



**HAL**  
open science

## Laser à état solide bi-fréquence sans bruit d'antiphase

Abdelkrim El Amili, Goulc'Hen Loas, Syamsundar De, Sylvain Schwartz,  
Gilles Feugnet, Jean-Paul Pocholle, Fabien Bretenaker, Mehdi Alouini

► **To cite this version:**

Abdelkrim El Amili, Goulc'Hen Loas, Syamsundar De, Sylvain Schwartz, Gilles Feugnet, et al.. Laser à état solide bi-fréquence sans bruit d'antiphase. Paris Optique 2013, Horizon de l'Optique, Jul 2013, Paris, France. hal-01044996

**HAL Id: hal-01044996**

**<https://hal.science/hal-01044996>**

Submitted on 24 Jul 2014

**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.

# LASER A ETAT SOLIDE BI-FREQUENCE SANS BRUIT D'ANTIPHASE

A. El Amili<sup>1</sup>, G. Loas<sup>1</sup>, S. De<sup>2</sup>, S. Schwartz<sup>3</sup>, G. Feugnet<sup>3</sup>, J.-P. Pocholle<sup>3</sup>, F. Bretenaker<sup>2</sup>,  
M. Alouini<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Institut de Physique de Rennes, Université de Rennes 1, CNRS, Campus de Beaulieu, 35042  
Rennes, France,

<sup>2</sup> Laboratoire Aimé-Cotton, CNRS-Université Paris 11, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>3</sup> Thales Research and Technology, RD 128, 91767 Palaiseau Cedex, France

[abdelkrim.elamili@univ-rennes1.fr](mailto:abdelkrim.elamili@univ-rennes1.fr)

## RÉSUMÉ

Une réduction de plus de 20 dB du bruit d'antiphase a été obtenue dans un laser bi-fréquence mono-axe sans aucun asservissement d'intensité. Ce résultat repose sur l'utilisation d'un cristal de Nd:YAG taillé selon le plan cristallographique (001) et l'alignement des deux états de polarisation du laser avec deux des axes cristallographiques du Crystal.

**MOTS-CLEFS :** *Laser bi-fréquence; cristal Nd:YAG, Bruit d'antiphase*

## 1. INTRODUCTION

Les lasers à état solide bi-fréquence constituent des sources de choix pour la génération de signaux hyperfréquences de grande pureté spectrale, et plus particulièrement pour la réalisation d'oscillateurs locaux hyperfréquences sur porteuse optique. Les applications potentielles de ces lasers vont du transport de signaux pour les télécommunications à la spectroscopie haute résolution dans le domaine THz. Bien que ces lasers présentent de très faibles largeurs spectrales, ils souffrent néanmoins d'importants excès de bruit d'intensité résonants aux basses fréquences, typiquement de quelques kHz à quelques MHz. En effet, dans les lasers bi-fréquence, l'oscillation simultanée de deux modes de polarisation orthogonale et couplés dans le milieu actif se traduit par l'apparition de deux pics de résonance dans le spectre de bruit d'intensité du laser. Ces deux pics correspondent à l'excès de bruit à la fréquence des oscillations de relaxation et au bruit de partition appelé aussi bruit d'antiphase. Le bruit d'intensité à la fréquence des oscillations de relaxation résulte de l'interaction entre l'inversion de population et les photons de la cavité. Les oscillations de relaxation est un phénomène inhérent aux lasers de classe-B dans lesquels la durée de vie de l'inversion de population est grande devant la durée de vie des photons dans la cavité. Le bruit d'antiphase, quant à lui, résulte du couplage entre les deux modes dans le milieu à gain. Pour certaines applications, ces bruits résonants peuvent s'avérer néfastes. Il est donc crucial de disposer de sources lasers à état solide bi-fréquence ayant un très faible niveau de bruit d'intensité. Aujourd'hui, des méthodes simples existent pour supprimer l'excès de bruit d'intensité au voisinage de la fréquence des oscillations de relaxation [1]. Le bruit d'antiphase peut difficilement être réduit. Une façon d'y parvenir est de séparer spatialement les deux modes dans le milieu actif [2]. Cependant, une telle architecture de laser biaxe augmente la complexité du laser et diminue les corrélations des fluctuations de phase des deux modes. Nous démontrons ici comment il est possible de garder une architecture de laser bi-fréquence mono-axe tout en réduisant de manière importante le bruit d'antiphase.

