



HAL
open science

Génération d'onde stokes du second ordre et effet laser dans une fibre optique a cœur suspendu en verre de chalcogénure AsSe

Kenny Hey Tow, Pascal Besnard, Laurent Brilland, Périne Toupin, Johann Troles, David Méchin, Denis Trégoat

► **To cite this version:**

Kenny Hey Tow, Pascal Besnard, Laurent Brilland, Périne Toupin, Johann Troles, et al.. Génération d'onde stokes du second ordre et effet laser dans une fibre optique a cœur suspendu en verre de chalcogénure AsSe. Optique Marseille 2011 - 30^è Journées Nationales d'Optique Guidée (JNOG 2011), Jul 2011, Marseille, France. pp.227-229. hal-00648765

HAL Id: hal-00648765

<https://hal.science/hal-00648765>

Submitted on 6 Dec 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.

GÉNÉRATION D'UNE ONDE STOKES DU SECOND ORDRE ET EFFET LASER DANS UNE FIBRE OPTIQUE À CŒUR SUSPENDU EN VERRE DE CHALCOGÉNURE ASSE

Kenny Hey Tow^{1,2}, Pascal Besnard^{1,2}, Laurent Brilland³, Johann Troles^{1,4}, Périne Toupin^{1,4}, David Méchin³, Denis Trégoat³

¹ Université Européenne de Bretagne, Université de Rennes 1, Rennes, France

² CNRS, UMR 6082 FOTON, Enssat, 6 rue de Kerampont, BP 80518, F-22305 Lannion, France

³ PERFOS, 11 rue Louis de Broglie, 22300 Lannion

⁴ Equipe Verres et Céramiques, CNRS, UMR 6226 Sciences chimiques de Rennes, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes

heytow@enssat.fr

RÉSUMÉ

Une étude expérimentale sur les propriétés de la rétrodiffusion Brillouin stimulée dans une fibre optique à cœur suspendu en verre de chalcogénure AsSe est présentée. Avec seulement un mètre de fibre, nous générons suffisamment de gain Brillouin pour obtenir un laser à fibre monomode de type Fabry-Perot. Nous démontrons aussi la génération du second ordre Brillouin dans ces fibres avec 0,5 W de pompe.

MOTS-CLEFS : *fibre en verre de chalcogénure ; Brillouin ; laser à fibre.*

1. INTRODUCTION

La diffusion Brillouin stimulée dans les fibres optiques est un effet non-linéaire pénalisant pour les télécommunications optiques. Cependant, il est possible de tirer profit de cet effet non-linéaire dans d'autres domaines d'applications tels les lasers Brillouin ou les capteurs optiques [1, 2]. Dans cet article, nous étudions expérimentalement les propriétés de l'effet Brillouin stimulé dans une fibre à cœur suspendu en verre de chalcogénure. La forte non-linéarité de ce matériau conduit à un gain Brillouin de deux ordres de grandeur supérieur à celui d'une fibre optique en silice [3]. Cela permet de réduire considérablement la longueur de fibre utilisée pour atteindre l'effet laser.

2. GÉNÉRATION DE BRILLOUIN STIMULÉ DANS LES FIBRES À CŒUR SUSPENDU

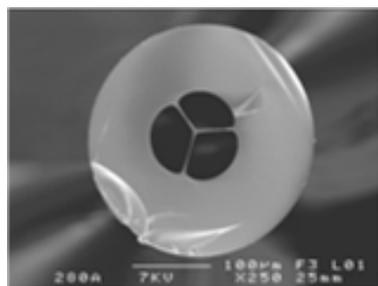


FIGURE 1 : Section transverse de la fibre à cœur suspendu

La fibre en verre de chalcogénure AsSe (figure 1) utilisée pour générer du Brillouin stimulé a été fabriquée par le duo EVC/PERFOS. Le diamètre extérieur est de 240 μm et celui du cœur est de 4 μm . Les pertes de transmission à 1,55 μm ont été mesurées à 1,5 dB/m.

