

Des impulsions de rayonnement ultraviolet extrême circulaire accessibles en laboratoire

Décembre 2014

Des physicien-ne-s viennent de générer des impulsions lumineuses ultra-brèves polarisées circulairement dans l'ultra-violet extrême en laboratoire. Ce type de rayonnement donne accès à des informations sur la chiralité inaccessibles autrement.

Avec son énergie considérable, un photon de l'ultraviolet extrême ionise toutes les molécules, indépendamment du détail de leur structure énergétique. Pour cette raison les impulsions lumineuses ultrabrèves polarisées circulairement dans ce domaine spectral sont sans égal pour sonder les processus photochimiques. Elles donnent notamment accès à des informations sur la structure d'intermédiaires réactionnels éphémères dont les propriétés spectroscopiques sont hors d'atteinte. Aujourd'hui, cette gamme de rayonnement n'est produite que par quelques grands instruments, comme les synchrotrons, et uniquement de manière quasi-continue. Seuls quelques lasers à électrons libres fournissent les impulsions ultrabrèves nécessaires pour ce type d'études. Des physiciens du Centre lasers intenses et applications - CELIA (CNRS/CEA/Univ. Bordeaux), du synchrotron SOLEIL, du Laboratoire interactions, dynamique et lasers - LIDyL (CEA) et du Laboratoire collisions, agrégats, réactivité - LCAR (CNRS/Univ. Toulouse 3) viennent de mettre au point une nouvelle source réalisable en laboratoire et qui délivre des impulsions brillantes, cohérentes, ultrabrèves et quasi-circulaires dans l'ultraviolet extrême en utilisant la génération résonante d'harmoniques d'ordre élevé émises par un gaz soumis à des impulsions laser intenses. Réalisée avec la chaîne laser Aurore du CELIA, ce type de source ne nécessite en pratique qu'un laser femtoseconde produisant des impulsions millijoules, présent dans tous les laboratoires qui étudient les dynamiques

moléculaires ultrarapides (femtochimie). En outre, la sensibilité des mesures de chiralité à l'aide de ces impulsions présente le grand avantage d'être cent fois plus grande qu'avec les techniques habituelles. Ces travaux ont été publiés dans la revue *Nature Photonics*.

Après avoir été doublées en fréquence et ajustées en polarisation, des impulsions laser infrarouges intenses sont focalisées dans un jet d'hexafluorure de soufre. Leur interaction avec ces molécules libère des électrons, les accélère et les ramène sur leur ion parent, avec lequel ils se recombinent en émettant un rayonnement sous forme d'impulsions attosecondes dans l'ultraviolet extrême. Des travaux récents impliquant des auteurs de cette publication ont montré que certains électrons sont piégés dans une résonance moléculaire avant de se recombiner, ce qui provoque l'émission d'harmoniques qui sont polarisées quasi-circulairement. C'est ce mécanisme qui a été mis à profit dans l'expérience afin de démontrer sans ambiguïté le caractère circulaire de la polarisation produite et l'utilité de cette source pour les études de dichroïsme circulaire. Des molécules chirales de fenchone ont été soumises au rayonnement harmonique circulaire produit par l'hexafluorure de soufre. Selon que la lumière est polarisée circulaire droite ou gauche, les électrons sont préférentiellement éjectés vers l'avant ou vers l'arrière de la direction de propagation de la lumière (voir Figure) ce qui prouve la forte polarisation circulaire de ce rayonnement. Cet effet de dichroïsme circulaire de photoélectrons dans l'extrême ultraviolet a donné lieu à de nombreuses études ces dernières années en utilisant du rayonnement synchrotron quasi-continu. Mais c'est la première fois qu'il est observé sur une installation laser de petite taille, et avec des impulsions ultrabrèves. La simplicité de mise en œuvre de cette nouvelle source lumineuse laisse présager de sa rapide diffusion vers de nombreux laboratoires, où elle permettra l'étude résolue en temps de dynamiques ultrarapides de composés chiraux à l'échelle femtoseconde et attoseconde.

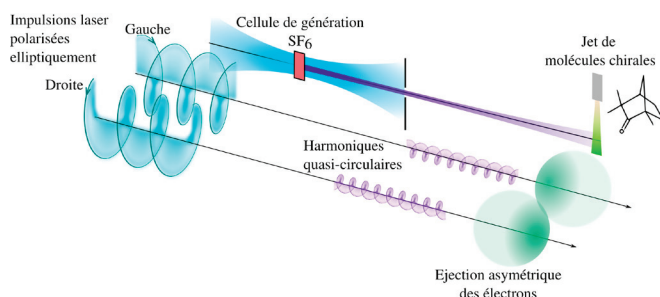


Schéma de principe de la production d'impulsions circulaires dans l'extrême ultraviolet, et de leur utilisation pour l'ionisation de molécules chirales. L'ionisation par des harmoniques circulaires gauche éjecte plutôt les électrons vers l'arrière, tandis que l'ionisation par les harmoniques droite les éjecte vers l'avant.

© CELIA / Y. Mairesse

En savoir plus

A table-top ultrashort light source in the extreme-ultraviolet for circular dichroism experiments, A. Ferre¹, C. Handschin¹, M. Dumergue¹, F. Burgy¹, A. Comby¹, D. Descamps¹, B. Fabre¹, G. A. Garcia², R. Geneaux³, L. Merceron¹, E. Mevel¹, L. Nahon², S. Petit¹, B. Pons¹, D. Staedter⁴, S. Weber³, T. Ruchon³, V. Blanchet¹ et Y. Mairesse¹, *Nature Photonics* DOI : 10.1038/NPHOTON.2014.314 – 2014

Contact chercheur

Yann Mairesse, chargé de recherche CNRS

Informations complémentaires

¹ Centre Lasers Intenses et Applications (CELIA)

² Synchrotron SOLEIL

³ Laboratoire Interactions, Dynamique et Lasers (LIDyL)

⁴ Laboratoire Collisions, Agrégats, Réactivité (LCAR)