



HAL
open science

Doublement d'impulsion dans une fibre à dispersion oscillante

Christophe Finot, Stefan Wabnitz

► **To cite this version:**

Christophe Finot, Stefan Wabnitz. Doublement d'impulsion dans une fibre à dispersion oscillante. Optique Bretagne 2015, 35ième Journées Nationales de l'Optique Guidée, SFO, Jul 2015, Rennes, France. pp.229. hal-01158226

HAL Id: hal-01158226

<https://hal.science/hal-01158226>

Submitted on 17 Jul 2015

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.

DOUBLEMENT D'IMPULSION DANS UNE FIBRE OPTIQUE A DISPERSION OSCILLANTE

Christophe Finot¹ et Stefan Wabnitz²

¹ *Laboratoire Interdisciplinaire Carnot Bourgogne, 2178 Dijon, France*

² *Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università degli Studi di Brescia, 25123Brescia, Italy*

christophe.finot@u-bourgogne.fr

RÉSUMÉ

En exploitant une fibre à dispersion oscillante fonctionnant au point d'éclatement spectral des bandes de gain, nous montrons numériquement qu'il est possible de créer à partir d'une impulsion pompe un doublet de deux impulsions picosecondes avec un délai les séparant pouvant être ajusté sur une large plage.

MOTS-CLEFS : *fibre à dispersion oscillante, optique non-linéaire, traitement du signal optique*

1. INTRODUCTION

Les fibres dont la dispersion varie longitudinalement de manière périodique présentent des caractéristiques très différentes des fibres usuelles à dispersion fixe. Elles ont ainsi récemment stimulé un intérêt expérimental marqué, notamment par rapport aux propriétés originales des bandes d'instabilité de modulation qui peuvent s'y développer grâce à un quasi-accord de phase [1; 2; 3] : des bandes de gain irrégulièrement espacées peuvent ainsi croître symétriquement de part et d'autre de la pompe et cela même en régime de dispersion moyenne normale. D'autres spécificités ont été démontrées comme la fission spectrale des bandes de gain en plusieurs branches en régime de forte modulation de la dispersion (i.e. lorsque l'amplitude de modulation est grande par rapport à la valeur moyenne de la dispersion) [4]. Cette propriété a été récemment confirmée expérimentalement dans une fibre hautement non-linéaire adaptée à une utilisation aux longueurs d'onde des télécommunications optiques [5].

Dans cette contribution, nous montrons numériquement que travailler avec une pompe impulsionnelle proche du point de fission spectrale peut conduire à la génération d'un doublet dont le délai entre les deux sous-impulsions peut facilement être varié sur une large plage par ajustement de la puissance de pompe.

2. MODÈLE ET PARAMÈTRES UTILISÉS

La propagation dans une fibre optique à dispersion oscillante peut être modélisée par l'équation de Schrödinger non-linéaire :

$$i \frac{\partial \psi}{\partial z} - \frac{\beta_2(z)}{2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} + \gamma |\psi|^2 \psi = 0$$

avec γ le coefficient non-linéaire, ψ le champ optique complexe, z et t les variables spatiales et temporelles et $\beta_2(z)$ la dispersion du second ordre variant longitudinalement suivant :

$$\beta_2(z) = \beta_{2av} + \beta_{2amp} \sin(2\pi z / \Lambda)$$

où Λ est la période spatiale, β_{2av} la dispersion moyenne et β_{2amp} l'amplitude des fluctuations de la dispersion. Dans le cadre de ces simulations numériques, nous considérons une fibre dont les paramètres sont inspirés de ceux utilisés pour la démonstration expérimentale de la fission de bandes de gain [5] : $\beta_{2amp} = 2 \text{ ps}^2/\text{km}$, $\gamma = 10 \text{ /W/km}$, $\beta_{2av} = 0.1 \text{ ps}^2/\text{km}$ et $\Lambda = 20\text{m}$. Cette fibre de 400m de longueur n'est pas pompée par une onde continue mais par une impulsion longue de plusieurs centaines de picosecondes. Le détail de l'impulsion utilisée influe alors le spectre de sortie [6]. Le gain généré spontanément dans cette fibre est illustré par la figure 1 où l'on distingue la

présence de plusieurs branches pour la première bande de gain. Le processus d'instabilité est ensuite stimulé par l'adjonction d'un germe continu de quelques μW décalé de 7.6 THz par rapport à la longueur d'onde centrale de la pompe utilisée.

