

PEIGNES DE FRÉQUENCES OPTIQUES GÉNÉRÉS PAR EFFET KERR EN CAVITÉ LASER BRILLOUIN AUTOUR DE 1,55 μm ET 2 μm

M. Deroh^{1,2}, G. Xu², H. Maillotte¹, T. Sylvestre¹, J-C. Beugnot¹, B. Kibler²

¹ Institut FEMTO-ST, UMR 6174 CNRS, Université Bourgogne Franche-Comté, Besançon, France

² Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, UMR 6303 CNRS, UBFC, Dijon, France

moise.deroh@femto-st.fr

RÉSUMÉ

Nous reportons la génération de peignes de fréquences optiques par effet hybride Brillouin/Kerr dans une cavité laser à fibre optique. Ces peignes, opérant à 1,55 μm et 2 μm , sont accordables avec des taux de répétitions allant jusqu'à plusieurs centaines de GHz. Ils pourraient trouver un intérêt applicatif notamment en spectroscopie moléculaire.

MOTS-CLEFS : *Effet Brillouin ; Effet Kerr optique ; Peigne de fréquences optiques*

1. INTRODUCTION

Les sources lumineuses cohérentes, à large bande constituées de lignes discrètes équidistantes dans le domaine fréquentiel, communément appelées peignes de fréquence optiques (OFCs), constituent un outil important pour de nombreuses applications telles que la métrologie optique, la biologie, le multiplexage en longueur d'onde (WDM), la génération de micro-ondes et la spectroscopie moléculaire [1, 2, 3]. Cette dernière application suscite un intérêt considérable, en particulier dans le domaine de l'infrarouge moyen (de 2 μm à 16 μm), car diverses molécules organiques ou non organiques, telle que le dioxyde de carbone, présentent leurs empreintes de vibrations dans cette région de longueur d'onde. Depuis plusieurs années, les OFCs sont réalisés en utilisant de nombreuses configurations [1, 4, 5].

Dans cette communication, nous présentons la génération de OFCs étendus, symétriques et accordables, basée sur les effets Brillouin et Kerr optique en cavité [4], opérant aux longueurs d'onde de 1,55 μm et 2 μm . Les traces temporelles d'auto-corrélation montrent une meilleure stabilité et un verrouillage de mode en régime de dispersion normale comparé au régime de dispersion anormale.

2. MONTAGE ET RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX À 1,55 μm ET 2 μm

La figure 1 illustre le montage expérimental utilisé pour la génération des peignes de fréquences. Deux sources lasers continues, espacées en longueur d'onde sont combinées en utilisant un coupleur à fibre (50/50) et amplifiées à l'aide d'un amplificateur à fibre dopée à l'erbium (EDFA) ou thulium (TDFA), servent comme pompes via un circulateur optique (OC). Les deux ondes Brillouin rétro-diffusées issues de la fibre sont ensuite réinjectées dans une cavité via un coupleur à fibre (99/1). 1% de la cavité laser à fibre est extraite pour l'analyse spectrale et temporelle, tandis que les 99% restantes sont réinjectées dans la cavité. Ce sont ces deux ondes Brillouin qui vont se coupler via l'effet Kerr optique et générer les peignes de fréquences par mélange à quatre ondes multiples [5]. Pour nos mesures expérimentales, nous avons utilisé deux fibres optiques hautement non linéaires (HNLF) dont les paramètres sont les suivants : Fibre 1 (zéro dispersion = 1575 nm, pertes linéaires (α) = 0.81 dB/km et coefficient non linéaire (γ) = 20 $\text{W}^{-1}.\text{km}^{-1}$, L = 380 m), Fibre 2 (zéro dispersion = 1523 nm, α = 0.81 dB/km et γ = 11 $\text{W}^{-1}.\text{km}^{-1}$, L = 1 km).

Nous avons réalisé une première série de mesure en régime de dispersion normale comme l'illustre la figure 2. Pour un espacement fréquentiel fixe entre les deux sources lasers initiales de 25 GHz (0,2 nm), nous avons fait varier la puissance optique injectée de 19 dBm à 25 dBm. La figure 2(a) montre les spectres obtenus en utilisant la fibre 1. Les peignes obtenus croissent de manière significative lorsque la puissance injectée augmente et s'étendent sur une plage de 20 nm. Nous avons accordé l'espacement fréquentiel de 12,5 GHz (0,1 nm) à 262 GHz (2,1 nm) pour une puissance fixe. La plage spectrale des

