OSCILLATEUR PARAMETRIQUE OPTIQUE A BASE DE CRISTAUX PHOTONIQUES NON-LINEAIRES PPLT-2D

Mohamed Lazoul [1,2], Hocine Chikh-Touami [1,2], Azzedine Boudrioua[2], Lotfy Mokhtar Simohamed[1], Lung-Han Peng[3], Alexis Fischer[2]

[1] *Laboratoire des Systèmes Electroniques et Optroniques, Ecole Militaire Polytechnique, Bordj El Bahri, Alger, Algerie*

[2] *Laboratoire de Physique des Lasers, CNRS UMR 7538 ; Institut Galilée, Université Paris 13; 99 avenue JB Clément, Villetaneuse 93430, France*

[3] *Graduate Institute of Photonics and Optoelectronics, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan, R.O.C.*

mohamedlazoul@gmail.com

RÉSUMÉ

Les oscillateurs paramétriques optiques constituent la dernière étape vers une source paramétrique performante. Ils émettent un rayonnement cohérent accordable tant que le gain paramétrique compense les pertes d'énergie : lorsque le pompage est suffisamment fort, le seuil d'oscillation est atteint. Dans ce travail, nous nous intéressons à l'étude d'un oscillateur paramétrique optique à base de cristaux photoniques non linéaires de type PPLT 2D. Le but est, premièrement, de montrer la faisabilité d'un OPO avec ce type de cristaux, puis d'étudier ses performances en termes d'efficacité et de longueurs d'onde générées.

MOTS-CLEFS : *cristal photonique non linéaire, oscillation paramétrique optique.*

1. INTRODUCTION

Les cristaux photoniques non linéaires (structures périodiquement polarisées à deux dimensions) sont des composants très intéressants pour la génération paramétrique optique multi-longueur d'onde. Le quasi-accord de phase (QPM) multiple offert par ces architectures permet l'accord de phase de plusieurs processus non linéaires simultanément [1]. Depuis leur première démonstration de laboratoire, les oscillateurs paramétriques optiques (OPO) ont beaucoup évolué et sont devenus de véritables sources de lumière cohérente très performantes. Leur grande efficacité et leur large gamme d'accordabilité, qui n'est limitée que par la gamme de transparence du cristal, en font des sources " tout solide" hautement attractives pour des applications diverses. En particulier dans les gammes de longueurs d'onde non couvertes par les sources lasers traditionnelles. Les OPO sont très prometteurs pour des applications technologiques telles que la spectroscopie à haute résolution [2], le diagnostic des écoulements gazeux [3], la télémétrie à sécurité oculaire, le stockage de l'information [4], les communications "tout optique", ou encore l'amplification d'images [5]. Ils sont particulièrement intéressants dans la région IR de 2 à 20 µm où l'on manque de sources lasers accordables comme les lasers à colorant pour le visible et le laser titane : saphir pour le proche IR. Les OPO peuvent fonctionner dans tous les régimes temporels : continu et impulsionnel, en fonction du laser de pompe utilisé.

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à l'étude d'un oscillateur paramétrique optique à base de cristaux photoniques non linéaires de type PPLT 2D. Le but est, premièrement, de montrer la faisabilité d'un OPO avec ce type de cristaux, puis d'étudier ses performances en termes d'efficacité et de longueurs d'onde générées.

2. RESULTATS ET ANALYSE

L'échantillon utilisé dans cette expérience est un cristal PPLT-2D avec un réseau carré aux motifs hexagonaux. Ses dimensions sont de (22 × 5 × 0.5) mm^3 avec une période $\Lambda_x = \Lambda_y = 8.52\ \mu m$.

Le montage expérimental réalisé pour ce travail est illustré sur la figure 1. La source laser de pompe est constituée d'un laser microchip Q-switch Nd : YAG à1064 *nm* (une largeur spectrale de 0.22 *nm*, une durée d'impulsion de 0.5 *nm* et une fréquence de répétition ajustable de 1 à 15 Hz) et d'un cristal doubleur BBO pour générer le second harmonique à 532 *nm* qui est utilisé comme pompe pour l'OPO. Le cristal PPLT-2D est introduit au centre de la cavité M_1M_2. Cette dernière est une cavité linéaire simplement résonnante aux longueurs d'onde signal.

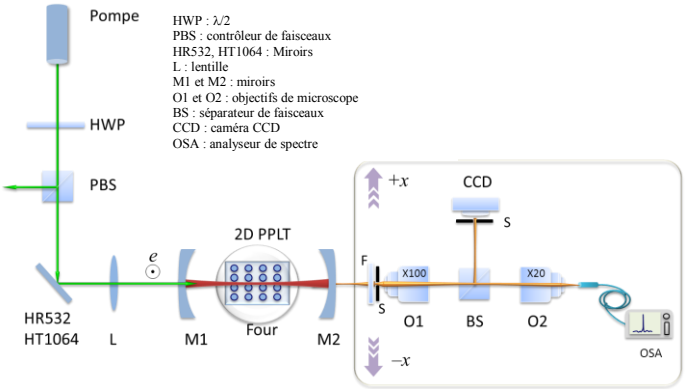

Figure 1 : Montage expérimental de l'OPO PPLT-2D.

Les miroirs de la cavité sont des miroirs plan-concaves transparents à la longueur d'onde de pompe et réfléchissants aux longueurs d'onde signal (R > 99 % de 710 à 890 *nm*, T > 95 % de 488 à 532 *nm*). L'OPO est caractérisé par une cavité courte de 72.5 *mm* de longueur. En effet, ce type de cavité est relativement facile à mettre au point en raison des contraintes expérimentales, notamment l'épaisseur du cristal 0.5 *mm* et elle permet de bien confiner le faisceau à l'intérieur du cristal sans toutefois aggraver l'ampleur des effets photo-réfractifs.

