



université
PARIS-SACLAY



LIDYL

LABORATOIRE INTERACTIONS, DYNAMIQUES ET LASERS

LIDYL-UMR 9222

CEA, CNRS, Université Paris-Saclay

THESE LIDYL

Julius HUIJTS
Groupe ATTOPHYSIQUE

Le Vendredi 20 Juin 2019 à 10H00
Salle Galilée, Bât. 713, CEA Orme des merisiers

“Imagerie par diffraction cohérente des rayons X en large bande spectrale et développements vers une source harmonique au keV pompée par laser moyen-infrarouge à haut taux de répétition”

Des sources des rayons XUV (1-100 nm) sont des outils extraordinaires pour sonder la dynamique à l'échelle nanométrique avec une résolution femto- voire attoseconde. La génération d'harmoniques d'ordre élevé (GH) est une des sources majeures dans ce domaine d'application. La GH est un processus dans lequel une impulsion laser infrarouge femtoseconde est convertie, de manière cohérente, en fréquences élevées dans le domaine EUV par interaction hautement non-linéaire dans un atome, une molécule et plus récemment, dans un cristal. La GH possède une excellente cohérence spatiale qui a permis de réaliser des démonstrations impressionnantes en imagerie sans lentille. Pour accroître le potentiel de ces sources, des défis sont à relever : leur brillance et énergie de photon maximum doivent augmenter et les techniques d'imagerie sans lentille doivent être modifiées pour être compatibles avec l'importante largeur spectrale des impulsions attosecondes émises par ces sources. Cette thèse présente une nouvelle approche dans laquelle des figures de diffraction large bande, i.e. potentiellement attosecondes, sont rendues monochromatiques numériquement. Cette méthode est basée uniquement sur la mesure du spectre de la source et la supposition d'un échantillon spatialement non-dispersif. Cette approche a été validée tout d'abord dans le visible, à partir d'un supercontinuum. L'échantillon binaire est reconstruit par recouvrement de phase pour une largeur spectrale de 11 %, là où les algorithmes usuels divergent. Les simulations numériques montrent aussi que la méthode de monochromatisation peut être appliquée au domaine des rayons X, avec comme exemple un masque semi-conducteur utilisé en lithographie EUV. Bien que la brillance « cohérente » de la source actuelle (qui progresse) reste insuffisante, une application sur l'inspection de masques sur source Compton est proposée. Dans une extension de ces simulations un masque de lithographie étendu est reconstruit par ptychographie, démontrant la versatilité à d'autres techniques d'imagerie sans lentille. Nous avons également entamé une série d'expérience dans le domaine des X-durs sur source synchrotron. Les figures de diffraction après monochromatisation numérique semblent prometteuses mais l'analyse des données demandent des efforts supplémentaires. Une partie importante de cette thèse est dédiée à l'extension des sources harmoniques à des brillances et énergies de photon plus élevées. Ce travail exploratoire permettrait la réalisation d'une source harmonique compacte pompée par un laser OPCPA dans le moyen infrarouge à très fort taux de

Formalités d'entrée :

Visiteur U.E. : Se faire connaître au moins 48 heures à l'avance pour l'établissement de votre autorisation d'entrée sur le Centre de Saclay.

Visiteur hors U.E. : Se faire connaître au moins 4 jours à l'avance pour les formalités d'entrée et se faire accompagner par un agent CEA.

Sans autorisation, vous ne pourrez entrer sur le Centre de Saclay. Tél. : 33.1.69.08.74 09- Fax : 33. 1.69.08.76.39 - email : caroline.lebe@cea.fr ou veronique.gerecny@cea.fr

Dans TOUS LES CAS, se munir d'une pièce d'identité (passeport et carte d'identité - pas de permis de conduire)

répétition. Les longueurs d'onde moyen infrarouge (3.1 μm dans ce travail de thèse) sont favorables à l'extension des énergies des photons au keV et aux impulsions attosecondes. Le but est de pouvoir couvrir les seuils d'absorption X et d'améliorer la résolution spatio-temporelle. Cependant, deux facteurs rendent cette démonstration difficile: le nombre de photons par impulsion de la source OPCPA est très limité et la réponse du dipôle harmonique à grande longueur est extrêmement faible. Pour relever ces défis plusieurs configurations expérimentales sont explorées : génération dans un jet de gaz ; génération dans une cellule de gaz ; compression solitonique et la génération d'harmoniques combinées dans une fibre à cristal photonique ; compression solitonique dans une fibre à cristal photonique et génération d'harmoniques dans une cellule de gaz. Les premiers résultats expérimentaux sur la compression solitonique jusqu'à 26 femtosecondes et des harmoniques basses jusqu'à l'ordre sept sont présentés. En résumé, ces résultats représentent une avancée vers l'imagerie nanométrique attoseconde sans lentille basée sur des algorithmes « large bande » innovants et une extension des capacités de nouvelles sources harmoniques 'table-top' au keV pompées par laser OPCPA.

