



HAL
open science

Dispositif fibré pour la détection de faibles fluctuations d'intensité d'impulsions ultracourtes

Charles-Henri Hage, Bertrand Kibler, Christophe Finot

► **To cite this version:**

Charles-Henri Hage, Bertrand Kibler, Christophe Finot. Dispositif fibré pour la détection de faibles fluctuations d'intensité d'impulsions ultracourtes. 30^{èmes} Journées Nationales de l'Optique Guidée, Jul 2011, Marseille, France. pp.221-223. hal-00607462

HAL Id: hal-00607462

<https://hal.science/hal-00607462>

Submitted on 8 Jul 2011

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 FIBRE POUR LA DETECTION DE FAIBLES FLUCTUATIONS D'INTENSITE D'IMPULSIONS ULTRACOURTES

Charles Henri Hage, Bertrand Kibler, Christophe Finot

Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, UMR CNRS-UB 5209, Dijon, France

christophe.finot@u-bourgogne.fr

RÉSUMÉ

Nous présentons ici un dispositif fibré permettant d'exacerber les fluctuations d'intensité d'un train d'impulsions ultracourtes afin de faciliter leur détection. En exploitant l'effet Raman qui induit le décalage fréquentiel de ces impulsions suivi d'un filtrage passe-haut, nous montrons ainsi qu'il est possible de multiplier d'un facteur 13 les fluctuations du train initial.

MOTS-CLEFS : *optique non-linéaire, fibres optiques, traitement du signal tout-optique*

1. INTRODUCTION

Détecter de faibles variations de puissance avec un dispositif simple à mettre en œuvre présente un enjeu important pour de nombreuses applications telles que la caractérisation de la stabilité de sources optiques et la détection dans les applications bio-photoniques. Si des solutions ont d'ores et déjà prouvé leur efficacité comme la détection synchrone ou bien l'analyse radio-fréquence, elles requièrent néanmoins l'utilisation d'instruments spécifiques et onéreux. Dans ce contexte, les effets non-linéaires agissant dans une fibre optique monomode peuvent constituer une solution efficace et simple. Nous avons ainsi récemment proposé d'exploiter l'auto-modulation de phase subie par des impulsions picosecondes aux longueurs d'onde des télécommunications optiques [1].

Nous discutons dans cette contribution une nouvelle configuration mettant en jeu l'effet d'auto-décalage Raman d'une impulsion femtoseconde évoluant dans une fibre microstructurée. Après avoir présenté le principe de notre méthode et le montage expérimental associé, nous décrivons de quelle manière la distribution statistique des puissances peut être affectée et donnerons quelques résultats mettant en évidence la possibilité d'améliorer les marges de détection.

2. PRINCIPE ET MONTAGE EXPERIMENTAL

Le principe de notre amplificateur de gigue d'intensité est illustré par la figure 1 et s'appuie sur une relation entre la puissance d'entrée et de sortie du dispositif qui ne doit pas être proportionnelle. Ainsi, si la fonction de transfert de l'élément considéré possède une section pouvant être considérée comme linéaire sur un certain intervalle de puissance et que l'ordonnée à l'origine de ce segment linéaire est différent de 0 (voir par exemple Fig. 1, la fonction de transfert B), alors le dispositif sera en mesure d'augmenter les fluctuations du signal par rapport à sa valeur moyenne.

Le problème réside avant tout dans l'obtention d'une telle fonction de transfert. La solution démontrée en [1] avait permis de valider la pertinence de ce concept pour mesurer précisément différentes distributions statistiques. Nous exploitons ici le décalage spectral affectant une impulsion ultracourte évoluant dans une fibre à dispersion anormale [2, 3]. Plus précisément, nous considérons un train d'impulsions délivré par un oscillateur femtoseconde à modes bloqués (taux de répétition 48 MHz, durée des impulsions de 190 fs) à une longueur d'onde de 1035 nm. La puissance injectée dans une fibre microstructurée (fibre hautement non-linéaire possédant un zéro de dispersion à 710 nm) est contrôlée par un modulateur électro-optique et peut être variée à une cadence de plusieurs centaines de kHz. Notons que le décalage fréquentiel subi par les impulsions

par effet Raman (intra-impulsion) est proportionnel à leur intensité (puissance crête) [2]. En sortie du dispositif, un filtre passe-haut (longueur de coupure à 1200 nm) permet de réaliser le seuillage attendu : seules les impulsions ayant une puissance crête initiale suffisante subiront le décalage spectral requis pour atteindre la partie passante du filtre. Le signal filtré est finalement détecté sur une photodiode reliée à un oscilloscope usuel qui permettra de mesurer les fluctuations en intensité de ce signal. Le dispositif expérimental est représenté par le schéma de la figure 2a.

