

Génération d'harmoniques d'ordre élevé avec des faisceaux portant un moment angulaire orbital

C. Chappuis¹, R. Généaux¹, A. I. Gonzalez¹ et T. Ruchon¹

¹ LIDYL, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay 91191 Gif-sur-Yvette France

Introduction

La génération d'harmoniques d'ordre élevé (GHOE) est un phénomène fortement non-linéaire que l'on observe en focalisant dans un jet de gaz, à des intensités autorisant une ionisation partielle du milieu, un laser infrarouge (IR) intense et de durée femtoseconde. Dans ces conditions, le milieu répond en générant un spectre d'harmoniques s'étendant dans l'extrême ultraviolet (EUV), suffisamment large pour synthétiser des impulsions attosecondes. Le faisceau EUV hérite en grande partie des propriétés du laser pilote. En particulier, quand le mode du laser IR est gaussien, ce qui est le cas le plus fréquent, les harmoniques présentent également un profil gaussien.

Pour certaines applications, en physique de la matière condensée en particulier, il serait intéressant de produire des faisceaux de Laguerre-Gauss (LG) dans les domaines EUV et attoseconde. Dans cette communication, nous présentons une étude de la conversion d'un mode laser IR Laguerre-Gaussien par GHOE en un faisceau Laguerre-Gaussien dans l'EUV.

Transfert des propriétés des modes de Laguerre-Gauss aux harmoniques

Les modes de Laguerre-Gauss sont caractérisés par un indice azimutal ℓ (également appelé charge topologique) et un indice radial p . Le premier est responsable de la structure hélicoïdale de leur front d'onde et de leur profil d'intensité présentant un centre sombre. Il donne également le moment angulaire orbital (MAO) de $\ell\hbar$ porté par chaque photon. Le second indice, quant à lui, décrit le nombre d'annulations de l'intensité le long de la coordonnée radiale. Ces faisceaux portant du MAO ont été largement étudiés depuis 1992 [1] et trouvent de nombreuses applications dans le visible et l'infrarouge.

La conservation du MAO lors de la GHOE a été démontrée théoriquement [2] et expérimentalement [3, 4] récemment. Dans la configuration la plus simple, les harmoniques portent un MAO égal au produit de l'ordre harmonique par la charge topologique du faisceau de génération. Des schémas plus élaborés ont été proposés pour générer des harmoniques portant un MAO arbitraire [3, 5].

Expérimentalement, pour convertir le faisceau infrarouge gaussien issu du laser LUCA du CEA-Saclay en mode de Laguerre-Gauss, nous avons utilisé des lames de phase en spirale [5]. L'intérêt principal de cette technique réside dans sa simplicité de mise en œuvre. Pour nos études de transfert de MAO, nous nous limitons aux modes laser IR d'indice radial nul. Nous avons observé la génération de modes annulaires dans l'EUV (voir Figure 1). De plus, dans certaines conditions de focalisation, nous avons constaté que le mode EUV généré n'était pas parfaitement pur, présentant des anneaux d'ordre supérieur. Une décomposition des profils harmoniques sur la base des modes (ℓ, p) a montré le poids élevé de modes d'indice p non nul. Avec un modèle relativement simple basé sur l'approximation de champ fort, nous avons établi le lien entre la distribution du champ sur ces modes (ℓ, p) et la phase du dipôle harmonique.

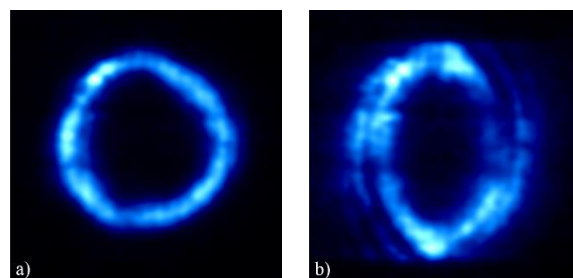


Fig. 1: profil d'intensité d'une harmonique portant du MAO a) en l'absence et b) en présence d'anneaux d'ordre supérieur.

Conclusion

Nous avons étudié le transfert des caractéristiques des faisceaux de Laguerre-Gauss de l'infrarouge vers l'EUV, à savoir la conservation de la charge topologique et la génération de modes radiaux d'indices élevés. Le contrôle de ces propriétés dans cette gamme spectrale et à l'échelle attoseconde, permettra de contrôler finement la mise en forme d'impulsions attosecondes de structure hélicoïdale [4].

Références

- [1] L. Allen *et al.*, *Phys. Rev. A* **45**, 8185 (1992).
- [2] C. Hernández-García *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **111**, 083602 (2013).
- [3] G. Gariépy *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **113**, 153901 (2014).
- [4] R. Généaux *et al.*, *Nature Communications*, accepté.
- [5] D. Gautier et G. De Ninno, communication privée.