



**HAL**  
open science

# Façonnage de la phase spectrale d'un peigne Kerr de fréquences issu d'une cavité laser Brillouin avec pompage bichromatique

Anastasiia Sheveleva, Koffi Moïse Deroh, Bertrand Kibler, Christophe Finot,  
Erwan Lucas

## ► To cite this version:

Anastasiia Sheveleva, Koffi Moïse Deroh, Bertrand Kibler, Christophe Finot, Erwan Lucas. Façonnage de la phase spectrale d'un peigne Kerr de fréquences issu d'une cavité laser Brillouin avec pompage bichromatique. Congrès Général de la Société Française d'Optique - Optique Normandie 2024, COLOQ, Jul 2024, Rouen, France. hal-04638354

**HAL Id: hal-04638354**

**<https://hal.science/hal-04638354>**

Submitted on 8 Jul 2024

**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.

# Façonnage de la phase spectrale d'un peigne Kerr de fréquences issu d'une cavité laser Brillouin avec pompage bichromatique

Anastasiia SHEVELEVA\*, Moise DEROH, Bertrand KIBLER, Christophe FINOT, et Erwan LUCAS

Laboratoire Interdisciplinaire Carnot Bourgogne, UMR 6303 CNRS – Université de Bourgogne, Dijon, France

\* [anastasiia.sheveleva@u-bourgogne.fr](mailto:anastasiia.sheveleva@u-bourgogne.fr)

## RÉSUMÉ

Nous étudions numériquement et expérimentalement la phase spectrale d'un peigne de fréquences généré par effet Kerr dans une architecture de laser à fibre Brillouin avec un pompage bichromatique et une dispersion normale. En manipulant les propriétés spectrales et en exploitant la stabilité du peigne, nous démontrons la génération d'une large gamme de profils d'intensité temporels à un taux de répétition de 40 GHz.

**MOTS-CLEFS :** *peignes de fréquences Kerr, mise en forme spectrale, cavité Brillouin.*

## 1. INTRODUCTION

Les peignes fréquences stimulent depuis deux décennies un intérêt ne se démentant pas grâce à leurs multiples applications, allant de la métrologie aux transmissions à haut débit, qu'ils rendent possibles avec des performances inégalées. Leur très grande cohérence permet notamment d'ajuster la phase et l'intensité spectrale raie par raie, conduisant à une remise en forme du profil temporel périodique d'intensité. Un tel façonnage a pu être efficacement employé sur des peignes générés dans des micro-résonateurs [1], par l'utilisation d'éléments électro-optiques [2] ou bien par mélange à quatre ondes dans une fibre optique [3].

Dans cette contribution, nous souhaitons mettre à profit une configuration alternative de peigne Kerr généré dans une cavité laser Brillouin soumise à un pompage bichromatique [4, 5]. Pour réussir une mise en forme spectrale, il est indispensable de connaître le profil de phase du peigne de fréquences, ce qui nous conduit à développer un modèle numérique de notre système. Nous vérifions nos prédictions numériques expérimentalement et démontrons la génération d'une série de profils temporels d'intensité de grande qualité et de grande stabilité à des taux de répétition de 40 GHz.

## 2. MONTAGE EXPÉRIMENTAL ET RÉSULTATS

Le dispositif expérimental mis en œuvre est schématisé par la Fig. 1(a) et détaillé dans les réfs. [4, 5]. Une fibre hautement non-linéaire (HNLF) à dispersion normale est placée dans une cavité unidirectionnelle et est pompée par deux raies spectrales cohérentes séparées de 40 GHz. Il en résulte par effet Brillouin la génération de deux raies Stokes contra-propagatives qui stimulent la génération par mélange à quatre ondes multiple d'un peigne de fréquences. Une rétroaction permet de stabiliser les lasers de pompage sur la cavité. La largeur du peigne et sa symétrie peuvent être contrôlée par ajustement fin de l'écart entre les deux pompes et de leur fréquence centrale. En sortie de la cavité, un peigne quasi-symétrique est représenté Fig. 1(b1). Il sera manipulé par un dispositif de façonnage spectral en intensité et phase et le profil temporel obtenu sera enregistré sur un oscilloscope à échantillonnage optique d'une résolution de l'ordre de la picoseconde.

