

# Dynamique d'autoionisation résolue à l'échelle attoseconde

M. Isinger<sup>2</sup>, L. Barreau<sup>1</sup>, D. Kroon<sup>2</sup>, D. Busto<sup>2</sup>, M. Turconi<sup>1</sup>, C. Alexandridi<sup>1</sup>, A. Harth<sup>2</sup>, R. Squibb<sup>3</sup>, M. Gisselbrecht<sup>2</sup>, M. Miranda<sup>2</sup>, C.L. Arnold<sup>2</sup>, J.M. Dahlström<sup>4</sup>, R. Feifel<sup>3</sup>, A. L'Huillier<sup>2</sup> et P. Salières<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LIDYL, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette, France.

<sup>2</sup> Physics department, Lund University, Lund, Sweden.

<sup>3</sup> Physics department, Gothenburg University, Sweden.

<sup>4</sup> Physics department, Stockholm University, Sweden.

## Introduction

L'autoionisation est un processus dans lequel un atome ou une molécule peut être ionisé par deux voies : une voie directe et une voie passant par un état excité quasi-lié qui se désexcite dans le continuum par interaction de configuration. L'interférence entre ces deux mécanismes résulte en une raie d'absorption asymétrique dite « résonance de Fano » [1].

Ce type de résonance a été mesuré dès les débuts de la spectroscopie avec des techniques qui ont permis de déterminer avec toujours plus de précision la section efficace des résonances de Fano dans différents systèmes.

Cependant, pour pouvoir reconstruire la dynamique ultrarapide du processus d'autoionisation, il est nécessaire de connaître, en plus de l'intensité, la phase spectrale à l'intérieur de la résonance.

## Technique et résultats

Issue de la spectroscopie attoseconde, la technique RABBIT [2] permet de mesurer amplitude et phase spectrales du paquet d'onde électronique résonant. Elle consiste à photo-ioniser le gaz cible par un peigne d'harmoniques d'ordre élevé (dont une est résonante), en présence du champ laser fondamental. La transition à deux photons XUV-IR crée une réplique du paquet d'onde résonant décalée en énergie d'un photon laser, faisant ainsi apparaître dans le spectre une bande latérale ('sideband' en anglais, SB). Dans la SB, la réplique résonance interfère avec une réplique d'un paquet d'onde non résonant créé par l'harmonique voisine, servant ainsi de référence de phase.

Deux méthodes ont été développées pour extraire la phase des bandes latérales:

i) par intégration de la SB en énergie, en faisant plusieurs acquisitions de traces RABBIT pour différentes longueurs d'onde du laser fondamental. Cela permet de scanner le profil de la résonance avec une harmonique donnée.

ii) par analyse directe résolue en énergie de la phase à l'intérieur des bandes latérales (RAINBOW

RABBIT), une seule trace étant alors nécessaire.

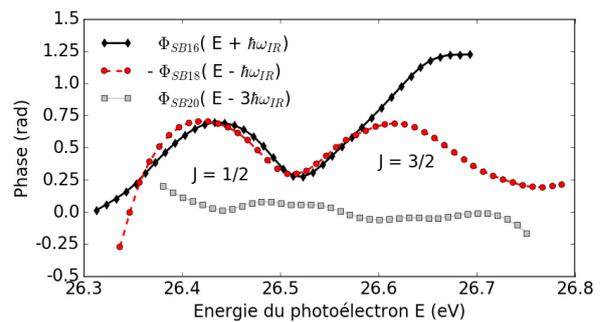
La technique i) a été utilisée pour étudier la résonance  $3s^23p^6 \rightarrow 3s^13p^64p$  de l'Argon [3] et la ii) pour la résonance  $1s^2 \rightarrow 2s2p$  de l'Hélium [4].

Lors d'une campagne d'expérience collaborative à l'Université de Lund en Suède, nous avons appliqué la technique RAINBOW RABBIT à la fois à l'hélium et à l'argon.

Dans l'hélium, nous avons mesuré la variation de phase correspondant à la résonance  $1s^2 \rightarrow sp3+$ . Un bon accord a été obtenu avec des simulations préliminaires.

Dans l'argon, nous avons pu résoudre la double structure de raie de 180 meV due au couplage spin orbite et mesurer les deux variations de phase à la résonance  $3s^13p^64p$  qui correspondent à un moment angulaire de  $J=1/2$  et  $J=3/2$  (voir Fig. 1).

A partir de ces mesures de phase spectrale, il est alors possible, par transformée de Fourier, de reconstruire la dynamique d'autoionisation et de mettre en évidence l'interférence entre les voies directe et résonante.



**Fig. 1:** Phase des bandes latérales quand l'harmonique 17 atteint la résonance de l'argon. SB16 et SB18 présentent deux variations de phase correspondant à la séparation spin orbite, tandis que la phase de SB20 non résonante est plate. Les courbes sont ramenées à la position de la résonance.

## Références

- [1] U. Fano *Phys. Rev.* **124**, 1866 (1961).
- [2] P.M. Paul *Science* **292**, 1689 (2001).
- [3] M. Kotur *et al. Nat. Commun* **7**, 10566 (2016).
- [4] V. Gruson *et al. soumis* (2016).