HAL
open science

Effets d'une faible contre-réaction optique sur des lasers à fibre DFB pour applications capteurs

Yohann Léguillon, Kenny Hey Tow, Alain Mugnier, David Pureur, Pascal Besnard, Martine Doisy

To cite this version:

Yohann Léguillon, Kenny Hey Tow, Alain Mugnier, David Pureur, Pascal Besnard, et al.. Effets d'une faible contre-réaction optique sur des lasers à fibre DFB pour applications capteurs. Optique Marseille 2011 - 30è Journées Nationales d'Optique Guidée (JNOG 2011), Jul 2011, Marseille, France. pp.257-259. hal-00648822

HAL Id: hal-00648822

https://hal.science/hal-00648822

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.

EFFETS D'UNE FAIBLE CONTRE-RÉACTION OPTIQUE SUR DES LASERS À FIBRE DFB POUR APPLICATIONS CAPTEURS

Yohann Léguillon[1,2,3], Kenny Hey Tow[2,3], Alain Mugnier[4], David Pureur[4], Pascal Besnard[2,3], Martine Doisy[1]

[1] *Thales Underwater Systems, 525 route des Dolines, 06903 Sophia Antipolis, France*
[2] *Université Européenne de Bretagne, Enssat, Rennes, France*
[3] *CNRS, UMR 6082 FOTON, 6 rue de Kerampont, BP 80518, 22305 Lannion, France*
[4] *QUANTEL, 4 rue Louis de Broglie, 22300 Lannion, France*

yohann.leguillon@enssat.fr

RÉSUMÉ

Nous étudions l'effet d'une faible réflection externe sur des lasers à fibre à contre-réaction répartie (DFB FLs). Nous démontrons expérimentalement que la phase optique accumulée sur un aller-retour dans la cavité étendue et la réflectivité associée au miroir externe modifient la puissance de sortie et la fréquence d'émission d'un DFB FL. Comme pour un laser à semi-conducteurs (SC) contre-réactionné, à réflectivité externe donnée, l'amplitude des variations est constante pour ces deux paramètres quelle que soit la longueur de la cavité externe.

MOTS-CLEFS : *laser à fibre DFB ; capteur actif ; contre-réaction optique* .

1. INTRODUCTION

Les capteurs à DFB FL présentent des avantages bien connus en plus de ceux d'un capteur à fibre optique interférométrique : leur petite dimension est associée à une forte sensibilité et à une grande dynamique de mesures. En outre, la simplicité de leur multiplexage en série sur une même fibre fait de ces DFB FLs de parfaits candidats pour constituer une chaîne de capteurs compacts. Cependant, cascader plusieurs DFB FLs engendre des contre-réactions non souhaitées dues aux réflectivités résiduelles des différents réseaux de Bragg associés. En effet, une réflection externe change les caractéristiques lasers, ce qui résulte en une augmentation des bruits d'intensité et de fréquence [1] et occasionnellement en une auto-pulsation. Ces phénomènes ont été largement décrits pour les lasers à SC, théoriquement et expérimentalement, dans les années 80-90 même si les contre-réactions filtrées ont retenu moins l'attention [2, 3]. A notre connaissance, de tels modèles n'existent pas pour les DFB FLs. Des études expérimentales ont démontré qu'une contre-réaction optique peut avoir un effet sur leur stabilité [4]. Dans cet article, nous présentons des résultats expérimentaux obtenus lorsqu'un DFB FL subit une faible réflection externe et nous donnons une première interprétation théorique à partir d'un modèle standard pour laser mono-fréquence à SC.

2. APPROCHE THÉORIQUE

L'émission d'un DFB FL peut être perturbée par un miroir externe de réflectivité en amplitude r, localisé à une distance L. Cette fraction de lumière, qui retourne dans la cavité laser, induit des variations δP (ou du gain net δG) et $\delta\nu$ sur la puissance de sortie P_0 et la fréquence ν_0 de la cavité non perturbée. Pour un laser mono-fréquence à SC soumis à une contre-réaction optique, $\delta\nu$ et δG s'expriment [5, 6] :

$$\delta\nu = -\frac{1}{2\pi\tau_c}\frac{t^2}{\rho}\sqrt{1+\alpha_H{}^2}|r|sin\left(\frac{4\pi nL}{c}(\nu_0+\delta\nu)+arctan(\alpha_H)+\phi_0\right) \quad (1)$$

$$\delta G = -2\frac{t^2}{\rho}|r|cos\left(\frac{4\pi nL}{c}(\nu_0+\delta\nu)+\phi_1\right) \quad (2)$$

ρ (respectivement t) est l'amplitude de la réflection (transmission) de la face de sortie du laser (pour un miroir distribué, on définit une valeur équivalente [3]). α_H est le facteur de Henry, τ_c le temps

d'aller-retour dans la cavité, c la vitesse de la lumière, ϕ_0 et ϕ_1 des phases additionnelles et n l'indice de réfraction du milieu externe. Pour une contre-réaction optique filtrée [2, 3], les équations ne sont similaires aux précédentes que pour de faibles taux de contre-réaction. Pour les réflections encore plus faibles, δP est proportionnelle à δG. Les variations de la puissance et de la fréquence sont alors des fonctions sinusoïdales de la phase accumulée sur un aller-retour. Pour de plus grandes valeurs de r ou de L, les variations de δP et $\delta \nu$ sont distordues avec la phase [6]. Plusieurs modes externes peuvent alors coexister et engendrer des dynamiques complexes [2, 3].