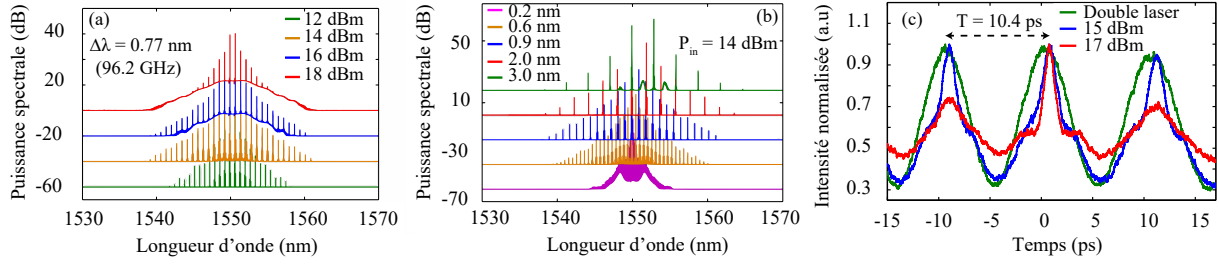


FIGURE 3 : (a) Dépendance du peigne Kerr généré en fonction de la puissance à décalage fréquentiel fixe. (b) Peigne Kerr généré en fonction de l'accordabilité de l'espacement fréquentiel à puissance injectée fixe. (c) Trace temporelle d'auto-corrélation pour un écart de 96,2 GHz.

nombreuses comparées aux peignes à $1,55 \mu\text{m}$. Cela pourrait être lié à la forte dispersion anormale à la longueur d'onde d'excitation de $2 \mu\text{m}$ qui limite fortement la génération des peignes de fréquences.

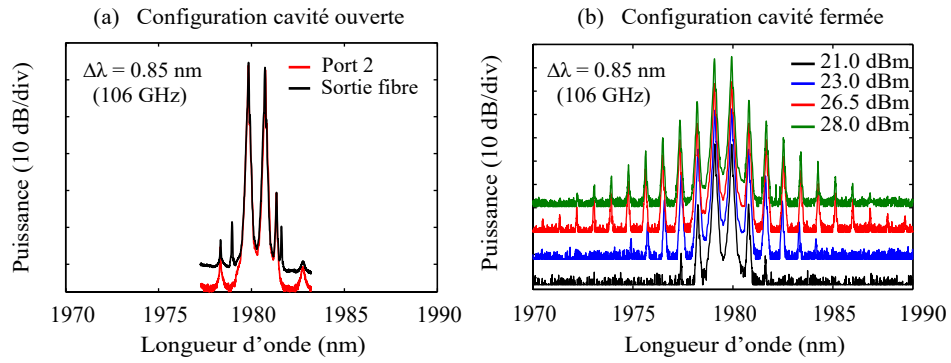


FIGURE 4 : (a) Peigne de fréquences généré en cavité ouverte (en ligne) à $2 \mu\text{m}$. (b) Peigne de fréquences généré en cavité fermée à $2 \mu\text{m}$.

CONCLUSION

Pour conclure, nous avons reporté la génération de peignes de fréquences stables, symétriques, étendus et accordables autour des longueurs d'onde de $1,55 \mu\text{m}$ et $2 \mu\text{m}$ en utilisant une cavité laser à fibre optique et les effets combinés Brillouin et Kerr Optique. Ces systèmes, relativement simples et compacts, pourraient trouver des applications notamment dans les domaines de la bio-photonique et la spectroscopie moléculaire.

RÉFÉRENCES

- [1] T. Udem, R. Holzwarth, and T. W. Hänsch, "Optical frequency metrology," *Nature*, vol. 416, pp. 233–237, 2002
- [2] L. Talaverano, S. Abad, S. Jarabo, and M. Lopez-Amo, "Multiwavelength fiber laser sources with Bragg-grating sensor multiplexing capability," *J. Light. Technol.*, vol. 19, pp. 553–558, 2001
- [3] G. Millot, S. Pitois, M. Yan, T. Hovhannisyan, A. Bendahmane, T. W. Hänsch, and N. Picqué, "Nat. Photonics," vol. 10, pp. 27–30, 2016
- [4] Q. Li, Z. Jia, Z. Li, Y. Yang, J. Xiao, S. Chen, G. Qin, Y. Huang, and W. Qin, "Optical frequency combs generated by four-wave mixing in a dual wavelength Brillouin laser cavity," *AIP Adv.*, vol. 7, pp. 075215, 2017
- [5] J. Fatome, S. Pitois, C. Fortier, B. Kibler, C. Finot, G. Millot, C. Courde, M. Lintz, and E. Samain, "Multiple four-wave mixing in optical fibers : 1.5–3.4-THz femtosecond pulse sources and real-time monitoring of a 20-GHz picosecond source," *Opt. Commun.*, vol. 11, pp. 2425–2429, 2010