

Amplificateurs à fibres cristallines Yb:YAG pour des lasers femtoseconde à polarisation radiale

Fabien Lesparre, Jean-Thomas Gomes, Xavier Délen, Igor Martial, Julien Didierjean, Wolfgang Pallmann, Bojan Resan, Thomas Graf, Marwan Abdou Ahmed, Frédéric Druon, et al.

► To cite this version:

Fabien Lesparre, Jean-Thomas Gomes, Xavier Délen, Igor Martial, Julien Didierjean, et al.. Amplificateurs à fibres cristallines Yb:YAG pour des lasers femtoseconde à polarisation radiale. Congrès de la Société Française d'optique (Optique Bretagne 2015), Jul 2015, Rennes, France. <<http://www.sfoptique.org/pages/congres-optique/bretagne-2015/>>. <hal-01359246>

HAL Id: hal-01359246

<https://hal-iogs.archives-ouvertes.fr/hal-01359246>

Submitted on 19 Sep 2016

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.

AMPLIFICATEURS A FIBRES CRISTALLINES Yb:YAG POUR DES LASERS FEMTOSECONDE A POLARISATION RADIALE

**Fabien Lesparre^{1,2}, Jean Thomas Gomes¹, Xavier Délen¹, Igor Martial², Julien Didierjean²,
Wolfgang Pallmann³, Bojan Resan³, Thomas Graf⁴, Marwan Abdou Ahmed⁴, Frederic
Druon¹, François Balembois¹, Patrick Georges¹**

¹ *Laboratoire Charles Fabry, UMR 8501, Institut d'Optique, CNRS, Univ Paris Sud, 2 Avenue A.
Fresnel, 91127 Palaiseau Cedex, France*

² *Fibercryst SAS, Parc d'activité Wilson Bât A1, 31 Rue Wilson, F-69150 Decines Charpieu, France*

³ *JDSU Ultrafast Lasers AG, Ruetistrasse 12, 8952 Schlieren, Switzerland*

⁴ *Institut für Strahlwerkzeuge, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 43, 70569 Stuttgart, Germany*

xavier.delen@institutoptique.fr

RÉSUMÉ

Cet article présente les résultats expérimentaux obtenus sur le développement d'une source d'impulsions laser en régime femtoseconde avec des faisceaux à polarisation cylindrique. Trois amplificateurs à fibre cristalline Yb:YAG successifs sont implémentés après l'oscillateur laser à verrouillage des modes en phase pour obtenir jusqu'à 85 W en polarisation radiale.

MOTS-CLEFS : *laser, amplificateur, fibre cristalline, Yb:YAG*

INTRODUCTION

Au cours de ces dix dernières années, plusieurs réalisations expérimentales ont montré l'intérêt des faisceaux à polarisation cylindrique (radiale ou azimutale). La symétrie de ces états de polarisation permet, entre autres, d'augmenter la vitesse des processus de découpe et de produire des trous de fort rapport d'aspect avec une meilleure symétrie [1]. Ces faisceaux peuvent être générés directement par les oscillateurs laser en utilisant des éléments sélectifs intra-cavité ou par conversion de polarisation d'un faisceau extra-cavité [2]. Dans cet article, nous présentons les résultats obtenus sur le développement d'une source laser femtoseconde amplifiée qui délivre un faisceau à polarisation radiale. Les étages d'amplification sont réalisés en utilisant des fibres cristallines Yb:YAG dont la symétrie est particulièrement bien adaptée à l'amplification de faisceaux à polarisation radiale [3]. Dans la configuration présentée ici, Ils permettent d'atteindre des puissances moyennes de 100 W et 85 W respectivement en polarisation linéaire et radiale.

Le schéma du montage expérimental est présenté figure 1. La source laser d'injection est un oscillateur à cristal massif délivrant une puissance moyenne de 1,5 W à une cadence de 20 MHz. Elle produit des impulsions de 360 fs avec un spectre de 3,5 nm de large à mi-hauteur centré autour de 1031 nm et une polarisation linéaire. La chaîne d'amplification est constituée de trois amplificateurs à fibre cristalline Yb:YAG consécutifs. Les amplificateurs sont utilisés en double passage en polarisation linéaire de façon à augmenter l'extraction de puissance moyenne. La conversion de la polarisation linéaire à la polarisation radiale est ici effectuée entre le deuxième et le troisième étage d'amplification.

Le premier étage d'amplification opéré en double passage est pompé par une diode de forte brillance délivrant une puissance moyenne de 120 W à 940 nm. L'utilisation d'un module à fibre cristalline Yb:YAG de 30 mm de longueur avec un dopage de 2 % at. permet d'atteindre une puissance de 22,5 W avec une excellente qualité de faisceau. L'efficacité d'extraction est alors de 17%.

