



**HAL**  
open science

# CONTRÔLE DE L'ÉMISSION BIPOLARISATION D'UN LASER YB:YAG PAR L'ORIENTATION DE LA POLARISATION DE LA POMPE

Gaedze Kudjo Herman Akagla, Nicolas Chapron, Goulc'Hen Loas, Marc  
Vallet, Marc Brunel

► **To cite this version:**

Gaedze Kudjo Herman Akagla, Nicolas Chapron, Goulc'Hen Loas, Marc Vallet, Marc Brunel. CONTRÔLE DE L'ÉMISSION BIPOLARISATION D'UN LASER YB:YAG PAR L'ORIENTATION DE LA POLARISATION DE LA POMPE. OPTIQUE Nice 2022, Société Française d'Optique, Jul 2022, RENNES, France. hal-04195679

**HAL Id: hal-04195679**

**<https://univ-rennes.hal.science/hal-04195679>**

Submitted on 4 Sep 2023

**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.

# CONTRÔLE DE L'ÉMISSION BIPOLARISATION D'UN LASER Yb:YAG PAR L'ORIENTATION DE LA POLARISATION DE LA POMPE

Herman Akagla, Nicolas Chapron, Goulc'hen Loas , Marc Vallet et Marc Brunel

Univ Rennes, CNRS, Institut FOTON–UMR 6082, 35000 Rennes, France

herman.akagla@univ-rennes1.fr

## RÉSUMÉ

Nous montrons que le pompage polarisé permet de contrôler les puissances relatives des deux états propres d'un laser Yb:YAG. Un modèle d'équations de populations à deux modes reproduit les observations expérimentales, mettant en évidence les rôles du paramètre d'anisotropie de gain et de la saturation croisée. L'application aux peignes de fréquences bipolarisations est discutée.

**MOTS-CLEFS :** Polarisation ; laser bi-fréquence ; Ytterbium

## 1. INTRODUCTION

Les lasers ytterbium sont très utilisés pour la génération d'impulsions femtosecondes et en particulier pour la spectroscopie "dual-comb". En effet, dans le cas de milieux actifs quasi-isotropes tels que Yb:YAG ou Yb:CaF<sub>2</sub>, deux états propres de polarisations orthogonales peuvent osciller simultanément et générer deux peignes de fréquences dont les taux de répétition sont ajustables [1, 2]. Afin d'équilibrer les puissances des deux modes, on peut se demander si l'emploi d'une pompe polarisée pourrait créer un dichroïsme de gain, comme cela a déjà été démontré dans les lasers néodyme [3, 4]. Nous avons effectué une première étude expérimentale sur un laser microchip avant d'étendre le principe à des architectures de lasers à impulsions brèves [5]. Les résultats sont confrontés à un modèle tenant compte de l'anisotropie de pompage.

## 2. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Le laser utilisé est représenté sur la figure (1). Le milieu actif est un cristal Yb:YAG de 2 mm d'épaisseur placé entre deux miroirs plans M<sub>1</sub> et M<sub>2</sub>. Le miroir de sortie M<sub>2</sub> a une réflectivité de 99%. Le milieu actif est pompé à 940 nm par un laser Ti:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dont l'orientation de la polarisation de sortie peut être ajustée par une lame demi-onde. Le seuil est obtenu pour une puissance de pompe de 80 mW et le laser émet 120 mW à 1030 nm pour une puissance de pompe de 1,5 W. Nous observons que le laser fonctionne suivant deux états de polarisations linéaires et orthogonaux, dont les directions (notées  $x$  et  $y$ ) sont fixées par la biréfringence résiduelle du cristal. En fonction de l'orientation  $\alpha_p$  de la polarisation de la pompe, nous mesurons les puissances  $P_x$  et  $P_y$  des deux états de polarisations.

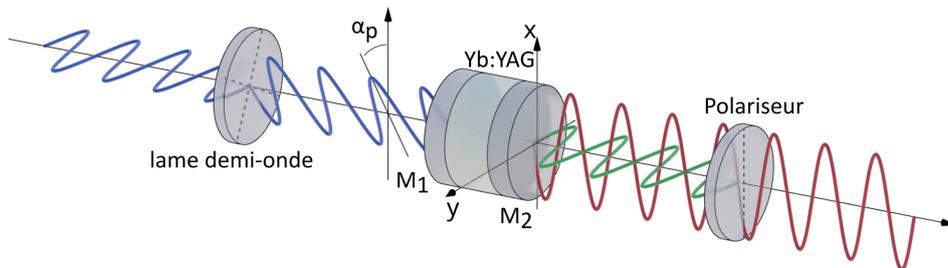


FIGURE 1: Illustration du dispositif expérimental du laser solide Yb:YAG

La figure (2) montre les variations de  $P_{x,y}$  en fonction de  $\alpha_p$  pour deux valeurs du degré d'excitation  $\eta$ . On note un important dichroïsme de gain induit par la pompe polarisée; par exemple quand  $\eta = 2,7$  le rapport des puissances est de l'ordre de 10 à  $\alpha_p = 0$  ou  $\alpha_p = 90^\circ$ . Dans notre cas, où la cavité

n'a pas de dichroïsme de perte, l'équilibre  $P_x = P_y$  est obtenu pour  $\alpha_p = \pm 45^\circ$ . De plus, on observe que le rapport des puissances tend vers une valeur constante lorsque l'on s'écarte du seuil ( $P_x/P_y = 2,3$  pour  $\alpha_p = 0$ , voir figure 2b correspondant à  $\eta = 18,3$ ). Dans tous les cas, la puissance totale  $P_x + P_y$  reste constante.

