



# Institut de physique

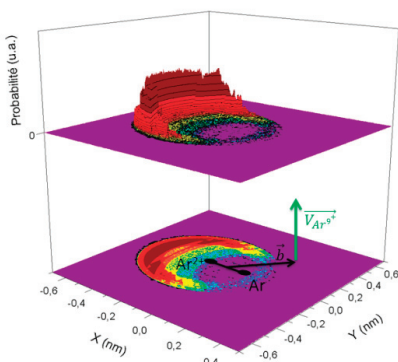
Actualités scientifiques

## Mise en évidence de la décroissance coulombienne interatomique dans les collisions ions-dimères

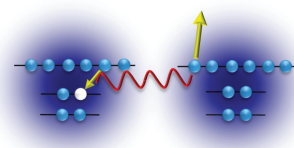
Avril 2015

En analysant les collisions entre des ions multichargés et des dimères de gaz rare, des physiciens viennent de mettre en évidence un nouveau processus responsable de l'émission d'électrons de très faible énergie cinétique et pouvant avoir des implications significatives en radiobiologie.

Une part importante des dégâts provoqués dans les tissus biologiques par les particules très énergétiques, dont notamment les ions, est de nature indirecte. La collision d'un ion rapide avec une molécule provoque l'éjection d'électrons dits électrons secondaires pouvant également endommager les molécules environnantes. Parmi ces électrons secondaires, ceux de très basse énergie (comparable à celle des liaisons chimiques) sont particulièrement susceptibles de causer des dégâts irréversibles sur les bases, les sucres ou les phosphates qui composent l'ADN. Les interactions entre un ion et un atome isolé sont aujourd'hui bien comprises, toutefois, on sait depuis quelques années que l'environnement chimique peut jouer un rôle déterminant dans l'émission d'électrons secondaires en captant une partie de l'énergie initialement déposée par l'ion lors de la collision. C'est un tel effet que des physiciens du Centre de recherche sur les ions, les matériaux et la photonique - CIMAP (CNRS/CEA/ENSICAEN/Univ. de Caen Basse-Normandie), du Laboratoire de physique corpusculaire de Caen, de *Tokyo Metropolitan University* et *Argonne National Laboratory* viennent de mettre en évidence. Ils ont en effet étudié les processus d'échange de charge et de relaxation impliqués dans des collisions entre des ions projectiles de basse énergie tels que  $O^{3+}$ ,  $Ar^{9+}$  et  $Xe^{20+}$ , délivrés par une source du Grand accélérateur national d'ions lourds - GANIL (CNRS), et des dimères de néon et d'argon produits au sein d'un jet supersonique. Ces chercheurs ont démontré la présence dans ces collisions d'un processus, la décroissance coulombienne interatomique, qui conduit à une émission inattendue d'électrons secondaires de très basse énergie. Cette découverte du processus de décroissance coulombienne interatomique dans les collisions de basse énergie conforte son caractère «quasi-universel» en tant que mécanisme de relaxation pour les atomes ou molécules en interaction faible avec un environnement chimique. Ce mécanisme pourrait être responsable de l'émission d'électrons de basse énergie pour des cibles plus complexes, tels que les agrégats d'eau, et avoir des répercussions significatives en radiobiologie, notamment en fin de parcours des ions, au sein de la tumeur. Ce travail est publié dans la revue *Physical Review Letters*.



Cartographie de la probabilité de capture de 2 électrons de l'un des deux atomes, en fonction du paramètre d'impact  $b$  dans le repère du dimère (collision  $Ar^{9+}$  sur  $Ar_2$ ).



*Principe de la décroissance coulombienne interatomique pour un dimère de néon : le remplissage d'une lacune en couche interne de l'un des sites du dimère conduit à l'éjection d'un électron de l'autre site via l'échange d'un photon virtuel.*

Pour mettre en évidence l'influence d'un environnement chimique lors de la collision d'un atome avec un ion, les physiciens ont utilisé des dimères de gaz rares. Ces assemblages de deux atomes, liés par la force de Van der Waals, ont la particularité d'avoir une énergie de liaison bien plus faible que les molécules standard, elles sont ainsi le système le plus simple pour étudier les effets liés à la proximité d'un autre atome. Les chercheurs ont utilisé pour leur expérience les dimères se formant spontanément dans un jet supersonique de néon ou d'argon, et les ont soumis à des ions  $O^{3+}$ ,  $Ar^{9+}$  et  $Xe^{20+}$  délivrés par une source du GANIL. Ils ont analysé le produit de leurs réactions à l'aide du microscope réactionnel (COLTRIMS) du CIMAP, un dispositif qui permet de mesurer pour chaque collision la charge, l'énergie et la direction d'émission de chacun des sous-produits de la réaction. Ces mesures leur ont permis d'établir pour la première fois une cartographie des processus d'échange de charge en corrélant le nombre d'électrons capturés sur chaque site du dimère avec paramètre d'impact de l'ion projectile, c'est-à-dire avec la distance entre la trajectoire de l'ion et le centre de l'atome qu'il impacte. Les chercheurs ont ainsi identifié la présence du processus de décroissance coulombienne interatomique dans des collisions entre des ions  $O^{3+}$  et des cibles de dimères de néon donnant lieu à la capture d'un électron en couche interne de la cible. Dans ce processus, l'énergie d'excitation correspondant à la création d'une lacune en couche interne sur l'un des atomes n'est pas suffisante pour permettre la relaxation du système par émission d'un électron Auger. Elle provoque en revanche l'éjection d'un électron de valence de l'autre atome du dimère via l'échange d'un photon virtuel (voir illustration). Ce processus, qui fait intervenir deux atomes, domine largement le processus d'émission d'électron par le projectile diffusé (effet Auger du projectile), qui était considéré jusqu'à présent comme prépondérant.

### En savoir plus

*Interatomic Coulombic Decay as a New Source of Low Energy Electrons in Slow Ion-Dimer Collisions*, W. Iskandar<sup>1</sup>, J. Matsumoto<sup>2</sup>, A. Leredde<sup>3</sup>, X. Fléchar<sup>4</sup>, B. Gervais<sup>1</sup>, S. Guillous<sup>1</sup>, D. Hennecart<sup>1</sup>, A. Méry<sup>1</sup>, J. Rangama<sup>1</sup>, C. L. Zhou<sup>1</sup>, H. Shiromaru<sup>2</sup>, et A. Cassimi<sup>1</sup>, *Physical Review Letters* (2015)

- Retrouver l'article sur les bases d'archives ouvertes [HAL](#) et [arXiv](#)

### Contact chercheur

Jimmy Rangama, chargé de recherche CNRS

### Informations complémentaires

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les ions, les matériaux et la photonique (CIMAP)

<sup>2</sup> Department of Chemistry, Tokyo Metropolitan University, Japon

<sup>3</sup> Physics Division, Argonne National Laboratory, USA

<sup>4</sup> Laboratoire de physique corpusculaire de Caen (LPC Caen)



www.cnrs.fr

Institut de Physique

CNRS - Campus Gérard Mégie

3 rue Michel-Ange, 75794 Paris Cedex 16

T 01 44 96 42 53

inp-communication@cnrs-dir.fr

www.cnrs.fr/inp