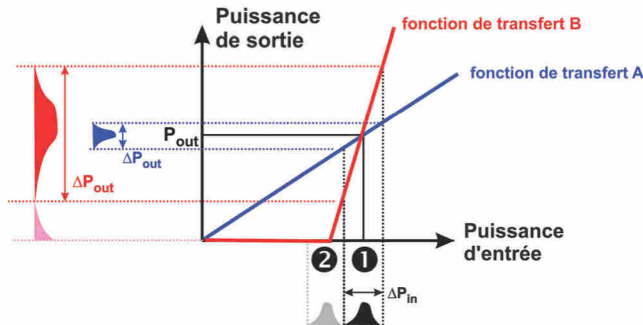


Fig. 1 : Principe du dispositif.

3. RESULTATS EXPERIMENTAUX

La fonction de transfert enregistrée expérimentalement est représentée sur la figure 2 et montre une forme en très bon accord avec les besoins de notre dispositif : un seuil marqué autour de 7 mW de puissance initiale suivi d'une section linéaire ayant une pente élevée entre 8 et 8.8 mW. Nous pouvons en déduire que pour des fluctuations initiales de $\pm 5\%$ autour d'une puissance moyenne de 8.4 mW (correspondant à une puissance crête de 890 W), une amplification d'un facteur 13 peut être espérée. La gamme de puissances initiales utilisables est limitée par la saturation de la fonction de transfert observée pour des puissances supérieures à 10 mW. Notons que par rapport à la solution présentée dans [1], cette nouvelle configuration présente beaucoup moins d'oscillations dans la fonction de transfert.

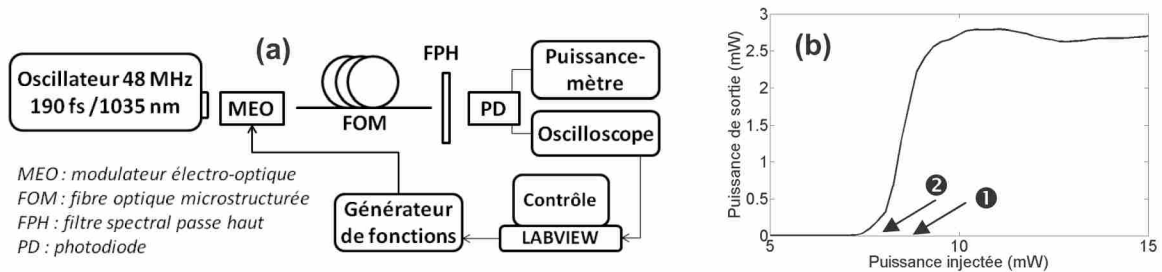


Fig. 2 : (a) Dispositif expérimental. (b) Fonction de transfert expérimentale : puissance moyenne en sortie après filtrage spectral en fonction de la puissance injectée.

Pour vérifier la capacité de notre dispositif à amplifier les fluctuations, nous avons tout d'abord appliqué sur le train initial une fluctuation aléatoire avec une distribution de bruit blanc gaussien d'écart-type de 3 %, par l'intermédiaire du modulateur électro-optique commandé par un générateur arbitraire électrique. La distribution statistique enregistrée après filtrage et le diagramme de l'œil correspondant sont représentés Fig. 3a pour un fonctionnement à la puissance de travail. La forme gaussienne est conservée et un facteur d'agrandissement de 13 a pu être démontré. Des analyses complémentaires menées avec des rampes de tension ont permis de retrouver ce facteur.

Les résultats de la Fig. 3b montrent l'importance de la puissance de travail utilisée. Ainsi, avec une puissance moindre (point de fonctionnement ② proche du seuil du dispositif, voir également Fig. 1), nous constatons que la distribution statistique est significativement déformée avec notamment des événements intenses qui deviennent plus fréquents. Ceci confirme le rôle

délicat que peut jouer l'étage de filtrage spectral d'impulsions décalées en longueurs d'ondes dans l'observation de statistiques extrêmes [4].