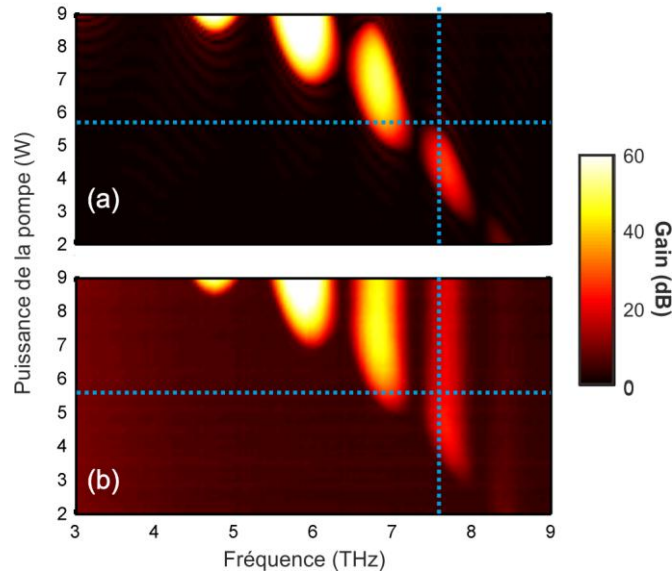


Fig. 1 : Évolution du profil de gain de la première bande d'instabilité à quasi-accord de phase. L'évolution des différentes branches dans le cas d'une pompe continue (panneau a) est comparée à celle obtenue dans le cadre d'un pompage par une impulsion gaussienne ayant une largeur à mi-hauteur de 400 ps (panneau b).

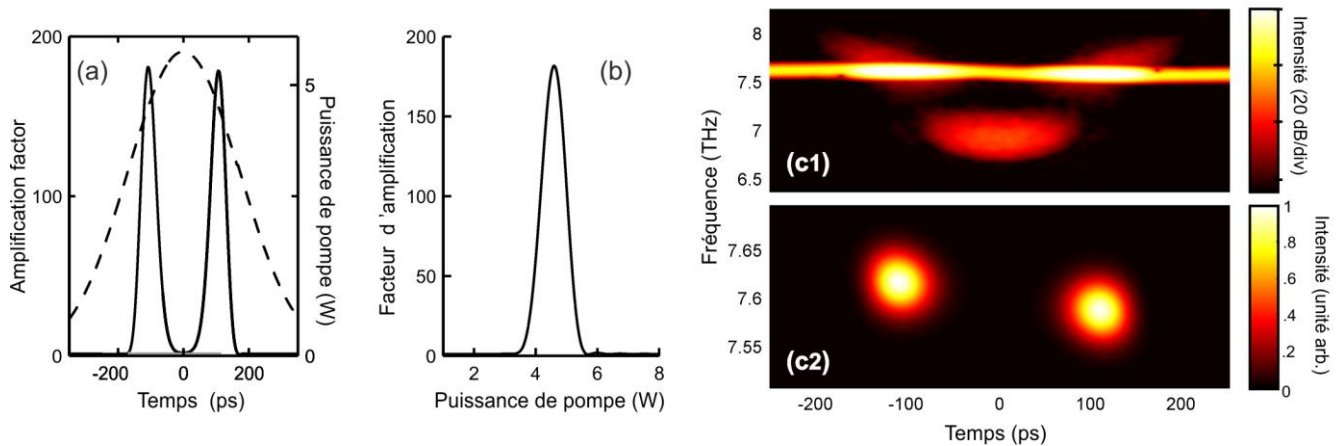


Fig. 2 : (a) Profil d'intensité temporel du germe amplifié après propagation dans la fibre à dispersion oscillante (courbe continue noire) comparé au profil de la pompe (tirets). (b) Facteur d'amplification paramétrique en fonction de la puissance instantanée de la pompe. (c) Spectrogramme du doublet obtenu.

3. RÉSULTATS

La figure 2(a) représente le profil temporel de la pompe et du germe amplifié. Nous constatons alors que la pompe a généré une impulsion dans son front montant et une autre dans son front descendant. Les deux structures de quelques dizaines de picosecondes sont espacées de 200 ps lorsque la pompe a une puissance crête de 5.6 W. La formation de ces deux sous-impulsions est consistante avec le comportement de filtre sélectif en intensité que possède le système. La fonction de transfert représentée figure 2(b) souligne effectivement le fait qu'en raison du phénomène de fission spectrale de la bande de gain, seule une bande étroite de puissance contribue à l'amplification du germe. Le spectrogramme de la figure 2(c) montre quant-à-lui que les deux

impulsions sont légèrement décalées spectralement en raison de la modulation de phase croisée de la pompe sur le germe amplifié.

4. INFLUENCE DE LA PUISSANCE INITIALE

L'écart temporel entre les deux impulsions peut continuellement être modifié en jouant sur la puissance crête des impulsions gaussiennes de pompe, comme le montrent les figures 3(a1) et 3(b). La durée temporelle peut également être ajustée (figure 3(c)). Dans ce processus, la forme de l'impulsion de pompe a son importance. Ainsi, si l'on substitue à l'impulsion gaussienne une impulsion avec des flancs plus raides (comme dans l'exemple de la figure 3(a2) avec une impulsion supergaussienne), la plage de variations du délai sera plus étroite et les impulsions générées significativement plus brèves.

