

Approche globale d'optimisation de l'intensité d'impulsions attosecondes : applications à l'étude de dynamiques ultrarapides et à l'imagerie cohérente XUV.

S. Prawdziak¹, C. Valentin¹, K.Veyrinas¹, J. Vabék^{1,2,3}, D. Descamps¹, C. Péjot¹, F. Burgy¹, F. Catoire¹, E. Constant⁴ et E. Mével¹

1. Centre Lasers Intenses et Applications (CELIA), Université de Bordeaux-CNRS-CEA, Talence, France
2. ELI Beamlines, FZU – Prague, République Tchèque
3. Czech Technical University in Prague – Prague, République Tchèque
4. Institut Laser-Matière, Université Claude Bernard Lyon 1 – CNRS, Villeurbanne, France

Les sources XUV (10-100 nm) basées sur la génération d'harmoniques d'ordre élevé (HHG) dans les gaz sont émises sous forme d'impulsions attosecondes et présentent des propriétés de cohérences spatiale et temporelle propices à différentes applications. Afin de réaliser des expériences pompe-sonde XUV-XUV, il est nécessaire de contrôler la focalisation des faisceaux XUV ainsi que la durée des impulsions afin d'augmenter l'intensité XUV jusqu'à $\sim 10^{14}$ W/cm² ou plus [1, 2]. Il est maintenant admis que le profil spatial des harmoniques dépend de l'ordre [1, 3, 4] ce qui rend le profil temporel des impulsions attosecondes inhomogène dans le profil d'intensité [3]. Nous avons récemment démontré qu'il est possible de contrôler expérimentalement les propriétés spatiales du rayonnement XUV [5, 6].

Ce travail repose sur une série d'expériences réalisées au CELIA sur le laser Eclipse qui délivre des impulsions infrarouges (IR) à 800 nm avec une fréquence de 10 Hz. Le faisceau IR va subir une étape de mise en forme réalisée au moyen d'un filtrage spatial du faisceau ainsi qu'une correction de son front d'onde par un miroir déformable Hipao ISP System dans le but d'avoir un faisceau gaussien. Le faisceau IR est ainsi focalisé dans un jet de gaz (Ar, ou Ne) afin de réaliser la génération d'harmoniques élevées. Les conditions de générations des harmoniques peuvent être modifiées notamment en bougeant le milieu générateur par rapport au foyer pouvant ainsi, dans certaines conditions induire un phénomène d'auto-focalisation des harmoniques sans utiliser d'optiques spécifiques pour les XUV [5]. Deux méthodes sont utilisées afin de caractériser les harmoniques d'ordre élevés. La première est la méthode appelée « Spectral Wavefront Optical Reconstruction by Diffraction » (SWORD) qui consiste à mesurer la courbure locale du front d'onde dans un plan simplement en déplaçant une fente verticalement. Cette méthode permet de caractériser chaque harmoniques de façon indépendante. La deuxième méthode est une caractérisation direct du front d'onde au moyen d'un senseur de front d'onde XUV de type Shack-Hartman. Cependant, le senseur effectuant une mesure moyenne sur tous les ordres, afin de comparer les deux méthodes on utilise un miroir multicouche permettant de réfléchir spécifiquement l'harmonique 25.

Grâce à ces 2 méthodes il est possible de caractériser précisément le faisceaux XUV (taille et position du foyer) et d'optimiser son intensité en vue de son utilisation dans le cadre d'une expérience d'imagerie par diffraction cohérente de matériaux nanostructurés ou bien encore d'une mesure de la dynamique des corrélations électroniques dans l'hélium, ce qui est resté hors d'atteinte expérimentalement jusqu'à présent [9].

RÉFÉRENCES:

- [1] I. Makos *et al.*, Sc. Rep. 10 :3759 (2020).
- [2] B. Senftleben *et al.*, J. Phys Photonics 2, n°3, 034001 (2020):
- [3] E. Frumker *et al.*, Opt. Express 20 13870 (2012).
- [4] M. Hoflund *et al.*, Ultrafast Science, 9797453 (2021)
- [5] L. Quintard *et al.*, Science Advances 5 :eaau 7175 (2019).
- [6] K. Veyrinas *et al.*, Opt. Express 29, 29813 (2021).
- [7] E. Frumker *et al.*, Opt. Letters 34, 3026 (2009).
- [8] F. Catoire *et al.*, Phys. Rev. A 94, 063401 (2016).
- [9] F. Li *et al.*, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 52, 195601 (2019)