HAL
open science

HIBISCUS : simulateur pour la mise au point de stratégies de contrôle-commande des lasers CBC

Thomas Rousseaux, Jérôme Primot, Jean-Christophe Chanteloup, Bastien Rouzé, Cindy Bellanger

To cite this version:

Thomas Rousseaux, Jérôme Primot, Jean-Christophe Chanteloup, Bastien Rouzé, Cindy Bellanger. HIBISCUS : simulateur pour la mise au point de stratégies de contrôle-commande des lasers CBC. SFO Optique 2022, Jul 2022, Nice, France. hal-03820550

HAL Id: hal-03820550

https://hal.science/hal-03820550v1

Submitted on 19 Oct 2022

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.

HIBISCUS : SIMULATEUR POUR LA MISE AU POINT DE STRATÉGIES DE CONTRÔLE-COMMANDE DES LASERS CBC

Thomas Rousseaux,[1,*] **Jérôme Primot,**[1] **Jean-Christophe Chanteloup,**[2] **Bastien Rouzé,**[1] **Cindy Bellanger**[1]

[1] *DOTA, ONERA, Université Paris-Saclay, 91123 Palaiseau, France*
[2] *LULI, CNRS, Ecole Polytechnique, CEA, Sorbonne Université, Institut Polytechnique de Paris-91120*

*thomas.rousseaux@onera.fr

RÉSUMÉ

La CBC (*Coherent Beam Combining*) est une technologie clé pour la réalisation de lasers intenses. Nous présentons HIBISCUS, simulateur pour la conception d'asservissements de la phase des faisceaux de lasers CBC. Basé sur la technique PISTIL et un miroir déformable segmenté, il permet de tester et affiner différentes stratégies de contrôle-commande.

MOTS-CLEFS : *CBC ; Contrôle-commande*

1. INTRODUCTION

La recherche de hautes puissances laser est actuellement en plein essor dans le monde. Parmi les techniques existantes, la CBC [1, 2] utilise plusieurs sources laser pour les recombiner entre elles, ce qui requiert une correction sur les différences de phase entre les faisceaux. Un banc, nommé HIBISCUS, a été développé à l'ONERA pour mettre au point les stratégies de contrôle-commande de l'asservissement des phases de ces lasers CBC dans un environnement laboratoire simple. HIBISCUS est basé sur l'utilisation d'un interféromètre PISTIL [3, 4] combiné avec un miroir déformable segmenté. Ce simulateur est développé en collaboration avec le projet XCAN de l'école Polytechnique, dont l'objectif est le développement d'un laser digital CBC avec 61 sources laser en coopération.

2. PRÉSENTATION DU BANC HIBISCUS

La Figure 1 représente le schéma optique du banc de démonstration HIBISCUS. La source utilisée est une diode laser à 1064 nm. D'autres sources peuvent être facilement intégrées en fonction du type de laser que l'on cherche à simuler. Le miroir est un IRIS-AO segmenté PTT-111 possédant 37 segments hexagonaux sur trois couronnes pouvant chancun bouger en piston sur une excursion supérieure à la longueur d'onde du laser, en tip et en tilt et avec une fréquence maximale de 5 kHz. La loi de commande fournie au miroir segmenté est représentative en amplitude et en fréquence des défauts de phase observés à la sortie d'un laser élémentaire. On crée ainsi une surface d'onde segmentée dont chaque élément peut être déphasé indépendamment de ses six voisins, parfaitement représentative de celle d'un laser CBC en champ proche.

Un interféromètre PISTIL [4, 5] est placé après un relais optique afocal afin d'obtenir les figures d'interférences à analyser sur la caméra. Le système de contrôle-commande à tester s'insère à la sortie de l'analyseur PISTIL, en comparaison de la commande du miroir déformable.

3. PRINCIPE D'UTILISATION DU BANC

PISTIL étant un outil plug-and-play transportable, il permet de mesurer in situ les déphasages de l'installation laser à simuler en boucle ouverte (dans notre cas, le laser XCAN) [6]. De ces mesures, on obtient en absolu les dérives différentielles des lasers élémentaires en boucle ouverte. On peut alors en déduire des lois comportementales. Ces lois sont d'ailleurs individualisables et permettent ainsi de prendre en compte les éventuelles disparités technologiques entre fibres laser. De retour sur le banc HIBISCUS, on peut appliquer ces lois de commande au miroir segmenté afin de produire des

