

# DE LA QUETE DES COEFFICIENTS THERMO-OPTIQUES DU CALGO

Frédéric Druon<sup>1</sup>, Mickaël Olivier<sup>1</sup>, Anaël Jaffrès<sup>2</sup>, Pascal Loiseau<sup>2</sup>, Nicolas Aubry<sup>3</sup>, Julien DidierJean<sup>3</sup>, François Balembois<sup>1</sup>, Bruno Viana<sup>2</sup> and Patrick Georges<sup>1</sup>

1 Laboratoire Charles Fabry, Institut d'Optique, CNRS, Univ Paris Sud,  
2, Avenue Augustin Fresnel, 91127 Palaiseau Cedex, France

2 Chimie-Paristech, Laboratoire de Chimie de la Matière Condensée de Paris,  
11 rue Pierre et Marie Curie 75005 Paris, France

3 Fibercryst S.A.S., 31 rue Wilson, 69150 Decines Charpieu, France

\*correspondance : frederic.druon@institutoptique.fr

## RÉSUMÉ

Nous retraçons ici la petite histoire qui nous a poussés à caractériser finement les coefficients thermo-optiques du cristal  $\text{CaGdAlO}_4$  dopé à l'ytterbium. Le caractère anisotrope de ces coefficients associé aux propriétés spectroscopiques particulières de ce cristal a, en effet, amené à l'observation d'un saut de modes laser étonnant.

**MOTS-CLEFS :** *laser ytterbium, cristaux,  $\text{CaGdAlO}_4$ , CALGO*

### 1. IL ETAIT UNE FOIS, LE SAUT DE MODE MAGIQUE <sup>[1]</sup>

La montée en puissance des lasers femtoseconde pompés par diode est un point crucial de la recherche laser actuelle. Dans ce cadre, l' $\text{Yb}:\text{CaGdAlO}_4$  (ou  $\text{Yb}:\text{CALGO}$ ) présente des propriétés particulièrement intéressantes [2] : bonne conductivité thermique et spectre d'émission très large. Nous avons donc construit une expérience simple (fig. 1) pour caractériser les performances laser d'un cristal d' $\text{Yb}:\text{CALGO}$  (de 10 mm de long, dopé à 2 at.% et de section  $2 \times 2 \text{ mm}^2$ ) par une diode de forte puissance émettant 200 W. Il est important de noter pour la suite que le CALGO est uniaxe et que le cristal de CALGO utilisé est coupé pour une propagation ( $\vec{k}$ ) selon l'axe  $\vec{a}$  (fig. 1).

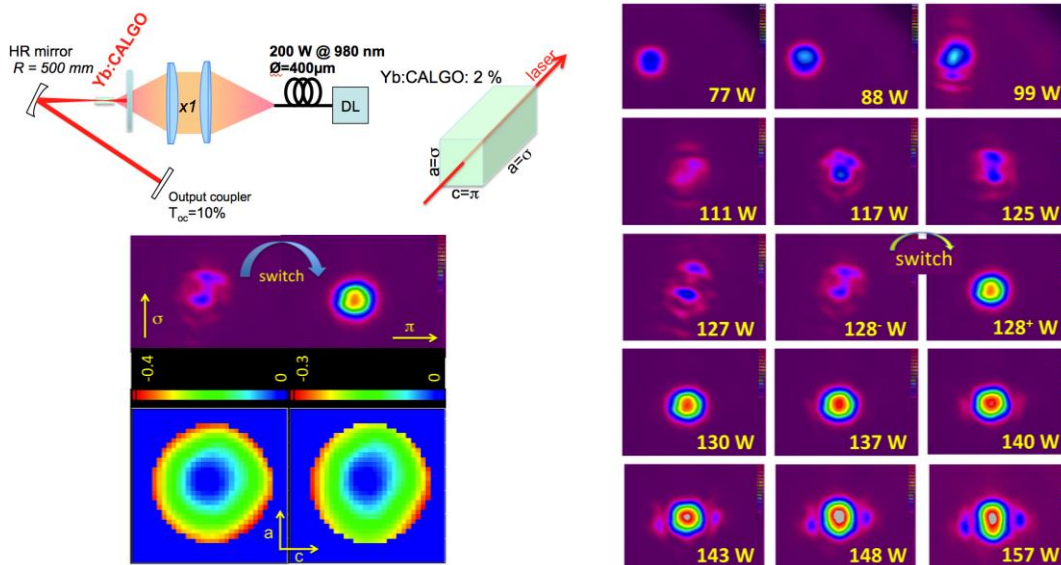
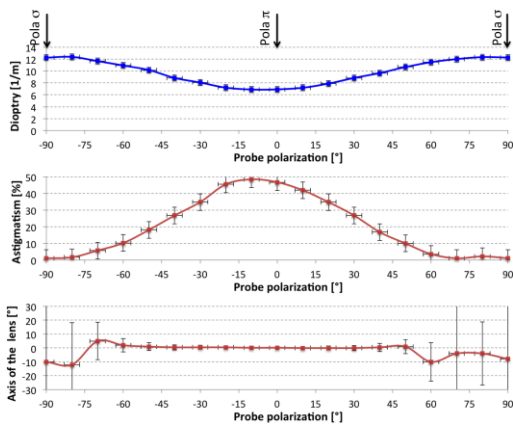


Figure 1 : Schéma du laser de puissance. Et observation du saut de mode « magique » à 28 W de pompe. On indique (bas gauche) les profils spatiaux, les fronts d'onde et la polarisation au saut.

