



Sources cohérentes bas bruit à base de lasers Brillouin multi-Stokes : modélisation et expérience

Ananthu Sebastian, Irina Balakireva, Amith Karuvath, Schadrac Fresnel,
Stephane Trebaol, Pascal Besnard

► To cite this version:

Ananthu Sebastian, Irina Balakireva, Amith Karuvath, Schadrac Fresnel, Stephane Trebaol, et al..
Sources cohérentes bas bruit à base de lasers Brillouin multi-Stokes : modélisation et expérience.
Journée du Club Optique et Micro-ondes (JCOM 2019), Jun 2019, Brest, France. hal-02378449

HAL Id: hal-02378449

<https://hal.science/hal-02378449>

Submitted on 25 Nov 2019

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.



JCOM 2019
ENIB & Lab-STICC
Brest
7 juin 2019



Sources cohérentes bas bruit à base de lasers Brillouin multi-Stokes : modélisation et expérience

Ananthu Sebastian, Irina Balakireva, Amith Karuvath, Schadrac Fresnel, Stéphane Trebaol, Pascal Besnard
Univ Rennes, CNRS, Institut Foton-UMR 6082, ENSSAT, Lannion, France

Les lasers Brillouin multi-Stokes peuvent constituer des sources cohérentes bas bruit, très attractives pour des applications dans de nombreux domaines dont l'optique-micro-ondes et les communications cohérentes. Nous montrons l'intérêt de travailler sur deux ordres de Stokes. Cela peut amener à la fois à des réductions (d'un facteur de 40 dB) du bruit de fréquence et du bruit relatif d'intensité par rapport aux bruits de la pompe. Nous présentons un modèle théorique en très bon accord avec les mesures expérimentales bruit de ces sources très cohérentes.

S correspond à l'amplitude de la pompe incidente avant le coupleur $\left(S = \sqrt{\frac{P_0}{\varepsilon_0 V_{cav}}} \right)$, reliée à la puissance pompe P_0 en Watt et au volume de cavité. q_0 est relié à des paramètres matériaux. σ_0 correspond pour une valeur nulle à un pompage résonant. ρ_0 et Ω_0 sont l'amplitude et la fréquence de l'onde acoustique. Pour les ondes de Stokes d'ordre supérieur $A_1, A_2, \dots, A_N$ ($\delta_{\eta \neq N}$ est le symbole Kronecker) :

$$\frac{\partial A_\eta}{\partial t} = -\frac{1}{\tau} A_\eta - iq_0 \omega_\eta \left[A_{\eta-1} \rho_\eta^* + \delta_{\eta \neq N} A_{\eta+1} \rho_{\eta+1} \right]. \quad (2)$$

Ces ondes sont couplées aux ondes acoustiques respectives d'amplitude ρ_η et de fréquence Ω_η :

$$\frac{\partial \rho_\eta}{\partial t} = i \frac{\Omega_B^2 - \Omega_\eta^2}{2\Omega_\eta} \rho_\eta - \frac{\Gamma_b}{2} \rho_\eta - ip_\eta A_{\eta-1} A_\eta^*. \quad (3)$$

p_η est un paramètre lié aux constantes du matériau. $\Omega_B/2\pi$ est le décalage Brillouin (~11 GHz dans la silice), et $\Gamma_B/2\pi$ est la largeur de gain Brillouin (30 MHz), qui correspond à l'inverse de la fréquence d'amortissement. Ce modèle est ponctuel et ne considère pas la dépendance spatiale en z . Ceci permet une résolution numérique rapide et aussi de calculer les valeurs analytiques des solutions stationnaires de ces équations ainsi que des bruits relatifs d'intensité.

Il permet de reproduire les fortes réductions de bruit d'intensité et leur sensibilité au désaccord de la résonance Stokes (comme cela est montrée sur la figure 1) et aussi les fortes réductions de bruit de fréquence de ces cavités résonantes en anneau.

Nous montrons en particulier qu'une forte réduction du bruit d'intensité de 40 dB est théoriquement possible au prix d'un contrôle très fin de la position de la résonance de l'onde Stokes sous la courbe de gain.

Remerciements :

Nous remercions BPI FRANCE et le Pôle Images & Réseaux ainsi que l'UBL dans l'accompagnement du projet FUI AAP20 SOLBO.

Références :

- [1] S. Smith, F. Zarinetchi, and S. Ezekiel, "Narrow-linewidth stimulated Brillouin fiber laser and applications," Opt.letters vol. 16, no. 6, pp. 393–395, 1991.
- [2] A. Debut, S. Randoux, and J. Zemmouri, "Linewidth narrowing in Brillouin lasers: Theoretical analysis," Phys. Rev. A - At. Mol. Opt. Phys., vol. 62, no. 2, pp. 1–4, 2000.
- [3] J. Geng et al., "Highly stable low-noise brillouin fiber laser with ultranarrow spectral linewidth," IEEE Photonics Technol. Lett., vol. 18, no. 17, pp. 1813–1815, 2006.
- [4] L. Stepien, S. Randoux, and J. Zemmouri, "Intensity Noise in Brillouin fiber ring lasers," J. Opt. Soc. Am. B-Optical Phys., vol. 19, pp. 1055–1066, 2002.
- [5] A. Choudhary, M. Pelusi, D. Marpaung, T. Inoue, K. Vu, P. Ma, D.-Y. Choi, S. Madden, S. Namiki, and B. J. Eggleton, "On-chip Brillouin purification for frequency comb-based coherent optical communications," Opt. Lett. vol. 42, pp. 5074–5077, 2017.
- [6] J. Li, H. Lee, and K. J. Vahala, "Microwave synthesizer using an on-chip Brillouin oscillator," Nat. communications vol. 4, p. 2097, 2013.
- [7] K. Hey-Tow, Y. Leguillon, S. Fresnel, P. Besnard, L. Brillard, D. Méchin, P. Toupin, Y. Troles, "Toward More Coherent Sources Using a Microstructured Chalcogenide Brillouin Fiber Laser," IEEE Photonics Technology Letters, vol. 25, no. 3, pp. 238–241, 2013.
- [8] A. Sebastian, I. V. Balakireva, S. Fresnel, S. Trebaol and P. Besnard, "Relative intensity noise in a multi-Stokes Brillouin laser," Optics Express, vol. 26, pp. 33700–33711, 2018.
- [9] W. Loh, S. B. Papp, and S. A. Diddams, "Noise and dynamics of stimulated-Brillouin-scattering microresonator lasers," Phys. Rev. A vol. 91, p. 053843, 2015.