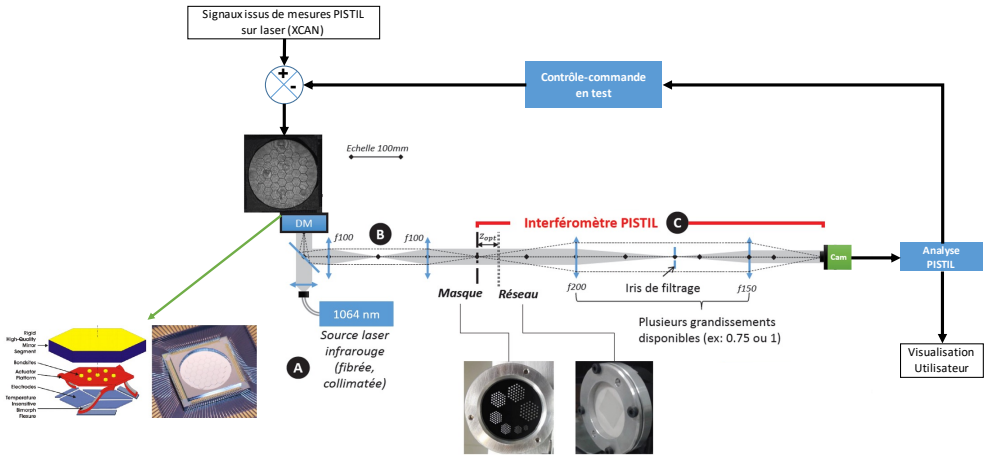

FIGURE 1 : Schéma optique du banc HIBISCUS. A est la zone source, B est un relais optique afocal permettant de conjuguer le champ proche du miroir sur le masque de PITSIL, et C est le bras de l'interféromètre PISTIL.

stimuli représentatifs de la chaîne à optimiser. Ce dernier est alors éclairé par un faisceau de même longueur d'onde que celle du laser CBC. On utilise le banc HIBISCUS pour mesurer en absolu les défauts réellement produits par le miroir déformable à des fins de vérification. L'ensemble de cette opération permet donc de simuler très précisément le comportement d'un laser CBC de type XCAN, de façon à pouvoir concevoir / tester / améliorer les stratégies de contrôle-commande des phases à mettre en œuvre tout en préservant l'installation laser.

CONCLUSION

Le banc de simulation HIBISCUS est un outil de laboratoire qui permet de mettre au point dans un environnement laboratoire simple les stratégies de contrôle-commande de la phase des faisceaux des lasers CBC en s'affranchissant de l'installation et de l'utilisation du laser.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Frédéric Zamkotsian pour sa collaboration dans la partie métrologie du projet. Ce travail a bénéficié d'une aide Investissements d'Avenir du LabEx PALM (ANR-10-LABX-0039-PALM).

RÉFÉRENCES

[1] G. Mourou, B. Brocklesby, T. Tajima, and J. Limpert, "The future is fibre accelerators," *Nature Photonics*, vol. 7, no. 4, pp. 258–261, 2013.

[2] I. Fsaifes, L. Daniault, S. Bellanger, M. Veinhard, J. Bourderionnet, C. Larat, E. Lallier, E. Durand, A. Brignon, and J.-C. Chanteloup, "Coherent beam combining of 61 femtosecond fiber amplifiers," *Optics Express*, vol. 28, no. 14, p. 20152, 2020.

[3] M. Deprez, B. Wattellier, C. Bellanger, L. Lombard, and J. Primot, "Phase measurement of a segmented wavefront using PISton and TILt interferometry (PISTIL)," *Optics Express*, vol. 26, no. 5, p. 5212, 2018.

[4] B. Rouze, J. Primot, P. Lanzoni, F. Zamkotsian, F. Tache, and C. Bellanger, "High-dynamic range segmented mirror metrology by two-wavelength PISTIL interferometry : demonstration and performance," *Optics Express*, vol. 28, no. 22, p. 32415, 2020.

[5] B. Rouzé, J. Primot, F. Zamkotsian, P. Lanzoni, and C. Bellanger, "PISTIL interferometry : a modular, plug-and-play metrology mean for diagnosis of coherently combined laser arrays," in *Fiber Lasers XVIII : Technology and Systems*. SPIE, 2021, p. 52.

[6] B. Rouze, S. Bellanger, I. Fsaifes, C. Bellanger, M. Veinhard, J.-C. Chanteloup, and J. Primot, "PISTIL interferometry diagnosis on a 61 channels coherent beam combining digital laser," in *2021 CLEO/Europe-EQEC*. Munich, Germany : IEEE, 2021.