



Génération d'impulsions attosecondes pour l'étude de l'ionisation ultrarapide des gaz

Spécialité Interaction laser-matière

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [LIDYL/ATTO](#)

Candidature avant le 27/03/2020

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [SALIERES Pascal](#)

+33 1 69 08 63 39

pascal.salieres@cea.fr

Résumé

L'étudiant-e produira des impulsions attosecondes à l'aide d'un laser Titane:Saphir intense. Ces impulsions ultrabrèves seront utilisées pour étudier la dynamique ultrarapide d'ionisation de gaz atomiques et moléculaires, et en particulier, mesurer en temps réel l'éjection du paquet d'onde électronique.

Sujet détaillé

Ces dernières années, la génération d'impulsions sub-femtosecondes, dites attosecondes ($1 \text{ as} = 10^{-18} \text{ s}$), a connu des progrès spectaculaires. Ces impulsions ultrabrèves ouvrent de nouvelles perspectives d'exploration de la matière à une échelle de temps jusqu'alors inaccessible. Leur génération repose sur la forte interaction non linéaire d'impulsions laser infrarouges brèves (~ 20 femtosecondes) et intenses focalisées dans des gaz. On produit ainsi les harmoniques d'ordre élevé de la fréquence fondamentale, sur une large gamme spectrale (160-10 nm) couvrant l'extrême ultraviolet (UVX). Dans le domaine temporel, ce rayonnement cohérent se présente comme un train d'impulsions d'une durée de ~ 100 attosecondes chacune [1]. Pour produire des impulsions attosecondes isolées, il faut réduire la durée des impulsions IR fondamentales à moins de 10 fs par la technique dite de 'post-compression', en cours d'installation sur ATTOLab.

Avec ces impulsions attosecondes, il devient possible d'étudier les dynamiques les plus rapides dans la matière, celles associées aux électrons, qui se déroulent naturellement à cette échelle de temps. La spectroscopie attoseconde permet ainsi l'étude de processus fondamentaux tels que la photo-ionisation et s'intéresse à la question : combien de temps faut-il pour arracher un électron à un atome ou une molécule ? La mesure de ces délais d'ionisation est actuellement un sujet « chaud » dans la communauté scientifique. En particulier, l'étude de la dynamique d'ionisation près des résonances permet d'accéder à des informations très fines sur la structure atomique/moléculaire, telles que les réarrangements électroniques dans l'ion suite à l'éjection d'un électron. Il devient possible de « voir » en temps réel la construction du profil des résonances [2,3].

Le travail expérimental comprendra la mise en œuvre d'un dispositif, installé sur le laser FAB1 de l'Équipement d'Excellence ATTOLab, permettant : i) la génération d'impulsions attosecondes ; ii) leur caractérisation par

interférométrie quantique ; iii) leur utilisation en spectroscopie de photoionisation (détection d'électrons). Les aspects théoriques pourront également être abordés. L'étudiant-e sera formé-e en optique ultrarapide, physique atomique et moléculaire, et acquerra une bonne maîtrise de la spectroscopie de particules chargées. La poursuite en thèse est souhaitée.

Références :

[1] Y. Mairesse, et al., Science 302, 1540 (2003)

[2] V. Gruson, et al., Science 354, 734 (2016)

[3] L. Barreau, et al., Phys. Rev. Lett. 122, 253203 (2019)

Mots clés

Laser femtoseconde, impulsions attosecondes, photo-ionisation, gaz atomiques/moléculaires, résonance

Compétences

Laser femtoseconde intense, jet de gaz atomiques/moléculaires, techniques du vide, interférométrie, spectrométrie de photons UVX, spectrométrie d'électrons

Logiciels

Labview, Matlab, Python

Generation of attosecond pulses for the study of ultrafast gas ionization

Summary

The student will generate attosecond pulses using an intense Titanium:Sapphire laser. These ultrashort pulses will be used to investigate the ultrafast ionization dynamics of atomic and molecular gases. The objective is to measure in real time the ejection of the electronic wavepacket.

Full description

Recently, the generation of sub-femtosecond pulses, so-called attosecond pulses ($1 \text{ as} = 10^{-18} \text{ s}$), has made impressive progress. These ultrashort pulses open new perspectives for the exploration of matter at unprecedented timescale. Their generation result from the strong nonlinear interaction of short intense laser pulses (~ 20 femtoseconds) focused in gases. High order harmonics of the fundamental frequency are produced, covering a large spectral bandwidth in the extreme ultraviolet (XUV) range. In the temporal domain, this coherent radiation forms a train of 100 attosecond pulses [1]. The generation of isolated attosecond pulses requires shortening the fundamental laser pulses below 10 fs using the 'post-compression' technique, currently under installation at ATTOLab.

With such attosecond pulses, it becomes possible to investigate the fastest dynamics in matter, i.e., electronic dynamics that occur naturally on this timescale. Attosecond spectroscopy thus allows studying fundamental processes such as photo-ionization, in order to answer questions such as: how long does it take to remove one electron from an atom or a molecule? The measurement of such tiny ionization delays is currently a "hot topic" in the scientific community. In particular, the study of the ionization dynamics close to resonances would give access to detailed information on the atomic/molecular structure, such as the electronic rearrangements in the remaining ion upon electron ejection. It becomes possible to observe in real time the buildup of resonance profiles [2,3].

The experimental work will include the operation of a setup installed on the FAB1 laser of the Excellence Equipment ATTOLab allowing: i) the generation of attosecond XUV radiation, ii) its characterization using quantum interferometry, iii) its use in photo-ionization spectroscopy (electron detection). The theoretical aspects could also be developed. The student will be trained in ultrafast optics, atomic and molecular physics, and will acquire a good mastery of charged particle spectrometry. The continuation on a PhD project is advised.

References :

- [1] Y. Mairesse, et al., Science 302, 1540 (2003)
- [2] V. Gruson, et al., Science 354, 734 (2016)
- [3] L. Barreau, et al., Phys. Rev. Lett. 122, 253203 (2019)

Keywords

Femtosecond laser, attosecond pulses, photo-ionization, atomic/molecular gases, resonance

Skills

Intense femtosecond laser, atomic/molecular gas jets, vacuum technology, interferometry, spectrometry of XUV photons, electron spectrometry

Softwares

Labview, Matlab, Python