Le banc décrit dans [4] a été mis en oeuvre pour déterminer les propriétés de la rétrodiffusion Brillouin. Le gain Brillouin g_B de la fibre a été calculé en utilisant la méthode décrite dans [5] afin de pouvoir comparer nos résultats avec ceux obtenus précédemment. Nous avons trouvé un seuil Brillouin à

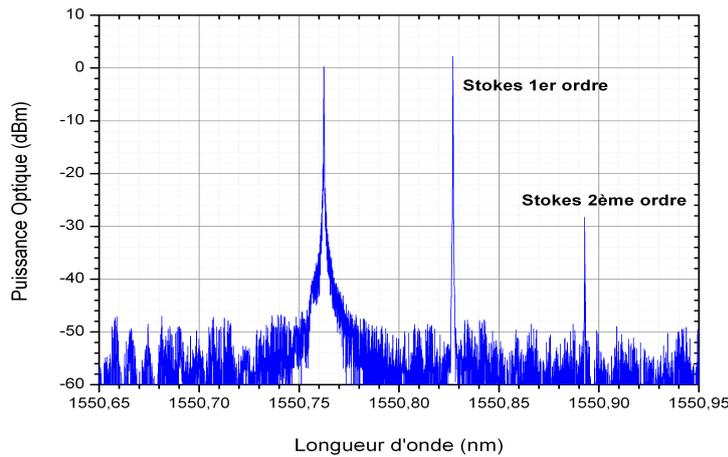


FIGURE 2 : Spectre du signal rétrodiffusé pour 1 mètre de fibre

210 mW pour un mètre de fibre. Nous retrouvons un gain Brillouin de $6 \cdot 10^{-9}$ m/W, ce qui est en accord avec les valeurs données dans [3, 5]. La figure 2 donne le spectre du signal rétrodiffusé. Le pic observé à 1550,75 nm est le signal de pompe réfléchi dû à la réflexion de Fresnel sur la face d'entrée de la fibre en chalcogénure. Nous voyons aussi une composante Stokes Brillouin décalée de 0,063 nm (-7,9 GHz) par rapport à la longueur d'onde de la pompe. En augmentant graduellement la puissance de pompe, nous observons l'apparition du second ordre Brillouin (0,126 nm) pour 27 dBm de puissance injectée ; ce qui ouvre la perspective de réaliser un laser à fibre en verre de chalcogénure fonctionnant sur le second ordre.

3. LASER À FIBRE BRILLOUIN EN VERRE DE CHALCOGÉNURE

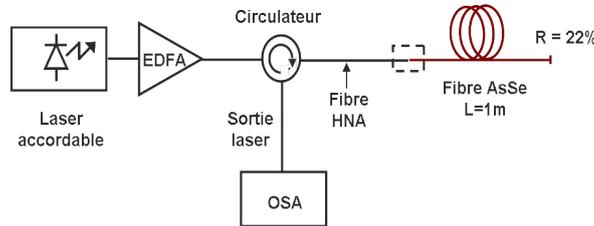


FIGURE 3 : Montage expérimental pour le laser à fibre Brillouin

Le montage expérimental pour réaliser un laser à fibre Brillouin est représenté sur la figure 3. Nous avons utilisé une fibre en verre chalcogénure d'un mètre. Une clive droite en bout de fibre permet de créer une cavité Fabry-Perot : un indice de réfraction de 2,8 générant une réflexion d'environ 22%. La pompe est réalisée grâce à un laser continu, accordable autour de 1550 nm avec une largeur spectrale de 150 kHz. Le signal de ce laser est amplifié en utilisant un amplificateur à fibre dopée Erbium (EDFA) et une fibre HNA (High Numerical Aperture) est utilisée pour injecter la lumière dans la fibre en verre de chalcogénure. Les pertes totales sont estimées à 3 dB (pertes de couplage et de transmission dans la fibre). Le spectre optique en sortie du laser est observé à l'aide d'un analyseur de spectre optique avec une résolution de 10 MHz (OSA). Ce spectre est constitué d'une onde Stokes et du signal de pompe rétrodiffusé dû à la réflexion de Fresnel. Le battement optique entre le signal de pompe et l'onde Stokes rétrodiffusée est aussi observé en utilisant une photodiode associée à un analyseur de spectre électrique. Une seule résonance est présente sur le spectre centré autour de 7,9 GHz, ce qui indique que le laser est monofréquence. La figure 4(a) illustre la puissance Stokes rétrodiffusée en fonction de la puissance de pompe injectée dans la fibre AsSe. Le seuil Brillouin est obtenu à 170 mW avec une efficacité de 4 %. Le seuil peut être abaissé et l'efficacité du laser augmentée en utilisant une longueur de fibre plus grande et en améliorant le couplage. La même expérience a été réalisée en utilisant trois mètres de fibre. On retrouve

un seuil de 40 mW et une efficacité de 31%. Nous avons mesuré la largeur de la raie Stokes rétrodiffusée en utilisant un banc de détection auto-hétérodyne [6] ayant une résolution de 40 kHz. D'après le signal en sortie de l'analyseur de spectre électrique (figure 4(b)) la largeur de raie, $\delta\nu$, vaut 65 kHz. Cette mesure est une surestimation de la largeur réelle car le laser n'est pas, pour l'instant, mis en boîtier pour le protéger des perturbations environnementales et thermiques.

