

Lasers Raman à fibre : formation du spectre optique

Nicolas Dalloz, Pierre Suret & Stéphane Randoux

Laboratoire PHLAM - bât. P5- Université des Sciences et Technologies de Lille - 59655 Villeneuve d'Ascq
dallos@phlam.univ-lille1.fr

Les lasers Raman à fibre constituent des sources de lumière cohérente attractives d'un point de vue pratique de par leur accordabilité dans le domaine infrarouge. L'étude du spectre optique de ces lasers démontre leur caractère fortement multimode, et rend l'utilisation du modèle usuel [1], écrit pour un seul mode, inadaptée à la description de leurs propriétés spectrales. Les travaux expérimentaux et théoriques présentés ici concernent l'évolution du spectre de puissance d'un laser Raman continu multimode fonctionnant en *régime de dispersion normale*.

Une étude récente [2] a montré que la formation du spectre optique d'un laser Raman à fibre est décrite à l'aide d'un modèle basé sur la *théorie cinétique des ondes*. Les auteurs ont démontré expérimentalement et théoriquement que le spectre optique, limité par la largeur spectrale des "miroirs" de la cavité (réalisés à l'aide de réseaux de Bragg photoinscrits), présentait une forme en sécante hyperbolique quelque soit la puissance. En contradiction avec ces résultats, il a été observé récemment dans une cavité n'ayant pas d'élément sélectif limitant le spectre optique du laser, un spectre de forme gaussienne indépendante de la puissance [3].

Dans l'objectif de comprendre l'origine de cette contradiction, nous avons mené une étude expérimentale portant sur un laser Raman présentant une géométrie de cavité en anneau, pompé par un laser Ytterbium continu de 8 Watt, dont le spectre optique centré à 1100 nm comporte environ 10000 modes. L'onde stokes ainsi générée au niveau du maximum du gain Raman (situé à 13 THz du rayonnement de pompe) présente, en fonction de la puissance, une dérive de son spectre valant typiquement 0.2 THz. Par ailleurs, l'étude expérimentale montre qu'à haute puissance le spectre optique est formé de deux composantes séparées d'environ 1 THz. La dérive du spectre optique d'une impulsion courte induite par effet Raman en simple propagation dans une fibre a été largement étudiée ces vingt dernières années [4]. Cependant, les mécanismes sous jacents à la dérive du spectre optique d'un laser Raman *continu* en *cavité* ne sont pas compris et méritent une étude nouvelle.

À l'aide d'un modèle ne tenant compte que de l'effet Raman et basé sur une approche en champ moyen, nous avons montré analytiquement et numériquement que le laser est monomode au seuil, avec la possibilité d'obtenir un état stationnaire à deux modes à plus haute puissance. De plus, ce modèle permet de retrouver qualitativement la dérive du spectre optique. Cependant, l'absence dans le modèle utilisé de l'effet Kerr optique ne permet pas de rendre compte du caractère multimode du spectre optique observé. Cet effet non linéaire d'ordre 3 est reponsable du mélange à quatre ondes pouvant agir sur les différentes composantes spectrales. Le cas des composantes de l'onde stokes agissant sur elles-mêmes (automodulation de phase) a été étudié dans l'article [2]. Cependant, la question de l'influence des composantes spectrales du laser de pompe sur celles de l'onde stokes est un problème sur lequel nous travaillons actuellement.

Références

1. P.Suret and S.Randoux *Influence of spectral broadening on steady characteristics of Raman fiber lasers : from experiments to questions of usual models*, Opt. Comm. **237** 201 (2004)
2. S.A. Babin, D.V. Churkin, A.E. Ismagulov, S.I. Kablukov and E.V. Podivilov *Four-wave-mixing-induced turbulent spectral broadening in a long Raman fiber laser*, JOSA B **24** 1729 (2007)
3. S. Randoux, N. Joly, G. Mélin, A. Fleureau, L. Galkovsky, S. Lempereur and P. Suret *Grating-free Raman laser using highly nonlinear photonic crystal fiber*, Optics Express **15** 16035 (2007)
4. F.M. Mitschke, L.F. Mollenauer *Discovery of the soliton self-frequency shift* , Optics Letters **11** 659 (1986)