

# GÉNÉRATION D'IMPULSIONS LASER SUB-PICOSECONDE MULTI-GHz SANS MODE-LOCKING : LA SOURCE GIGAPICO

Lilia Pontagnier<sup>1,3</sup>, Pierre Hericourt<sup>1</sup>, Denis Marion<sup>1</sup>, Jérôme Lhermite<sup>1</sup>,  
Giorgio Santarelli<sup>2</sup>, Eric Cormier<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre Lasers Intenses et Applications, Université Bordeaux-CNRS-CEA-UMR 5107, 33405 Talence, France

<sup>2</sup>Laboratoire Photonique Numérique et Nanosciences (LP2N), UMR 5298, CNRS-IOGS-Université Bordeaux, 33400 Talence, France

<sup>3</sup>Aquitaine Science Transfert, 33400 Talence, France

[eric.cormier@u-bordeaux.fr](mailto:eric.cormier@u-bordeaux.fr)

## RÉSUMÉ

Nous présentons une source laser basée sur la modulation électro-optique délivrant des impulsions sub-ps à des cadences de plusieurs GHz à 1030 nm. Amplifiée jusqu'à 20 W, la source fibrée peut émettre des rafales d'impulsions GHz atteignant une énergie totale de 1 mJ. Le concept et les applications de la source seront présentées.

**MOTS-CLEFS :** *source GHz, laser femtoseconde, burst mode, modulation électro-optique, lasers à fibre*

## 1. INTRODUCTION

Les systèmes lasers ultrarapides sont devenus très populaires dans le contexte des applications en procédés lasers. Généralement, ces systèmes fonctionnent à des taux de répétition allant du kHz au MHz. Cependant, des travaux récents [1] ont révélé le potentiel du micro-usinage utilisant des rafales d'impulsions GHz en démontrant des rendements supérieurs. Ces travaux pionniers ont soulevés de nombreux questionnements quand à l'origine de cet accroissement significatif de l'efficacité. En particulier, il semble que le processus devienne optimal pour une cadence GHz spécifique dépendante du matériau. C'est pourquoi nous tentons de répondre à ces questions fondamentales en proposant une technologie polyvalente parfaitement adaptée à cette étude. Dans cette contribution, nous présenterons le concept de la source laser Gigapico qui produit des impulsions d'une picoseconde environ à un taux de répétition (PRR) continuellement ajustable de 1 à 18 GHz. L'approche que nous proposons et qui offre cette agilité permet de générer des impulsions sub-picoseconde sans faire appel à un processus de blocage de mode communément utilisé dans les cavités lasers femtoseconde. Le système permet de plus un fonctionnement en rafale ou le nombre d'impulsions peut être défini entre 100 et plusieurs milliers. La cadence des rafales (BRR) est elle aussi réglable par l'utilisateur et peut prendre des valeurs entre 20 kHz et plusieurs MHz. Enfin, nous avons la possibilité de mettre en forme l'enveloppe des rafales et lui attribuer une forme arbitraire (constante, croissante, décroissante, ...). La puissance moyenne maximale atteint 20 W, ce qui correspond à une énergie de 1 mJ par rafale à 20 kHz.

## 2. SYSTÈME EXPÉRIMENTAL

L'architecture de la source Gigapico est décrite dans la figure 1. L'injecteur produit des impulsions de plusieurs dizaines de picoseconde à une cadence pouvant varier sur près d'une octave. Ces impulsions sont générées par modulations électro-optique de la phase et de l'amplitude d'un laser continu émettant à 1030 nm. La cadence des impulsions est simplement ajustée en changeant la radio-fréquence du synthétiseur pilotant les modulateurs entre 11 et 18 GHz. La modulation de fréquence imposée au signal CW a pour effet de créer des modes fréquentiels discrets espacés de la fréquence de modulation élargissant ainsi le spectre initialement monochromatique. D'autre part, cette modulation induit une dispersion quadratique qui peut être

compensée à la sortie du système par un compresseur. Ainsi les impulsions générées d'environ 50 ps peuvent être recompressées à environ 1 ps [2] suivant la cadence choisie. Afin d'étendre la plage de fréquence, le signal RF est divisé par 2, 4, 6, ... avant d'être envoyé dans le modulateur d'amplitude donnant une plage d'accordabilité quasi continue variant de 1 à 18 GHz.