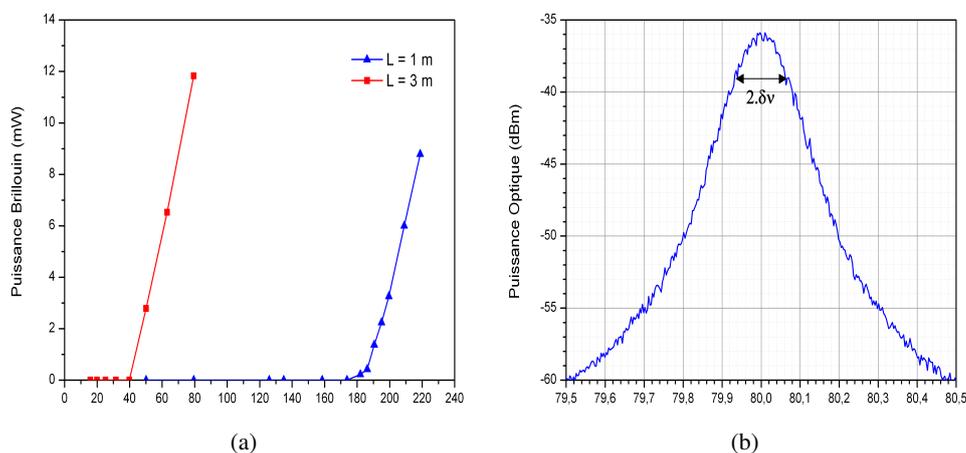


FIGURE 4 : (a) Puissance du laser Brillouin en fonction de la puissance de pompe pour un mètre et trois mètres de fibre (b) Spectre RF en sortie du banc de détection auto-hétérodyne.

CONCLUSION

Un laser à fibre Brillouin monomode a été réalisé avec un mètre de fibre à cœur suspendu en verre de chalcogénure AsSe. Le seuil laser a été mesuré à 170 mW avec une efficacité de 4%. Ces valeurs sont améliorées à 40 mW et 31% en utilisant une fibre de 3 mètres. La génération d'une onde Stokes du second ordre dans ces fibres a aussi été démontrée en pompant à 27 dBm.

Les auteurs remercient la région Bretagne pour son soutien financier au travers du projet FUI ATOS.

RÉFÉRENCES

- [1] G. Cowle and D. Stepanov, "Multiple wavelength generation with Brillouin/erbium fiber lasers," *Photonics Technology Letters, IEEE*, vol. 8, no. 11, pp. 1465–1467, 1996.
- [2] M. Nikles, L. Thévenaz, and P. Robert, "Simple distributed fiber sensor based on Brillouin gain spectrum analysis," *Optics letters*, vol. 21, no. 10, pp. 758–760, 1996.
- [3] K. Abedin, "Observation of strong stimulated Brillouin scattering in single-mode As₂Se₃ chalcogenide fiber," *Optics Express*, vol. 13, no. 25, pp. 10 266–10 271, 2005.
- [4] C. Fortier, J. Fatome, S. Pitois, F. Smektala, G. Millot, J. Troles, F. Desevedavy, P. Houizot, L. Brilland, and N. Traynor, "Experimental investigation of Brillouin and Raman scattering in a 2SG sulfide glass microstructured chalcogenide fiber," *Optics Express*, vol. 16, no. 13, pp. 9398–9404, 2008.
- [5] C. Florea, M. Bashkansky, Z. Dutton, J. Sanghera, P. Pureza, and I. Aggarwal, "Stimulated Brillouin scattering in single-mode As₂S₃ and As₂Se₃ chalcogenide fibers," *Optics Express*, vol. 14, no. 25, pp. 12 063–12 070, 2006.
- [6] L. Richter, H. Mandelberg, M. Kruger, and P. McGrath, "Linewidth determination from self-heterodyne measurements with subcoherence delay times," *Quantum Electronics, IEEE Journal of*, vol. 22, no. 11, pp. 2070–2074, 2002.