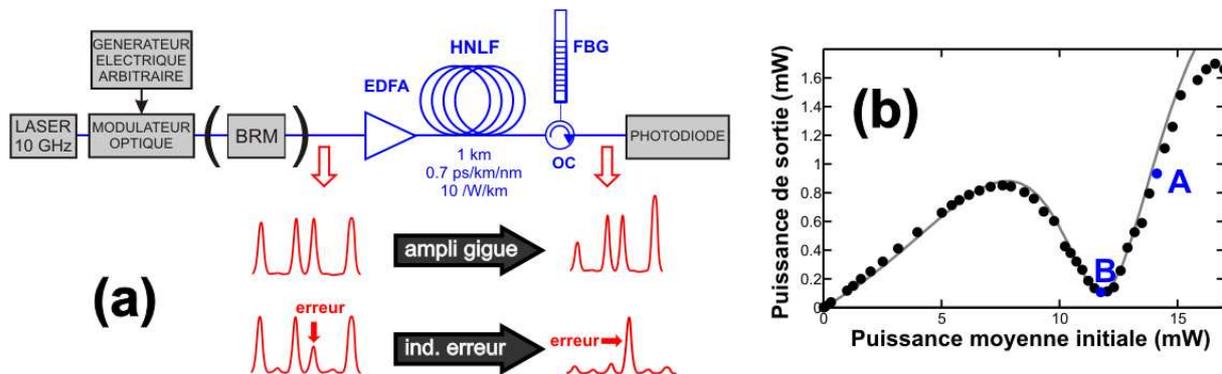


Fig. 1 : (a) Montage expérimental mis en œuvre. (b) La fonction de transfert expérimentale (cercles pleins) est comparée avec les simulations numériques de l'équation de Schrödinger non-linéaire (courbe grise).

Le traitement du signal s'effectue dans une fibre d'une longueur d'un kilomètre. La faible dispersion anormale (0.7 ps/km/nm) et la forte non-linéarité (10 /W/km) contribuent à l'élargissement spectral des impulsions par auto-modulation de phase. Un filtre optique passe-bande constitué par un réseau de Bragg fibré (avec une largeur spectrale à mi-hauteur de 200 GHz) permet de sélectionner la partie centrale du spectre élargi. Le signal peut alors être visualisé sur une photodiode.

Un élément essentiel du montage est la fonction de transfert (FT) qui relie la puissance du signal incident à la puissance du signal en sortie du dispositif (Fig. 1(a)). Grâce à des simulations numériques basées sur l'équation de Schrödinger non-linéaire, nous avons pu optimiser le choix des paramètres de façon à ce que la FT présente un comportement caractérisé par une forte oscillation. L'objectif est ainsi extrêmement éloigné de celui poursuivi dans le domaine de la régénération optique où, au contraire, une FT plate est à privilégier [2].

Suivant la puissance crête des impulsions à l'entrée du dispositif fibré, deux comportements très différents seront observés. Considérons ainsi tout d'abord un fonctionnement au point **A** (14 mW) situé au milieu d'une section croissante pouvant être approximée par sa tangente. Travailler dans ces conditions va nous permettre d'amplifier de manière significative et déterministe les fluctuations d'amplitude du train incident. Ceci se révèle particulièrement utile quand la gigue initiale du train est inférieure à la gigue apportée par le dispositif électronique de détection, ce qui compromet toute mesure fiable. Si maintenant, le point **B** (12 mW) est retenu pour le fonctionnement du dispositif, les impulsions initiales dont la puissance est voisine de ce point seront éliminées. Seront alors principalement conservées les impulsions dont la puissance est comprise entre 4 et 10 mW et qui représentent typiquement des impulsions pouvant créer une erreur de détection [3,4].

3. AMPLIFICATEUR DE GIGUE OPTIQUE D'AMPLITUDE

Nous nous concentrons dans cette section sur le fonctionnement du dispositif en tant qu'augmentateur tout optique de gigue d'amplitude. En comparant les statistiques des fluctuations enregistrées avant et après passage dans notre dispositif (Fig. 2(a) et (b)), nous constatons une augmentation d'un ordre de grandeur de l'amplitude des fluctuations qui peuvent maintenant être caractérisées sans problème avec les dispositifs électroniques habituels. Ce facteur 10 de grandissement a été calibré pour une plage de fluctuations initiales relatives allant de 0 à 5 %. Nous avons également vérifié un point essentiel, à savoir que le dispositif, grâce à la linéarité de la FT au voisinage de la puissance de fonctionnement, conserve à l'identique la forme de la distribution statistique des fluctuations (Fig. 2(a) et (b)). Autrement dit, nous pouvons ainsi avoir accès non seulement à l'écart type caractéristique de la gigue d'amplitude, mais également au détail de la statistique. La grande sensibilité de notre montage est également illustrée Fig. 2(c). Un multiplexeur temporel permet de multiplier le taux de répétition par 4, les niveaux des canaux temporels étant visuellement égalisés à l'oscilloscope. Mais après passage dans le dispositif, les différences entre les canaux sont bien plus prononcées ce qui permet d'ajuster très finement le niveau des impulsions.