## 2. RESULTATS EXPERIMENTAUX

Le laser que nous avons développé met en jeu un barreau de Nd:YAG taillé selon le plan cristallographique (001). Il a en effet été démontré que dans un tel cristal on pouvait considérer que les dipôles actifs étaient alignés suivant les axes cristallographiques (010) et (001) [3]. De ce fait, on

s'attend à ce que le bruit d'antiphase disparaisse si les états de polarisation du laser sont orientés précisément suivant ces axes cristallographiques, c'est-à-dire, dans la configuration où le couplage entre les deux modes est minimum. Dans le but d'orienter convenablement les états de polarisation par rapport aux axes (010) et (001), nous insérons dans la cavité laser une lame biréfringente dont les axes neutres vont définir l'orientation des deux états propres de polarisation du laser. En jouant sur l'orientation de cette lame, il est ainsi possible de modifier le couplage entre les deux modes de polarisation du laser.

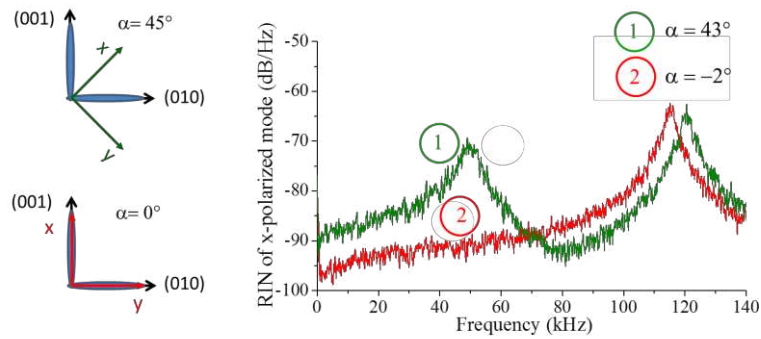


Fig. 1 : A gauche, schéma représentant deux orientations des états de polarisation  $x$  et  $y$  du laser par rapport aux axes cristallographique du Nd :YAG. A droite, spectres de bruit d'intensité relatif du mode de polarisation  $x$  pour ces deux angles  $\alpha$ .

La figure 1 représente deux spectres de bruit d'intensité relatif du laser lorsque qu'on observe un seul mode de polarisation. Ces spectres correspondent aux situations pour lesquelles les états de polarisation du laser sont à  $\alpha \approx 45^\circ$  et à  $\alpha \approx 0^\circ$  des axes cristallographiques du Nd :YAG. Le spectre (1) montre la présence pic d'antiphase et du pic des oscillations de relaxation aux alentours de 50 kHz et de 120 kHz respectivement. Lorsque les états de polarisation sont fixés à un angle de  $\alpha \approx 45^\circ$ , angle correspondant au cas où le couplage est maximum, l'amplitude du pic d'antiphase atteint son maximum. En revanche, lorsque les états de polarisation sont alignés suivant les axes cristallographiques, le pic d'antiphase disparaît complètement comme attendu (spectre (2)). Ainsi un choix judicieux du milieu actif et de l'orientation des états propres de polarisation d'un laser bifréquence permet de réaliser un laser ne présentant plus de bruit d'antiphase.

## CONCLUSION

Nous avons démontré la possibilité de réduire significativement le bruit d'antiphase dans un laser bi-fréquence mono-axe sans aucun asservissement [4]. En choisissant un cristal de Nd :YAG taillé selon le plan (001) et en orientant les états de polarisation du laser, nous avons obtenu une réduction de plus de 20 dB sur l'amplitude du bruit d'antiphase. Cette méthode simple et efficace pourrait être étendue à d'autre longueurs d'ondes, et ouvre ainsi la voie à la réalisation de lasers bi-fréquences ultra-faible bruit.

## REFERENCES

- [1] S. Taccheo, P. Laporta, O. Svelto, and G. de Geronimo, "Intensity noise reduction in a single-frequency ytterbium-codoped erbium laser," *Opt. Lett.*, vol. 21, pp. 1747-1749, 1996.
- [2] M. Alouini, M. Brunel, F. Bretenaker, M. Vallet, A. Le Floch, "Dual tunable wavelength Er,Yb:glass laser for terahertz beat frequency generation," *Photon. Techn. Lett.*, vol 10, pp. 1554-1556, 1998.
- [3] S. Schwartz, G. Feugnet, M. Rebut, F. Bretenaker, and J. P. Pocholle, "Orientation of  $\text{Nd}^{3+}$  dipoles in yttrium aluminum garnet: experiment and model," *Phys. Rev. A*, vol. 79, 063814, 2009.
- [4] A. El Amili, G. Loas, S. De, S. Schwartz, G. Feugnet, J. P. Pocholle, F. Bretenaker, and M. Alouini, "Experimental demonstration of a dual-frequency laser free from antiphase noise," *Opt. Lett.*, vol. 37, pp. 4901-4903, 2012.