



**HAL**  
open science

# Impact d'une modulation de phase anti-Brillouin sur la génération d'un train d'impulsions picosecondes dans une fibre optique

Stéphane Pitois, Christophe Finot, Julien Fatome, Michel Lintz

► **To cite this version:**

Stéphane Pitois, Christophe Finot, Julien Fatome, Michel Lintz. Impact d'une modulation de phase anti-Brillouin sur la génération d'un train d'impulsions picosecondes dans une fibre optique. 27èmes Journées Nationales de l'Optique Guidée, Oct 2008, Lannion, France. pp.371-373. hal-00469992

**HAL Id: hal-00469992**

**<https://hal.science/hal-00469992>**

Submitted on 4 Apr 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.

# IMPACT D'UNE MODULATION DE PHASE ANTI-BRILLOUIN SUR LA GENERATION D'UN TRAIN D'IMPULSIONS PICOSECONDES DANS UNE FIBRE OPTIQUE

S. Pitois<sup>1</sup>, C. Finot<sup>1</sup>, J. Fatome<sup>1</sup>

M. Lintz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut Carnot de Bourgogne (ICB), UMR-CNRS 5209, Université de Bourgogne,  
9 av. Alain Savary, 21078 Dijon, France

<sup>2</sup> Observatoire de la Côte d'Azur, ARTEMIS, UMR OCA/CNRS 6162,  
06304 Nice

Stephane.Pitois@u-bourgogne.fr

## RESUME

Dans ce travail, nous mettons en évidence l'influence d'une modulation de phase anti-Brillouin sur la gigue temporelle d'un train d'impulsions picosecondes généré par compression non-linéaire d'un battement sinusoïdal au sein d'une fibre optique. Nous proposons notamment une configuration permettant de réduire significativement cette gigue.

**MOTS-CLEFS :** Brillouin, impulsions picosecondes, fibres optiques, compression non-linéaire

## 1. INTRODUCTION

La compression non-linéaire d'un battement sinusoïdal dans une fibre optique est une méthode simple et efficace pour générer des trains d'impulsions picosecondes à très haut débit. Cette technique a été appliquée avec succès dans divers travaux antérieurs pour générer des trains d'impulsions pico- et femto-secondes à des débits allant de 20 GHz à 1 THz [1-3]. Dans la plupart des expériences, le battement est obtenu en superposant deux lasers continus séparés en fréquence du taux de répétition souhaité. Après amplification, ce battement est alors injecté dans une ou plusieurs fibres optiques afin de subir une compression temporelle sous l'action combinée de la non-linéarité Kerr et de la dispersion chromatique. Afin d'éviter la rétro-diffusion Brillouin, une modulation de phase de quelques dizaines de MHz est en général appliquée au battement sinusoïdal avant son injection dans la fibre optique [4]. Dans ce travail, nous mettons en évidence l'impact de cette modulation de phase basse cadence sur les propriétés temporelles des trains d'impulsions générés par deux types de compresseurs différents.

## 2. MODELE THEORIQUE

Nous considérons les deux types de compresseurs représentés sur la Fig. 1. Le premier étage est commun aux deux montages : un battement sinusoïdal est tout d'abord généré en superposant à l'aide d'un coupleur fibré 50/50, deux ondes continues décalées en fréquence. Cet écart en fréquence définit le taux de répétition du train d'impulsions qui sera généré (typiquement 20 GHz). Le battement traverse alors un modulateur de phase qui a pour but d'élargir le spectre des lasers afin de s'affranchir de la rétro-diffusion Brillouin. La fréquence typique de modulation est de quelques dizaines de MHz. Le deuxième étage comprend la ou les fibres de compression. Dans la configuration à une seule fibre (Fig. 1(a)), le battement sinusoïdal est directement comprimé en un train d'impulsions Gaussiennes grâce aux effets combinés de la non-linéarité Kerr et de la dispersion chromatique anormale de la fibre. La configuration à deux fibres (Fig. 1(b)) comprend une première fibre en régime de dispersion normale qui permet de transformer le battement en un train d'impulsions de forme parabolique et à dérive de fréquence linéaire. Une forte compression

des impulsions est alors obtenue dans la deuxième fibre par compensation de cette dérive de fréquence en régime de dispersion anormale.