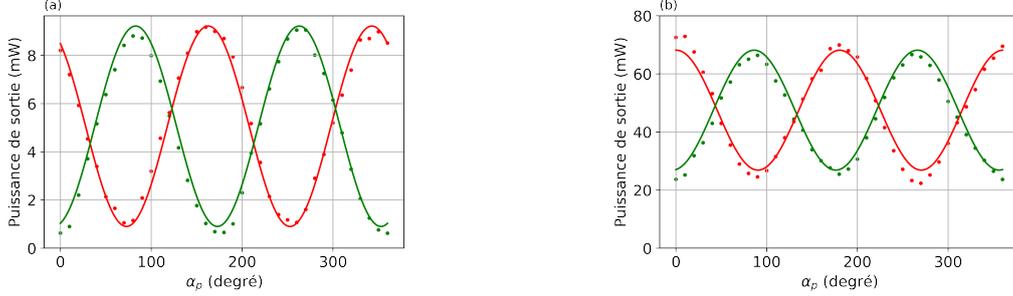


FIGURE 2: Puissances  $P_x$  (en rouge) et  $P_y$  (en vert). Les points (resp. courbes pleines) représentent les résultats expérimentaux (resp. théoriques). (a)  $\eta = 2,7$  et (b)  $\eta = 18,3$ .

### 3. MODÈLE DU LASER

Pour modéliser ce laser avec un nombre minimal de paramètres, nous considérons un système de quatre “rate-equations” à deux modes couplés. En tenant compte de l’anisotropie de pompage [6], les intensités stationnaires normalisées  $\hat{I}_{x,y}$  s’écrivent :

$$\hat{I}_{x,y} = \eta \left( 1 \pm \varepsilon \frac{1 + \beta}{1 - \beta} \cos 2\alpha_p \right) - \frac{1}{1 + \beta}, \quad (1)$$

où  $\varepsilon$  est le paramètre d’anisotropie de gain induite par la pompe et  $\beta$  est le coefficient de saturation croisée couplant les deux modes. La valeur de  $\beta$  est déduite de la mesure des fréquences de relaxation du laser [7]. Le rapport des puissances expérimentales obtenu à  $\alpha_p = 0$  à fort taux de pompage permet d’estimer la valeur de  $\varepsilon$ . La figure (2) montre le bon accord obtenu entre le modèle et les observations expérimentales quand  $\beta = 0,64$  et  $\varepsilon = 0,084$ .

### CONCLUSION

L’orientation de la polarisation de la pompe est un moyen efficace de contrôle des puissances relatives dans un laser ytterbium bipolarisation. L’anisotropie induite par la polarisation de la pompe pourrait être mise à profit pour optimiser l’oscillation simultanée de deux états de polarisation dans les lasers ytterbium, qui sont d’excellentes plateformes pour la génération de peignes de fréquences.

### RÉFÉRENCES

- [1] B. Willenberg, J. Pupeikis, L. M. Krüger, F. Koch, C. R. Phillips, and U. Keller. Femtosecond dual-comb Yb :CaF<sub>2</sub> laser from a single free-running polarization-multiplexed cavity for optical sampling applications. *Opt. Express*, 28(20) :30275–30288, 2020.
- [2] N. Modsching, J. Drs, P. Brochard, J. Fischer, S. Schilt, V. J. Wittwer, and T. Südmeyer. High-power dual-comb thin-disk laser oscillator for fast high-resolution spectroscopy. *Opt. Express*, 29(10) :15104–15113, 2021.
- [3] G. Verschaffelt, G. Van der Sande, J. Danckaert, B. Ségard, P. Glorieux, and T. Erneux. Delayed polarization dynamics in Nd<sup>3+</sup>-doped yttrium-aluminum-garnet lasers. *Phys. Rev. A*, 77(6) :063801, 2008.
- [4] H. Chen, S. Zhang, and Y. Tan. Effect of pump polarization direction on power characteristics in monolithic microchip Nd:YAG dual-frequency laser. *Appl. Opt.*, 55(11) :2858–2862, 2016.
- [5] J. Thévenin, M. Vallet, and M. Brunel. Dual-polarization mode-locked Nd :YAG laser. *Opt. Lett.*, 37(14) :2859–2861, 2012.
- [6] T. Chartier, F. Sanchez, and G. Stéphan. General model for a multimode Nd-doped fiber laser. I : Construction of the model. *Appl. Phys. B*, 70(1) :23–31, 2000.
- [7] M. Brunel, A. Amon, and M. Vallet. Dual-polarization microchip laser at 1.53  $\mu\text{m}$ . *Opt. Lett.*, 30(18) :2418–2420, 2005.