Les expériences sur le deuxième étage d'amplification ont donné lieu à une comparaison des performances de l'amplificateur pour un pompage à 940 nm et un pompage utilisant la transition zéro-phonon à 969 nm. Bien que le pompage à 940 nm donne de meilleurs résultats à faible puissance de pompe (l'absorption élevée favorisant un meilleur recouvrement), la réduction de la charge thermique avec le pompage à 969 nm permet d'obtenir une puissance de sortie environ 10% plus élevée à 150 W de pompe. Ainsi, jusqu'à 70 W sont obtenus pour une amplification en double passage exploitant une puissance de pompe de 200 W à 969 nm. Un convertisseur composé de 8 segments de lames demi-onde a ensuite été utilisé pour convertir la polarisation de linéaire à radiale. Ce dernier introduit environ 20% de pertes ce qui réduit la puissance moyenne à 55 W en entrée du troisième étage d'amplification.

L'isotropie des cristaux de YAG ainsi que la symétrie du cristal et de son environnement thermo-mécanique font des fibres cristallines Yb:YAG une architecture laser particulièrement bien adaptée pour l'amplification de faisceaux à polarisation cylindrique. Par exemple, des effets comme la biréfringence induite thermiquement ou la double focalisation sont théoriquement inexistantes pour des faisceaux à polarisation radiale amplifiés dans un système à symétrie cylindrique. En revanche, la polarisation radiale ne permet pas de réaliser des amplificateurs à deux passages tels que ceux démontrés avec une polarisation linéaire. Avec une diode de pompe de 120 W à 940 nm (identique à celle employé sur le premier étage), une amplification jusqu'à 85 W est observée avec une bonne conservation de l'état de polarisation. En polarisation linéaire, le troisième étage d'amplification a aussi permis d'obtenir jusqu'à 100 W de puissance moyenne. La durée des impulsions amplifiées est de 750 fs ce qui correspond à une puissance crête de 4 MW.

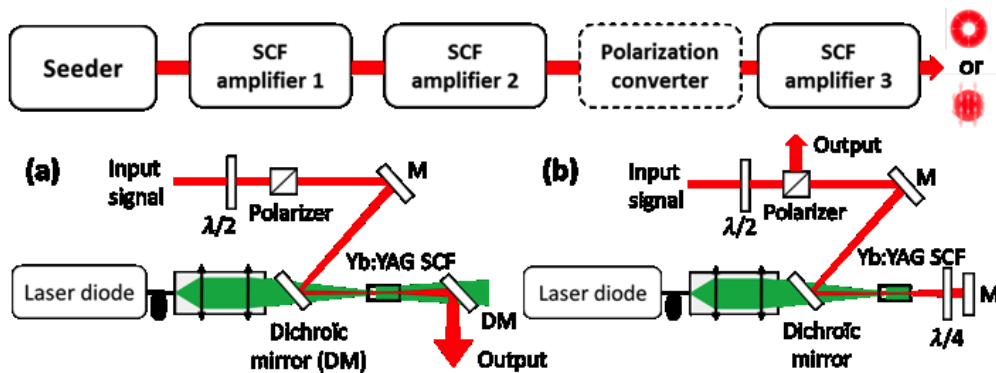


Fig. 1 : Montage expérimental des amplificateurs à fibre cristalline

CONCLUSION

Nous avons démontré l'amplification d'impulsions femtoseconde dans trois étages successifs d'amplificateurs à fibre cristalline. Jusqu'à 85 W ont été obtenus avec un faisceau à polarisation radiale.

RÉFÉRENCES

- [1] R. Weber, A. Michalowski, M. Abdou Ahmed, V. Onuseit, V. Rominger, M. Kraus, and T. Graf, *Physics Procedia* 12, 21–30 (2011).
- [2] P. Phua, W. Lai, Y. Lim, B. Tan, R. Wu, K. Lai, and H. Tan, "High Power Radial Polarization Conversion Using Photonic Crystal Segmented Half-Wave-Plate," in *Conference on Lasers and Electro-Optics/Quantum Electronics and Laser Science, Technical Digest (CD)* (Optical Society of America, 2008), paper CMO4.
- [3] S. Piehler, X. Délen, M. Rumpel, J. Didierjean, N. Aubry, T. Graf, F. Balembois, P. Georges, and M. Abdou Ahmed, "Amplification of cylindrically polarized laser beams in single crystal fiber amplifiers," *Opt. Express* 21, 11376-11381 (2013)