



**HAL**  
open science

## Contrôle spatial de la structure temporelle d'impulsions attosecondes

Sylvain Prawdziak, Constance Valentin, K. Veyrinas, J. Vabek, Dominique Descamps, Clément Péjot, Frédéric Burgy, Fabrice Catoire, Eric Constant, Eric Mevel

► **To cite this version:**

Sylvain Prawdziak, Constance Valentin, K. Veyrinas, J. Vabek, Dominique Descamps, et al.. Contrôle spatial de la structure temporelle d'impulsions attosecondes. Optique Nice 2022, <https://www.sfoptique.org/pages/sfo/congres-optique/optique-nice-2022/>, Jul 2022, Nice, France. hal-03874808

**HAL Id: hal-03874808**

**<https://hal.science/hal-03874808>**

Submitted on 28 Nov 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.

# CONTRÔLE SPATIAL DE LA STRUCTURE TEMPORELLE D'IMPULSIONS ATTOSECONDES

S.Prawdziak<sup>1</sup>, C. Valentin<sup>1</sup>, K. Veyrinas<sup>1</sup>, J. Vabék<sup>1,2,3</sup>, D. Descamps<sup>1</sup>, C.Péjot<sup>1</sup>, F. Burgy<sup>1</sup>, F. Catoire<sup>1</sup>, E.Constant<sup>4</sup>, E. Mével<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> ELI Beamlines, FZU – Prague, République Tchèque

<sup>3</sup> Czech Technical University in Prague –Prague, République Tchèque

<sup>4</sup> Institut Laser-Matière, Université Claude Bernard Lyon 1 – CNRS, Villeurbanne, France

sylvain.prawdziak@u-bordeaux.fr

## RÉSUMÉ

Nous avons démontré expérimentalement la sélection spectrale d'un groupe d'harmoniques d'ordre élevé XUV au moyen d'une modification des propriétés spatiales du rayonnement XUV. Des simulations ont également montré l'amélioration du profil spatio-temporel d'un train d'impulsions attosecondes après propagation.

**MOTS-CLEFS :** XUV ; impulsion attoseconde ; génération d'harmoniques d'ordre élevé

## 1. INTRODUCTION

Les sources XUV (10-100 nm) basées sur la génération d'harmoniques d'ordre élevé (HHG) dans les gaz sont émises sous forme de trains d'impulsions attosecondes et présentent des propriétés de cohérences spatiale et temporelle utiles pour de l'imagerie et l'étude de dynamiques ultra-rapides. 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/cm<sup>2</sup>, voire 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 faisceau XUV en champ lointain [3]. Nous avons récemment démontré qu'il est possible de contrôler expérimentalement les propriétés spatiales du rayonnement XUV [5, 6] et d'améliorer le profil temporel attoseconde et son homogénéité spatiale [6].

## 2. MESURE DES PROPRIÉTÉS SPATIALES DU FAISCEAU XUV

Dans cette expérience, les harmoniques sont produites dans un jet de néon avec une intensité IR (800 nm) de  $4 \times 10^{14}$  W/cm<sup>2</sup>, pour un waist de 83  $\mu$ m [5]. Un trou mobile verticalement de diamètre 140  $\mu$ m situé à 370 mm en aval du foyer IR permet de caractériser les propriétés spatiales de chaque faisceau harmonique à l'aide de la technique SWORD [7]. En considérant des faisceaux XUV Gaussiens, il a été possible de déduire de ces mesures la position et la taille des foyers XUV. Lorsque le jet est placé avant le foyer IR, les faisceaux harmoniques sont focalisés après le milieu générateur démontrant ainsi la focalisation XUV sans optique [6]. En revanche, quand le jet de gaz est positionné à proximité et en aval du foyer IR, les foyers XUV sont plus proches les uns des autres mais sont virtuels (c'est à dire placés avant le jet) [4, 6].

## 3. FILTRAGE SPECTRAL XUV

Lorsque le trou est positionné sur l'axe des faisceaux XUV, nous avons démontré le filtrage spatial des harmoniques XUV avec une forte transmission et un bon contraste (Fig. 1a) qui permet de réaliser une sélection spectrale XUV ajustable en fonction de la position du jet. Ces résultats sont corroborés par des simulations basées sur la résolution des équations de Schrödinger dépendantes du temps incluant la propagation du rayonnement XUV [6] (Fig. 1b) qui démontrent que ce filtrage spectral s'accompagne d'un contrôle temporel des impulsions attosecondes en champs lointain en assurant une évolution plus