Le modèle numérique de notre cavité se base sur un système d'équations couplées reliant le processus Brillouin et la dynamique Kerr régie par l'équation de Schrödinger non-

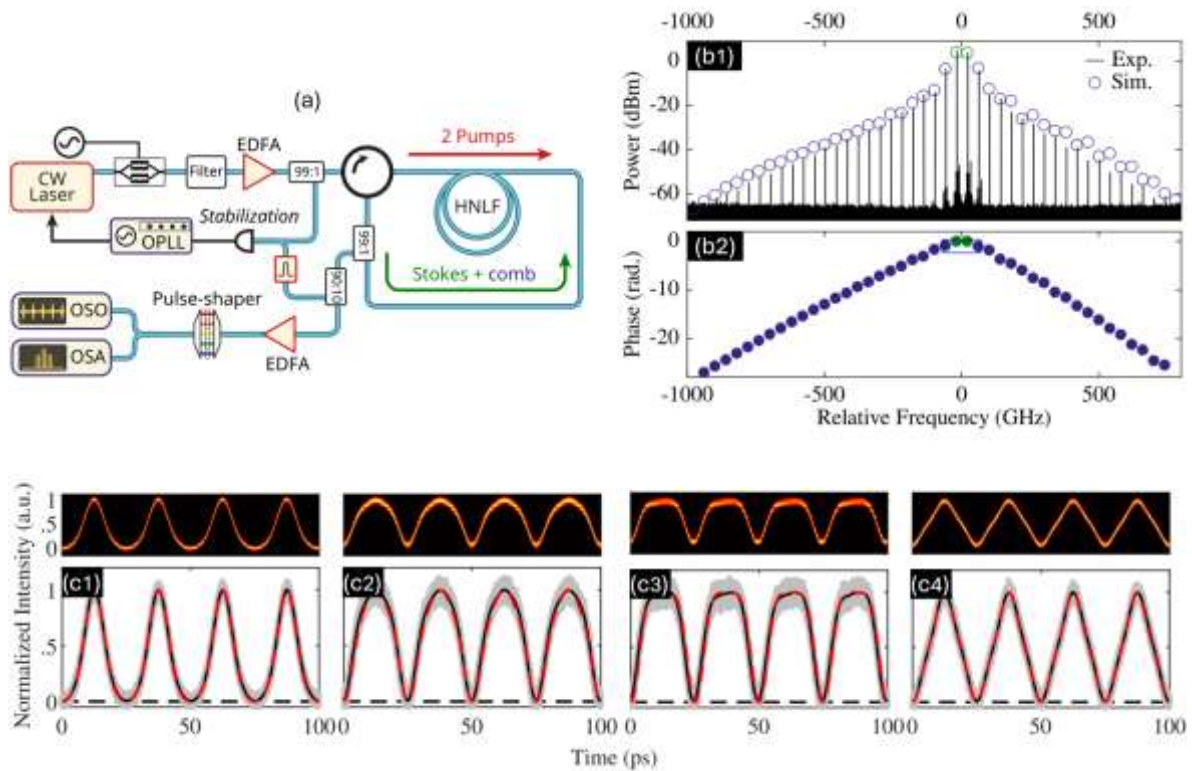


Figure 1. (a) Montage expérimental mis en œuvre. (b1) Spectres expérimentaux comparés aux simulations numériques. (b2) Profil spectral de phase simulé. (c) Profils expérimentaux temporels d'intensité obtenus par la mise en forme spectrale des 4 raies principales du peigne de fréquence : parabole sombre, parabole brillante, super-gaussien, triangulaire (resp. c1, c2, c3 et c4). Les enregistrements obtenus en mode persistance (dessus) sont comparés aux profils moyennés (bas, courbe noire) ou à la forme analytique (tirets rouges).

linéaire avec les conditions de recirculation [4, 5]. Les résultats obtenus reproduisent remarquablement bien le peigne obtenu expérimentalement, de même que le profil temporel d'intensité (non montré ici). Ces simulations nous permettent donc de déduire avec confiance la structure du profil spectral de phase (panneau b2) qui diffère significativement de celle généralement observée dans les résonateurs à pompage monochromatique. Ainsi, dans notre cas, la phase s'accumule linéairement (typiquement  $-1$  rad entre deux raies consécutives) et symétriquement de part et d'autre des pompes Brillouin. Nous avons pu corroborer ces prédictions numériques avec des enregistrements expérimentaux où nous avons isolé les composantes spectrales et joué hors cavité sur leur phase relative.

Les résultats du façonnage sont résumés dans la Fig. 1(c) et démontrent la large gamme de profils temporels auxquels il est possible d'accéder en ajustant convenablement le rapport d'intensité et la phase relative entre les deux composantes centrales du peigne et les premières bandes latérales. Des profils triangulaires, paraboliques, super-gaussiens sont ainsi générés à une cadence de 40 GHz. La grande stabilité observée en mode persistance confirme la haute cohérence de notre peigne.

## RÉFÉRENCES

- 1.F. Ferdous et al., Nat. Photonics **5**, 770-776 (2011).
- 2.C. Finot, Opt. Lett. **40**, 1422-1425 (2015).
- 3.J. Fatome, K. Hammani, B. Kibler, and C. Finot, Laser Phys. Lett. **13**, 015102 (2016).
- 4.E. Lucas, M. Deroh, and B. Kibler, Laser & Photonics Rev. **17**, 2300041 (2023).
- 5.M. Deroh, E. Lucas, and B. Kibler, Opt. Lett. **48**, 6388-6391 (2023).