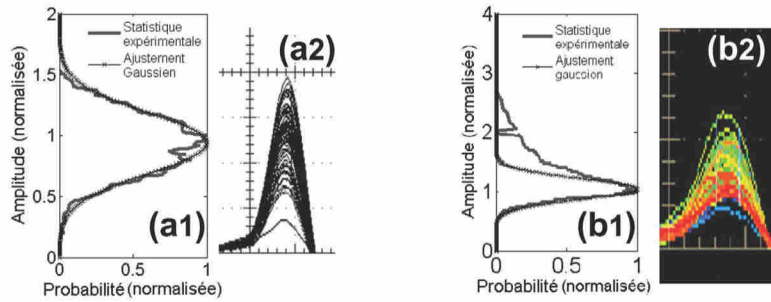


Fig. 3 : Statistiques en énergie (sous-figures 1) et diagrammes de l'œil associés (sous-figures 2) des impulsions décalées spectralement après filtrage spectral. Les résultats obtenus à la puissance de fonctionnement ❶ permettant une dilatation des fluctuations (sous-figures a) sont comparés aux résultats obtenus à la puissance de fonctionnement ❷.

Nous avons complété cette étude préliminaire en appliquant non plus des fluctuations aléatoires mais des variations relatives de 8 % entre deux niveaux (la séquence utilisée est représentée dans l'encadré de la Fig. 4). Le signal enregistré en sortie de notre dispositif (Fig. 4) permet de clairement discerner les deux niveaux et l'espacement mesuré (66 %) est en accord avec les résultats précédents.

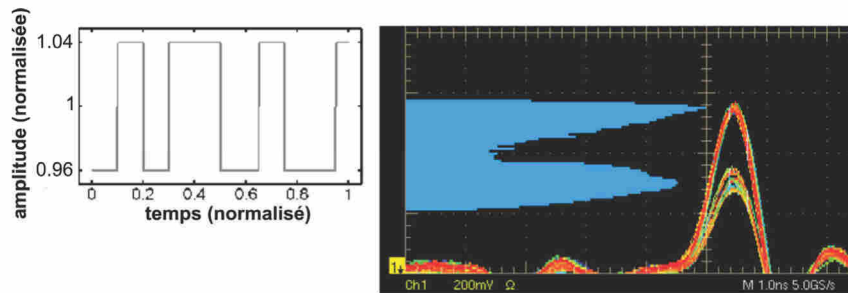


Fig. 4 : Niveaux observés en sortie du dispositif après filtrage spectral du soliton décalé : diagramme de l'œil et statistiques associées. La séquence initiale est représentée en encadré et la puissance de travail est ❶.

CONCLUSION

Nous avons démontré expérimentalement une nouvelle configuration simple à mettre en œuvre qui permet d'accroître les faibles fluctuations d'un signal afin d'en faciliter la détection. Basé sur le filtrage spectral d'une impulsion ultra-brève décalée spectralement dans une fibre microstructurée à dispersion anormale, notre dispositif présente une fonction de transfert caractérisée par un seuil marqué suivi d'une section linéaire à forte pente. De telles propriétés rendent possibles l'accroissement par un ordre de grandeur des variations relatives de la puissance crête. Des mesures menées sur des signaux subissant des variations aléatoires ou bien déterministes de quelques % ont confirmé la validité de ce concept.

RÉFÉRENCES

- [1] C. Finot and J. Fatome, "All optical fiber-based ultrafast amplitude jitter magnifier", *Opt. Expr.*, vol. 18, pp. 18697-18702, 2010.
- [2] F. M. Mitschke and L. F. Mollenauer, "Discovery of the soliton self-frequency shift", *Opt. Lett.*, vol. 11, pp. 659-661, 1986.
- [3] C.-H. Hage *et al.*, "Optimisation de la densité spectrale d'énergie obtenue par auto-décalage fréquentiel Raman dans une fibre microstructurée", *JNOG Besançon*, 2010.
- [4] M. Erkintalo, G. Genty, J. M. Dudley, "On the statistical interpretation of optical rogue waves", *Eur. Phys. J. Spetial Topics*, vol. 185, pp. 135-144, 2010.