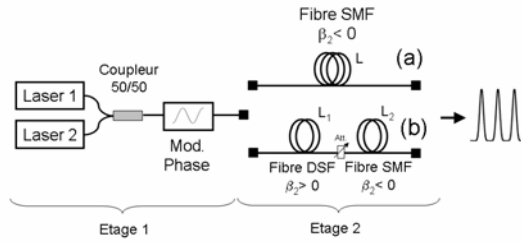


Fig. 1 : Schémas de principe de deux compresseurs à fibres optiques avec une modulation de phase anti-Brillouin. (a) : configuration à une fibre, (b) : configuration à deux fibres.

Configuration 1 Fibre :	Configuration 2 Fibres :
$L = 8800\text{m}$	$L_1 = 5000\text{m}$
$\beta_2 = -0.02 \text{ ps}^2/\text{m}$	$\beta_2 = 0.0032 \text{ ps}^2/\text{m}$
$A_{\text{eff}} = 80 \mu\text{m}^2$	$A_{\text{eff}} = 50 \mu\text{m}^2$
	$L_2 = 1850\text{m}$
	$\beta_2 = -0.02 \text{ ps}^2/\text{m}$
	$A_{\text{eff}} = 80 \mu\text{m}^2$

Tab. 1 : Paramètres des fibres pour les deux configurations représentées sur la figure 1.

L'objectif de ce travail est de mettre en évidence l'influence de la modulation de phase anti-Brillouin sur les propriétés temporelles du train d'impulsions généré. Pour cela, écrivons dans un premier temps le champ électrique après le modulateur de phase (fréquence de modulation  $\Omega_M$ ) :

$$E_1 = E_0 \exp(i M \sin(\Omega_M t)) = E_0 \left[ \sum_{k=0}^{\infty} J_k(M) e^{ik\Omega_M t} + \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k J_k(M) e^{-ik\Omega_M t} \right] \quad (1)$$

où  $E_0 = [A_1 \exp(-i \Omega_0 t / 2) + A_2 \exp(i \Omega_0 t / 2)] \exp(-i \omega t)$  représente le battement sinusoïdal obtenu par la superposition de deux ondes continues séparées en fréquence d'une valeur  $\Omega_0$ .  $J_k$  est la fonction de Bessel d'ordre  $k$  et  $M$  la profondeur de modulation. La deuxième formulation, sous la forme d'une somme de fonctions de Bessel, fait clairement apparaître la répartition de l'énergie incidente sur un ensemble de raies spectrales. C'est précisément cette diminution de l'énergie par bande spectrale qui permet d'augmenter le seuil d'apparition de la rétro-diffusion Brillouin [3]. La contrepartie de cette méthode est que, lors de la propagation dans la ou les fibres optiques, la modulation de phase de l'onde lumineuse induit une modulation de la période du train d'impulsions généré. Nous pouvons en effet montrer qu'il apparaît en sortie de fibre une gigue temporelle dont l'amplitude totale est donnée :

$$\Delta T_0 = 2 \int_{z=0}^L \left[ \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)!} \beta_{2n}(z) (M \Omega_M)^{2n-1} \right] dz, \quad (2)$$

Où  $\beta_n(z)$  est la dispersion locale de vitesse de groupe d'ordre  $n$ . En ne retenant que la contribution de la dispersion chromatique d'ordre 2, nous obtenons que la variation maximale de période peut s'écrire sous la forme :

$$\Delta T_0 = 2 M \Omega_M \int_{z=0}^L \beta_2(z) dz, \quad (3)$$

où  $L$  est la longueur totale de fibre du compresseur ( $L = L_1 + L_2$  pour la configuration à 2 fibres). Cette formule nous indique que la gigue temporelle est directement proportionnelle à la dispersion cumulée du compresseur. Nous pouvons donc nous attendre à ce que la configuration à deux fibres, qui possède une dispersion cumulée de  $-21 \text{ ps}^2$  soit moins sensible à la modulation de phase (en terme de fluctuations de la période temporelle) que la configuration à une fibre pour laquelle la dispersion cumulée atteint une valeur de  $160 \text{ ps}^2$ .