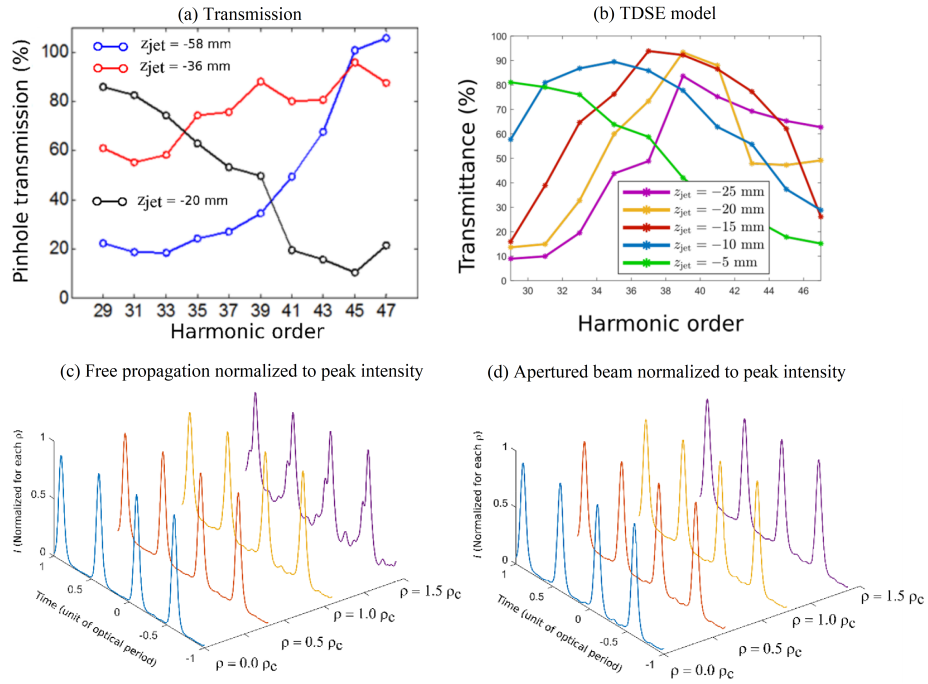


FIGURE 1 : (a) Transmission par un trou de  $140\ \mu\text{m}$  situé  $370\ \text{mm}$  après le faisceau IR mesurée pour les harmoniques H29 à H47 pour plusieurs positions du jet :  $z_{\text{jet}} = -58\ \text{mm}$  (bleu),  $-36\ \text{mm}$  (rouge) et  $-20\ \text{mm}$  (noir). (b) Transmission simulée (TDSE) en fonction de l'ordre harmonique pour cinq positions du jet de gaz. Intensité pic normalisée pour (c) propagation libre et (d) le faisceau passant par le trou pour  $z_{\text{jet}} = -15\ \text{mm}$  pour différentes valeurs du rayon critique  $\rho_c$  ( $\rho_c$  définit le rayon pour lequel la moitié de l'énergie est concentrée à l'intérieur et à l'extérieur de ce rayon).

homogène (Fig. 1c et Fig. 1d); propriété fondamentale pour une utilisation ultérieure, notamment la photoionisation pompe-sonde XUV-XUV [6].

#### 4. CONCLUSION

Nous sommes parvenus à démontrer expérimentalement que des modifications de position du milieu générateur par rapport au foyer IR permettaient le contrôle des propriétés spatiales des faisceaux harmoniques XUV mais aussi l'auto-focalisation des harmoniques et ce sans optiques. De plus nous avons démontré, d'un point de vue théorique et expérimental, le filtrage spectral d'un faisceau harmonique XUV pouvant indifféremment se comporter comme un filtre passe-bas, passe-haut ou faire une sélection large bande. Enfin nous avons montré que les modifications des propriétés spatiales du rayonnement XUV par filtrage se traduisaient par une amélioration de l'homogénéité du profil spatio-temporel du train d'impulsion attoseconde en champs lointain ce qui améliorera la qualité du faisceau après refocalisation.

#### RÉFÉRENCES

- [1] I. Makos *et al.*, *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1, p. 3759, 2020.
- [2] B. Senfftleben *et al.*, *JPhys Photonics*, vol. 2, no. 3, p. 034001, 2020.
- [3] E. Frumker *et al.*, *Optics Express*, vol. 20, pp. 13 870–13 877, 2012.
- [4] M. Hoflund *et al.*, *Ultrafast Science*, vol. 2021, 2021.
- [5] L. Quintard *et al.*, *Science Advances*, vol. 5, no. 4, p. eaau7175, 2019.
- [6] K. Veyrinas *et al.*, *Optics Express*, vol. 29, no. 19, pp. 29 813–29 827, 2021.
- [7] E. Frumker *et al.*, *Optics Letters*, vol. 34, pp. 3026–3028, 2009.