En augmentant la puissance de pompe, on observe très vite une dégradation –classique– du profil spatial montrant la présence d’une lentille thermique importante. Mais à 128 W, surprise ! Le faisceau redevient parfaitement monomode...

## 2. EN QUETE D’EXPLICATIONS

Pour expliquer cela nous avons fait des mesures de fronts d’onde lasers avec faisceau sonde traversant le cristal pompé. Là nous avons observé une forte anisotropie de la lentille thermique. Celle-ci dépend de la polarisation incidente. Non seulement la valeur de la puissance dioptrique varie mais aussi son astigmatisme (fig. 2). On peut donc définir des rapports entre les coefficients thermo-optiques en fonction de la polarisation incidente ( $\sigma$  ou  $\pi$ ) et la direction du cristal sous laquelle on observe la courbure du front d’onde ( $\bar{a}$  ou  $\bar{c}$ ):  $C_{s\bar{c}} = C_{s\bar{a}}$ ,  $C_{p\bar{a}} = 0.46 C_{s\bar{a}}$ ,  $\chi_{\pi\bar{c}} = 0.74 \chi_{\sigma\bar{a}}$



	dn/dT	dn/dT+(n-1) $\alpha$		C (*)
		a-cut	c-cut	
$E \parallel a$	-7,6	+1,3	+6,6	+1,3 ( $\parallel a$ )
				+1,3 ( $\parallel c$ )
$E \parallel c$	-8,6	+0,7	-	+0,6 ( $\parallel a$ )
				+0,9 ( $\parallel c$ )

(\*) par mesures indépendantes de lentille thermique

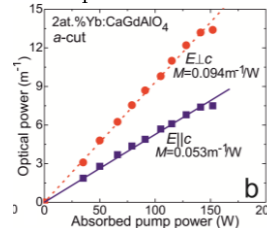


Figure 2 : (gauche) mesure de la lentille thermique en fonction de la polarisation de la sonde. (haut droite) Coefficients thermo-optiques pour les différentes polarisations. (bas droite) évolution de la lentille thermique en fonction de la puissance de pompe.

Ceci explique pourquoi le mode spatial du faisceau est moins altéré en sautant de polarisation. Mais pourquoi saute-il ? Pour répondre à cette question, nous avons étudié les sections efficaces de gain pour les deux polarisations. Nous avons observé une faible différence en faveur de la polarisation sigma. Ceci explique pourquoi celle-ci « lase » en premier, et pourquoi une faible variation des pertes (par déstabilisation thermique de la cavité) enclenche le saut « magique » !

Donc, c’est grâce aux propriétés spectroscopiques mais surtout thermo-optiques de l’Yb:CALGO que s’explique ce phénomène inédit de saut de mode. Pour comprendre d’où provient la forte anisotropie des coefficients thermo-optiques, nous avons, en collaboration avec l’équipe du Prof. Yumashev, fait des mesures des coefficients dn/dT du CALGO (figure 2) et des coefficients de dilatations ( $\alpha_a = 10 \times 10^{-6}$  et  $\alpha_c = 16 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ ) suivant les différents axes cristallographiques [3]. Les résultats valident les expériences comme le résume le tableau figure 2.

Nous avons observé un étrange phénomène de saut de modes avec l’Yb:CALGO lorsqu’il est utilisé dans les lasers de très forte puissance. Pour comprendre ce comportement inédit, nous avons caractérisé finement les propriétés thermo-optiques du CALGO.

## RÉFÉRENCES

- [1] F. Druon, M. Olivier, A. Jaffrès, P. Loiseau, N. Aubry, J. DidierJean, F. Balembois, B. Viana, and P. Georges, "Magic mode switching in Yb:CALGO laser under high pump power," Opt. Lett. 38, 4138-4141 (2013)
- [2] F. Druon, F. Balembois, and P. Georges "New Materials for Short-Pulse Amplifiers," IEEE Photonics Journal 3, 268-273 (2011)
- [3] P. Loiko, F. Druon, P. Georges, B. Viana, K. Yumashev, "Thermo-optic characterization of Yb:CaGdAlO4 laser crystal", Optical Material Express, Vol 4, N° 10, pp 2241-2249 (2014)