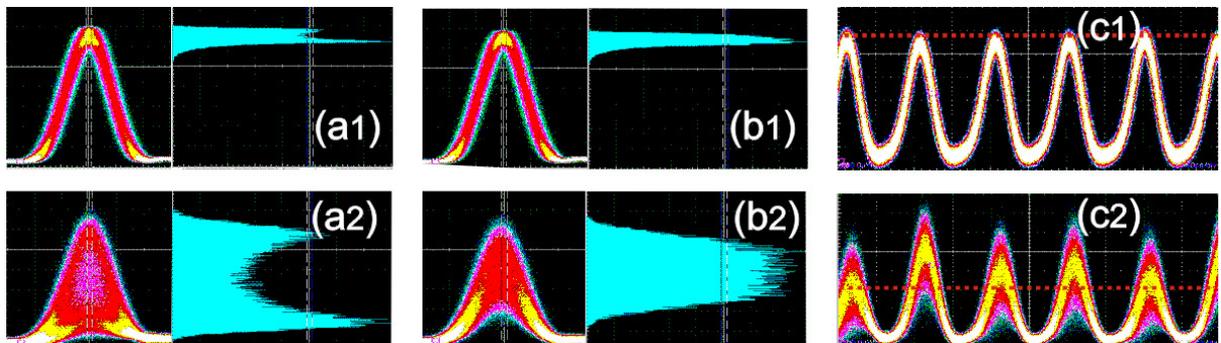


Fig. 2 : Signal avant et après le dispositif (respectivement sous-figures 1 et 2) fonctionnant à une puissance moyenne de 14 mW. (a) Diagramme de l'œil et analyse statistique d'un signal avec une gigue due à une surmodulation sinusoidale (a) ou triangulaire (b). (c) Diagramme de l'œil d'un train à 10 GHz multiplexé optiquement à 40 GHz.

4. MISE EN ÉVIDENCE D'ERREURS

Intéressons-nous maintenant au fonctionnement du dispositif pour une puissance injectée de 12 mW. Il permet alors de souligner l'existence de pulses pouvant conduire à des erreurs potentielles de détection (Fig. 3). En jouant sur le niveau des impulsions constituant la séquence multiplexée temporellement, nous avons pu créer ainsi des erreurs potentielles qui sont efficacement mises en avant après le montage non-linéaire.

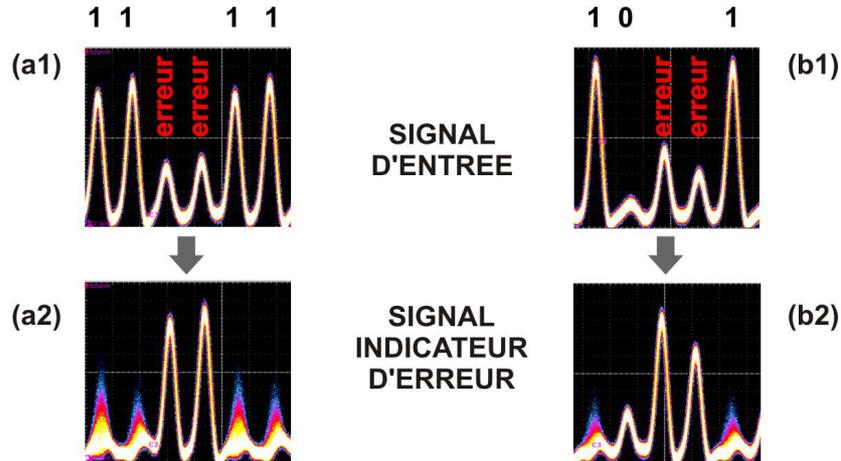


Fig. 3 : Signal avant et après le dispositif (respectivement sous-figures 1 et 2) fonctionnant à une puissance moyenne de 12 mW.

CONCLUSION

Nous avons proposé l'utilisation d'un montage basé sur une fibre optique non-linéaire suivie d'un filtre optique passe-bande. L'utilisation d'une fibre avec une dispersion anormale permet de travailler avec des puissances raisonnables ne nécessitant pas l'emploi d'amplificateur haute-puissance. Le dispositif bénéficie d'un temps de réponse quasi-instantané procuré par la réponse Kerr de la silice. Il constitue ainsi une alternative pour la mesure de faibles gigas d'amplitude plus facile à mettre en place que les techniques basées sur l'analyse du signal radio-fréquence ou du signal d'autocorrélation [5,6].

REMERCIEMENTS

Cette recherche a été soutenue par l'Agence Nationale de la Recherche (projet FUTUR – ANR-06-TCOM-016, projet PERSYST 2 – ANR-07-TCOM-014) et par le Conseil Régional de Bourgogne.

RÉFÉRENCES

- [1] Z. Pan, C. Yu, and A. E. Willner, "Optical performance monitoring for the next generation optical communication networks," *Opt. Fiber. Technol.*, vol. 16, p. 20, 2010.
- [2] M. Asobe, A. Hirano, Y. Miyamoto, K. Sato, K. Hagimoto, and Y. Yamabayashi, "Noise reduction of 20 Gbit/s pulse train using spectrally filtered optical solitons," *Electron. Lett.*, vol. 34, p. 1135, 1998.
- [3] S. Oda and A. Maruta, "Two-bit all-optical analog-to-digital conversion by filtering broadened and split spectrum induced by soliton effect or self-phase modulation in fiber.," *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.*, vol. 12, p. 307, 2006.
- [4] Z. Zhang, X. Zhou, R. Liang, Z. Qin, and Y. Liu, "An all-optical bit-error indicating scheme based on self-phase modulation and filtering," *Opt. Commun.*, vol. 282, p. 3163, 2009.
- [5] J. Fatome et al., "All-optical measurements of background, amplitude, and timing jitters for high speed pulse trains or PRBS sequences using autocorrelation function," *Opt. Fiber. Technol.*, vol. 14, p. 84, 2007.
- [6] D. Von der Linde, "Characterization of the noise in continuously operating mode-locked lasers," *Appl. Phys. B*, vol. 39, p. 201, 1986.