3. MONTAGE EXPÉRIMENTAL

Le montage expérimental est représenté figure 1. La diode de pompe émet à 1480 nm. La longueur L peut être augmentée grâce à une fibre à retard (FDL). La cavité externe est réalisée à l'aide d'un réflecteur soudé à la FDL. Un atténuateur variable ajuste la réflectivité r. Le démultiplexeur 1480/1550 évite toute réflection de la pompe. Pour chaque configuration de rétro-action testée (i.e. pour différents r et L), la polarisation du signal réfléchi est ajustée afin de maximiser les effets induits.

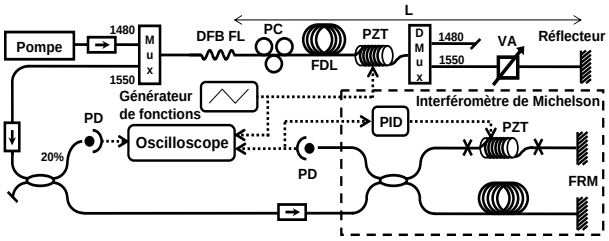


FIGURE 1 : Montage expérimental (PC : Contrôleur de Polarisation ; PD : Photodiode ; FRM : Miroir Rotateur de Faraday ; PZT : Tranducteur Piézo-électrique ; VA : Atténuateur Variable ; FDL : ligne à retard ; PID : Contrôleur Proportionnel Intégral Dérivée).

Le PZT contrôle linéairement la phase accumulée dans la cavité externe. Une partie du signal laser est utilisée pour mesurer de façon synchrone les variations de la puissance $P(t)$; l'autre partie est injectée dans un interféromètre de Michelson maintenu en quadrature par le PID, afin de convertir les fluctuations de fréquence en fluctuations d'intensité. Le PID compense seulement les variations lentes causées par l'environnement. P(t) et I(t) sont observées sur un oscilloscope numérique. $\delta \nu$ est extrait de la relation :

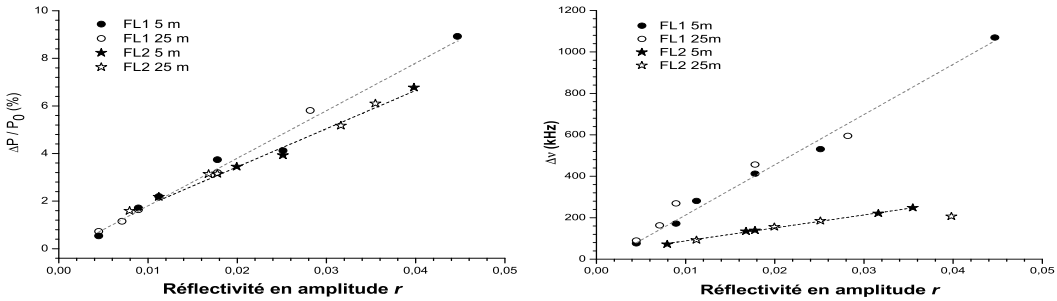
$$I(t) = k \cdot P(t) \left[1 \pm V \cdot sin \left(\frac{2\pi \cdot \delta \nu(t)}{ISL} \right) \right] \tag{3}$$

où $I(t)$ est la puissance en sortie de l'interféromètre, k un facteur d'échelle, V la visibilité des interférences, ISL l'intervalle spectral libre de l'interféromètre donné par $c/2nL$ et le choix $\pm$ dépend de la position de la quadrature positive ou négative.

4. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

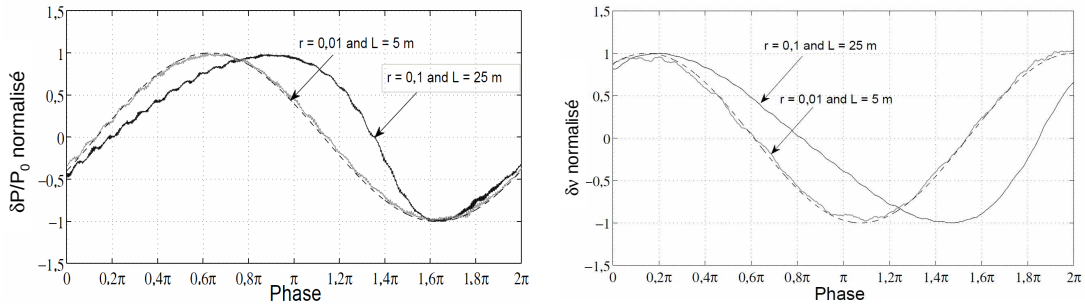
Deux DFB FLs différents, FL1 et FL2, ont été testés (fibres et réseaux de Bragg différents) et de multiples acquisitions ont été faites. Le bruit d'intensité a été lissé avec une fenêtre glissante de 20 µs et nous avons extrait les amplitudes crête-crête $\Delta P/P_0$ et $\Delta \nu$. La figure 2 donne $\Delta P/P_0$ et $\Delta \nu$ en fonction de r pour L fixé (5 et 25 m). Les résultats sont en accord avec la théorie puisque $\Delta P/P_0$ et $\Delta \nu$ sont proportionnels à r (équations (1) et (2)). Notons que $\Delta P/P_0$ est similaire pour les deux lasers et indépendante de L. Ce dernier point a été confirmé par des mesures à L =10 m, 15 m, 20 m pour ces deux DFB FLs. Cependant, comme le montre la figure 2(b), $\Delta \nu$ dépend fortement des caractéristiques du laser. Ainsi, FL1 est bien plus sensible à une réflection externe que FL2. Cela peut être attribué aux caractéristiques différentes des réseaux de Bragg. Notons que ces courbes doivent permettre d'extraire le facteur de Henry α_H de chaque laser, à partir des équations (1) et (2), ce qui n'a encore jamais été reporté à notre connaissance. Comme le rappellent les équations (1) et (2), $\delta P/P_0$ et $\delta \nu$ ne dépendent pas seulement de r, mais aussi de la phase associée. Cette dépendance a été étudiée pour le FL2 et est illustrée sur la figure 3. Les courbes en traits continus correspondent aux résultats expérimentaux,

normalisés et comparés à une sinusoïde (en pointillés). Pour r très faible et L court (pour lesquels le laser est monomode), $\delta P/P_0$ et $\delta\nu$ varient sinusoïdalement avec la phase. Ce n'est plus la cas quand L devient grand (courbes noires) ; L influe alors (via la phase accumulée) sur l'évolution de la puissance et de la fréquence. La même évolution est observée pour L fixe et de fortes réflectivités. Dans ces deux cas le comportement est similaire aux lasers à SC mono-fréquences [5].



(a) Variations relatives de la puissance de sortie (b) Variations de fréquence

FIGURE 2 : Amplitude des variations de puissance et de fréquence pour différentes valeurs de L et r.



(a) Variations normalisées de la puissance (b) Variations normalisées de la fréquence

FIGURE 3 : Variations de la puissance et la fréquence en fonction de la phase pour différentes valeurs de L et r.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons étudié expérimentalement l'effet d'une faible contre-réaction optique sur des DFB FLs. Dans une configuration monomode, la réflectivité r influe sur l'amplitude des variations de la puissance et de la fréquence du laser mais pas L. Ces variations, notamment celles de la fréquence, dépendent de façon significative des caractéristiques du laser. Quand la phase associée à la cavité étendue varie, à la fois r et L jouent un rôle sur la puissance et la fréquence du laser. Si un bon accord est obtenue à partir d'un modèle considérant un laser mono-fréquence couplé à un miroir ordinaire, une étude plus approfondie incluant les caractéristiques des DFB FLs est nécessaire. D'autres manipulations sont en cours afin d'étudier l'influence de la pompe sur les bruits d'intensité et de fréquence des DFB FLs.

Remerciements : Ces travaux s'effectuent dans le cadre du projet ATOS (FUI, région Bretagne).

RÉFÉRENCES

[1] S. Tikhomirov, A. et Foster, *J.L.T*, vol. 25, no. 2, p. 533, 2007.

[2] A. Fischer, O. Andersen, M. Yousefi, S. Stolte, and D. Lenstra, *J. of Quant. Elec.*, vol. 36, no. 3, p. 375, 2002.

[3] A. Naumenko, P. Besnard, N. Loiko, G. Ughetto, and J. Bertreux, *J. of Quant. Elec.*, vol. 39, no. 10, p. 1216, 2003.

[4] E. Rønnekleiv and S. Lovseth, *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*, vol. 3746, p. 466, 1999.

[5] G. Acket, D. Lenstra, A. Den Boef, and B. Verbeek, *J. of Quant. Elec.*, vol. 20, no. 10, p. 1163, 1984.

[6] F. Favre, *J. of Quant. Elec.*, vol. 23, no. 1, p. 81, 1987.