### 3. RESULTATS NUMERIQUES

Cette propriété importante est illustrée sur la figure 2 : l'évolution de la gigue temporelle des impulsions en sortie du compresseur est représentée en fonction de la profondeur de modulation pour les deux configurations et pour une fréquence de modulation de 78.125 MHz. L'estimation donnée par la formule théorique (3) est en très bon accord avec la gigue obtenue par simulations numériques. Cette figure confirme que la configuration à deux fibres qui possède la plus faible dispersion cumulée permet de minimiser fortement la gigue temporelle. Ce résultat est également visible sur les diagrammes de l'œil de la figure 3 : avec une profondeur de modulation  $M=10\pi$ , les fluctuations de la période temporelle apparaissent beaucoup plus importantes pour la configuration à une seule fibre (Fig. 3b) que pour le montage à deux fibres (Fig. 3d).

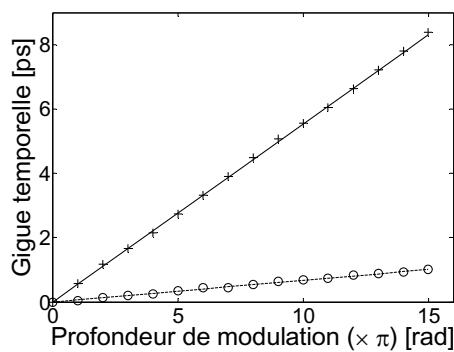


Fig. 2 : Evolution de la gigue temporelle en fonction de la profondeur de modulation pour la configuration à une fibre (trait plein : analytique, croix : simulations numériques) et la configuration à deux fibres (trait pointillé : analytique, cercles : simulations numériques).

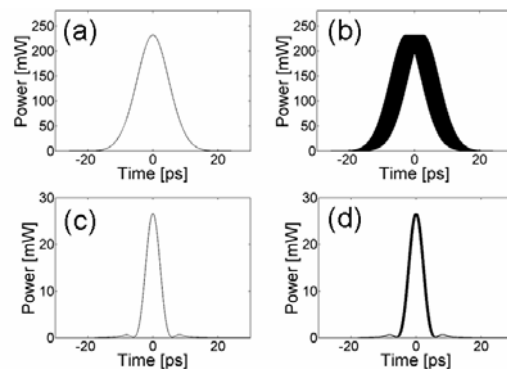


Fig. 3 : Diagrammes de l'œil des impulsions en sortie de compresseur. Configuration à 1 fibre : (a) sans modulation de phase, (b) avec une modulation de phase de  $M=10\pi$ . Configuration à 2 fibres : (c) sans modulation de phase, (d) avec une modulation de phase de  $M=10\pi$ .

### 4. CONCLUSION

Dans cette contribution, nous mettons en évidence l'influence de la modulation de phase anti-Brillouin sur les propriétés temporelles d'un train d'impulsions généré par compression non-linéaire d'un battement sinusoïdal dans une fibre optique. Nous montrons en particulier que la gigue temporelle du train généré est directement proportionnelle à la dispersion cumulée des fibres formant le compresseur. Ce résultat souligne l'importance du choix du type de compresseur pour des applications nécessitant des sources d'impulsions avec une très faible gigue temporelle.

*Ce travail est soutenu par l'Agence Nationale pour la Recherche (Projet ILIADÉ)*

### RÉFÉRENCES

- [1] J. Fatome *et al*, IEEE J. Quant. Electron. **42**, 1038 (2006).
- [2] S. Pitois *et al*, Opt. Lett. **27**, 1729 (2002).
- [3] S. Pitois *et al*, Opt. Comm. **260**, 301 (2006).
- [4] G. P. Agrawal, *Nonlinear Fiber Optics*, 3th Ed (Academic Press, Boston, 2001).