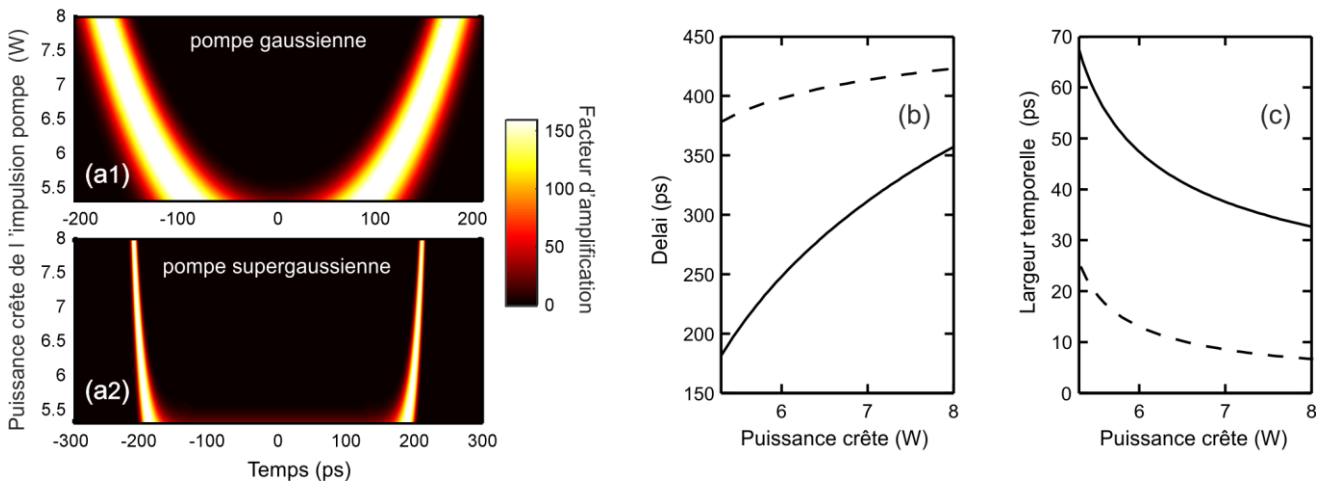


Fig. 3 : Évolution des caractéristiques du doublet obtenu en fonction de la puissance crête de l'impulsion pompe : (a) évolution du profil temporel, (b) évolution de la séparation temporelle des deux impulsions et (c) durée temporelle à mi-hauteur des impulsions. Les résultats obtenus à partir d'une pompe gaussienne (panneau a1, courbes noires continues) sont comparés à ceux obtenus par une pompe super-gaussienne (panneau a2, courbes pointillées)

CONCLUSION

Nous avons montré numériquement que la fission spectrale de la bande de gain observée dans une fibre à dispersion oscillante pouvait être exploitée pour générer un doublet d'impulsions picosecondes à partir d'une pompe de plusieurs centaines de picosecondes. L'écart temporel entre les deux impulsions est facilement contrôlable par le biais de la puissance crête sans que les impulsions générées ne subissent de fluctuations notables de leur puissance crête.

RÉFÉRENCES

- [1] N.J. Smith, and N.J. Doran, Modulational instabilities in fibers with periodic dispersion management. *Opt. Lett.* 21 (1996) 570.
- [2] M. Droques, A. Kudlinski, G. Bouwmans et al., Experimental demonstration of modulation instability in an optical fiber with a periodic dispersion landscape. *Opt. Lett.* 37 (2012) 4832-4834.
- [3] C. Finot, J. Fatome, A. Sysoliatin, A. Kosolapov, and S. Wabnitz, Competing four-wave mixing processes in dispersion oscillating telecom fiber. *Opt. Lett.* 38 (2013) 5361-5364.
- [4] C. Finot, F. Feng, Y.K. Chembo, and S. Wabnitz, Gain sideband splitting in dispersion oscillating fibers. *Opt. Fiber. Technol.* 20 (2014) 513-519.
- [5] F. Feng, P. Morin, Y.K. Chembo, A. Sysoliatin, S. Wabnitz, and C. Finot, Experimental demonstration of spectral sideband splitting in strongly dispersion oscillating fibers. *Opt. Lett.* 40 (2015) 455-458.
- [6] C. Finot, and S. Wabnitz, Influence of the pump shape on the modulation instability process induced in a dispersion oscillating fiber. *J. Opt. Soc. Am. B* 32 (2015) 892-899.