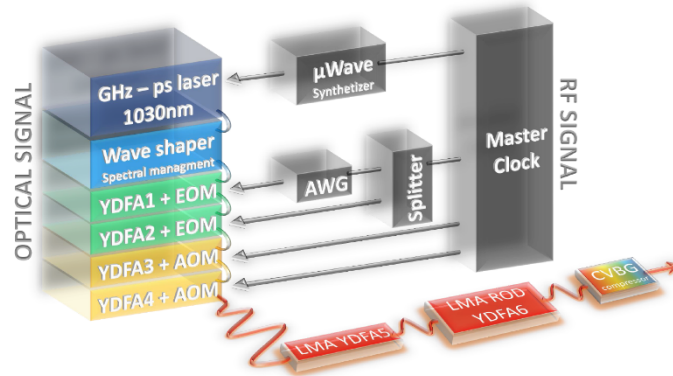


Fig. 1 : Schéma de principe du système Gigapico

Afin d'augmenter la flexibilité du système, d'accroître l'énergie par impulsion et de permettre un fonctionnement en mode rafale, une série d'amplificateurs à fibre dopée Ytterbium et de modulateurs sont mis en place. La mise en forme des rafales est assurée par un générateur de forme arbitraire (AWG) capable de fixer l'amplitude de chaque impulsion de la rafale indépendamment. Des exemples de formes arbitraires des rafales sont données dans la figure 2. L'amplification de puissance est réalisée par deux amplificateurs fibrés LMA dont un basé sur une fibre rod-type. La gestion de la dispersion est répartie à deux endroits dans le système. Une pré-compensation accordable est réalisée dans le Wave shaper en amont de l'amplification et la compensation finale se fait dans un réseau de Bragg (CVBG) en sortie du système.

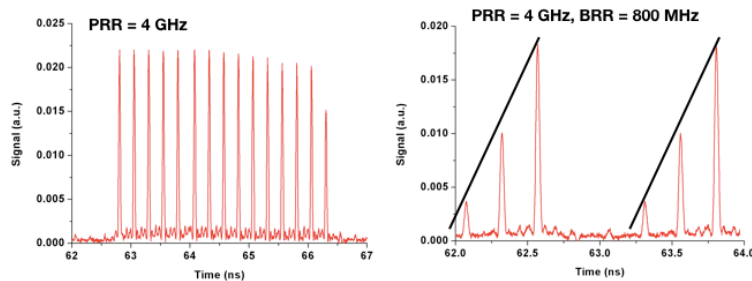


Fig. 2 : Exemples de mise en forme de rafales

Le système génère un faisceau polarisé linéairement d'une puissance moyenne de 20 W et contenant des rafales d'une énergie maximale de 1 mJ suffisant pour une large gamme d'applications comme le micro-usinage par exemple.

## CONCLUSION

Nous présentons un système laser basé sur la modulation electro-optique permettant de produire des impulsions sub-picoseconde à des cadences extrêmement élevées pouvant varier entre 1 et 18 GHz. Le train d'impulsions est par la suite mis en forme pour un fonctionnement en mode rafale. Les applications de cette source innovante seront présentées.

## RÉFÉRENCES

- [1] Kerse et al., "Ablation-cooled material removal with ultrafast bursts of pulses", Nature, Vol. 537, pp. 84, 2016

[2] A. Aubourg et. al., "Generation of picosecond laser pulses at 1030 nm with gigahertz range continuously tunable repetition rate", Optics Letters, Vol. 23, pp. 5610, 2015