

Front-End Ti :Sa 10kHz, compact, de durée sub-20fs à CEP stabilisée pour la génération d'impulsions attosecondes.

A.Golinelli^{1,2}, X. Chen¹, E. Gontier¹, B. Bussière¹, O. Tcherbakoff², P. d'Oliveira², P.-M. Paul^{1,3} et J.-F. Hergott².

¹Amplitude Technologies, 2 - 4 rue du Bois Chaland CE 2926, 91029Evry, France

²LIDYL, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA-SACLAY, 91191 Gif-sur-Yvette, France

³Continuum Inc., Amplitude Laser Group, 140 Baytech Drive, CA 95134, San Jose, USA

La production d'impulsions attosecondes ($1\text{as}=10^{-18}\text{s}$) uniques via la génération d'harmoniques d'ordres élevés dans les gaz rares nécessite l'utilisation d'impulsions laser ultra-courtes, de durée sub-10fs, dont la position de la porteuse du champ électrique au sein de l'enveloppe temporelle de l'impulsion (CEP pour Carrier Enveloppe Phase) doit être reproductible tir à tir et contrôlée à l'échelle attoseconde. La génération d'impulsions de durée sub-10fs qui peut être réalisée soit par post-compression [2] soit par des techniques de porte de polarisation [3], est effectuée d'autant plus aisément que la durée de l'impulsion est courte initialement (sub-20fs). Finalement, la possibilité de produire des impulsions laser énergétiques à haute cadence est de plus en plus souhaitée afin de réduire les temps d'acquisitions des expériences.

Nous présentons ici les premiers résultats obtenus avec un nouveau « front-end », Ti :Sa basé sur l'amplification à dérive de fréquence à 10 kHz, stabilisé en CEP, capable de délivrer des impulsions laser énergétiques de durée sub-20fs. Ce système laser a été développé par Amplitude Technologies en collaboration avec l'équipe SLIC du CEA Saclay au sein du laboratoire commun Impulse. Les impulsions issues d'un oscillateur Rainbow (Femtolasers), stabilisé en CEP avec un bruit résiduel de l'ordre de 90 mrad, sont étirées temporellement à près de 360 ps par un étireur de type Öffner, opto-mécaniquement stable afin de conserver la stabilisation en CEP. Un modulateur acousto-optique programmable (Dazzler) est placé après l'étireur afin de contrôler les différents ordres de la phase spectrale ainsi que la CEP. Les impulsions sont alors injectées dans un premier amplificateur multipassage (6-pass) qui permet d'obtenir un gain de 200. Ce dernier est pompé par 15W à 532nm d'un laser de pompe 10 kHz, 80W développé par Amplitude Technologies. Ces impulsions sont ensuite amplifiées dans une nouvelle cavité régénérative originale à double cristaux de Ti :Sa. La compression est réalisée par un compresseur à deux réseaux en double passage.

L'architecture duale de la cavité permet de répartir la thermique générée par les pompes et ainsi réduire la lentille thermique. L'amplification est

alors plus efficace et la bonne qualité spatiale du faisceau est conservée. Dans notre cas la puissance de sortie est de l'ordre 5W à 10 kHz avec 28W de pompe alors qu'une cavité classique serait typiquement limitée à 1W avec 10W de pompe maximum. La cavité duale amène un gain de près d'un facteur 5 sur la puissance produite en sortie de cavité ; il est possible de pomper plus fort sans dégrader le faisceau et l'amplification est plus efficace. Pour atteindre ce niveau de puissance, un amplificateur régénératif classique doit être suivi d'un amplificateur multi-passage. La largeur spectrale de l'impulsion est de près de 35nm permettant d'atteindre une durée optimisée par bouclage DAZZLER de 32fs.

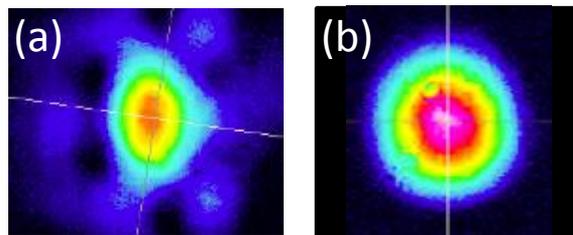


Fig. 1: Champ proche en sortie d'amplificateur régénératif 10 kHz (a) classique (un cristal) pompé par 20W (b) dual (deux cristaux) pompé par 28W.

Nous avons également démontré qu'il est toujours possible d'utiliser un second modulateur acousto-optique (MAZZLER) placé dans la cavité. Il permet de compenser le rétrécissement spectral par le gain de la cavité et de produire une impulsion amplifiée plus large spectralement [4]. Nous avons généré des impulsions avec un spectre de près de 100 nm de large en $1/e^2$ d'une durée de 19.4fs (durée TF de 19.2fs). La stabilisation active de la CEP, réalisée avec le DAZZLER couplé à diagnostic spécifique développé en interne (BIRD) [5,6], permet de réduire le bruit résiduel, tir à tir, de la CEP à moins de 300 mrad sur près d'une heure.

Références

- [1] F. Krausz *et al.*, *Rev. Mod. Phys.* **81**, 163 (2009)
- [2] Bohmann *et al.*, *Opt. Lett.* **35**, 1887 (2010)
- [3] Sansone, G. *et al.*, *Science* **314**, 443 (2006)
- [4] Trisorio *et al.*, *Opt. Exp.* **19**, 20128 (2011)
- [5] Koke *et al.*, *Opt. Lett.* **21**, 2545 (2008)
- [6] Feng *et al.*, *Opt. Exp.* **21**, 25248 (2011)