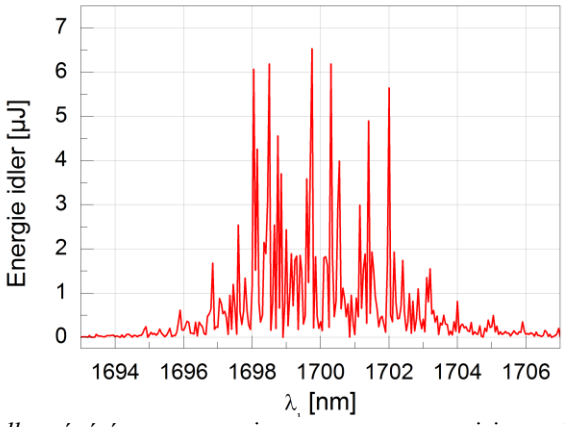

Figure 2 : Spectre *idler* généré pour une puissance pompe au voisinage du seuil d'oscillation.

A titre d'exemple, la figure 2 montre le spectre *idler* généré par l'oscillateur paramétrique optique. Juste au-dessus du seuil d'oscillation (Ep = 62 *mJ*), nous observons un spectre contenant plusieurs pics comme illustré sur la figure 2. Cela est dû au caractère multi-longueurs d'onde de la génération paramétrique réalisée par le cristal PPLT-2D grâce à la contribution de plusieurs vecteurs du réseau réciproques dans le QPM. La qualité des miroirs utilisés joue un rôle important sur les longueurs d'onde oscillantes. En effet, un coefficient de réflexion R > 99% de 710 à 890 *nm* fait que pratiquement toutes les longueurs d'onde signal générées oscilleront à l'intérieur de la cavité. Dans le but d'étudier l'efficacité de l'oscillation paramétrique, nous avons varié

graduellement l'énergie de l'onde de pompe et mesuré l'énergie de l'onde *idler* en sortie de l'OPO PPLT-2D, tout en faisant attention à ne pas atteindre le seuil de dommage du matériau. Le seuil d'oscillation est estimé à 59 *mJ* équivalent à une densité de puissance seuil de 500 MW/cm^2.

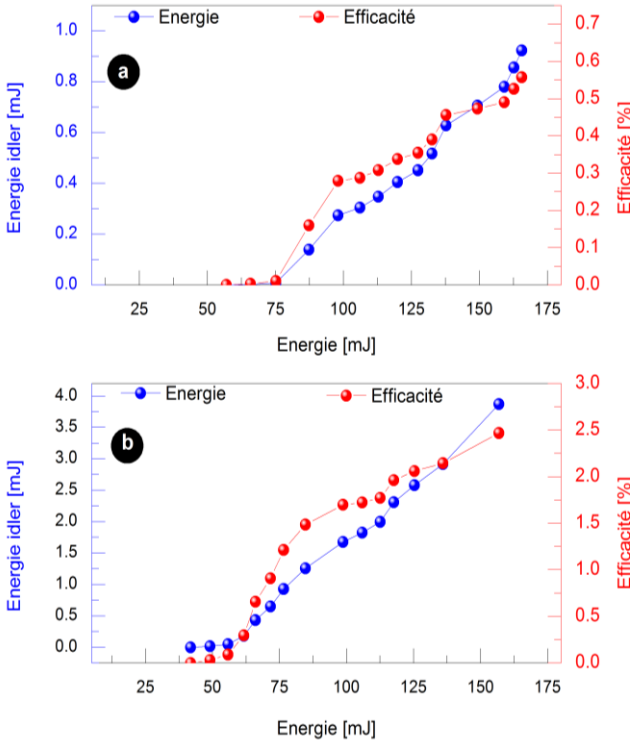

Figure 3 : Variation de l'énergie *idler* et de l'efficacité de l'oscillation paramétrique à 1710 nm (a) à 80°C et (b) à 110°C en fonction de l'énergie pompe.

Sur la figure 3, nous avons tracé l'évolution de l'énergie *idler* générée ainsi que l'efficacité de l'oscillateur à deux températures différentes 80 et 110°*C*. Cette dernière correspond à la température optimale pour laquelle nous avons un maximum de génération paramétrique à 1700 *nm*. Notons que l'augmentation de l'énergie *idler* est beaucoup plus rapide à 110°*C* qu'à 80°*C* et par conséquent le seuil d'oscillation est atteint plus rapidement. L'efficacité maximale atteinte est de l'ordre de 2.5 % pour une énergie de pompe de 160 *mJ*. A souligner que notre cristal PPLT-2D n'était pas traité antireflet.

3. CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons réalisé et étudié un oscillateur paramétrique optique à base de cristaux photoniques non linéaires de type PPLT 2D. L'OPO nanoseconde basé sur une cavité simplement résonnante est réalisé avec des miroirs sphériques. L'efficacité de l'oscillateur est de l'ordre de 2.5 % pour une énergie de pompe de 160 *mJ* et cela pour un cristal dont les faces ne sont pas traitées antireflet. Ce travail se poursuit afin d'augmenter davantage les performances de l'oscillateur et de réaliser la même étude en configuration guidée.

REFERENCES

[1] V. Berger, Physical Review Letters,vol. 81, no. 19, p. 4136, 1998.
[2] I. Ledoux, J. Badan, J. Zyss, A. Migus, D. Hulin, J. Etchepare, G. Grillon, and A. Antonetti, J. Opt. Soc. Am. B, vol. 4, p. 987, 1987.
[3] B. Scherrer, Ph.D. dissertation, 1998.
[4] P. Mandel, Cambridge University Press, 1997, ch. 3.
[5] G. L. Tolguenec, Opt. Lett., vol. 24, p. 1047, 1999.