



Inauguration d'ARIBE au CIRIL

L'installation ARIBE (Accélérateurs pour les recherches avec les ions de basses énergies) est l'extension des faisceaux du GANIL vers les très basses énergies. Cet équipement, ouvert à l'ensemble de la communauté scientifique internationale, est un outil performant pour l'étude des excitations électroniques induites par des ions multichargés de très basse énergie.

Le Centre Interdisciplinaire de Recherche Ions Lasers (CIRIL) : utiliser les faisceaux du Ganil pour exciter les électrons

Le CIRIL est une unité mixte CEA(DSM/DRECAM¹)-CNRS(SPM²)-ENSICAEN³, adossée au GANIL. Il utilise ses faisceaux d'ions pour étudier l'interaction des ions avec la matière (en particulier avec les électrons, les conséquences de ces excitations électroniques pour la matière) et l'utilisation des effets induits.

Ces recherches concernent une large communauté scientifique dont les problématiques couvrent tout le champ de recherche, depuis le premier instant de la collision d'un ion avec un atome, jusqu'aux effets à très long terme. La relaxation d'un petit ensemble d'atomes (physique moléculaire et des agrégats), le transport des ions dans les solides et l'émission d'électrons (physique atomique), les modifications des propriétés physico-chimiques des matériaux (physique de l'irradiation et de la matière condensée), les processus physico-chimiques induits dans le sillage d'un ion (chimie sous rayonnement), la simulation du comportement des matériaux du nucléaire, la nano-structuration des matériaux et la radiobiologie sont autant d'activités utilisant les différents niveaux d'énergie accessibles au GANIL. Aussi, le CIRIL a-t-il développé auprès des différents cyclotrons du GANIL des équipements spécifiques pour ces recherches.

Les recherches interdisciplinaires menées au CIRIL

Les recherches interdisciplinaires avec les faisceaux du GANIL ont pour objectifs la compréhension des mécanismes mis en jeu lors des excitations électroniques des matériaux en ayant une démarche cohérente depuis les mécanismes élémentaires jusqu'aux modifications structurales et leurs conséquences sur les propriétés fonctionnelles des matériaux.

¹ Direction des sciences de la matière/Département de recherche sur l'état condensé, les atomes et les molécules.

² Sciences physiques et mathématiques

³ Ecole nationale supérieure d'ingénieur de Caen

Relaxation d'un petit ensemble d'atomes excités électroniquement

Les ions du GANIL sont des outils extrêmement efficaces pour ioniser et exciter les atomes, les molécules et les agrégats. Les outils développés pour ces études permettent de décrire l'état d'excitation de cet ensemble d'atomes, leur limite de stabilité et les voies de fragmentation. L'installation ARIBE sera particulièrement utile pour ces recherches.

Modifications de la matière excitée

Les fortes densités d'excitation créées dans la matière par les ions multichargés conduisent très souvent à de profondes modifications structurales des matériaux et à l'éjection de nombreuses particules.

Les expériences avec les ions du GANIL ont permis de décrire le transport des ions dans les solides, l'état du matériau dans le sillage de l'ion et les conditions d'apparition des modifications structurales.

Chimie sous rayonnement

Que ce soit dans l'eau, les polymères ou la matière vivante, les excitations électroniques initient des réactions chimiques radicalaires.

Les ions du GANIL permettent de faire varier et d'analyser in situ les effets de la densité locale de radicaux.

Nanostructuration des matériaux

Les modifications induites le long de la trajectoire d'un ion lourd permettent d'élaborer des objets de taille nanométrique (pores, fils...)

Radiobiologie

La conséquence des effets des ions sur la matière, de leurs mécanismes d'induction et de leurs conséquences est utile pour estimer les risques pour les personnes exposées aux ions mais aussi pour l'utilisation des ions en radiothérapie. C'est l'intérêt des ions lourds, qui permettent d'induire en laboratoire et avec une grande efficacité de nombreux dommages biologiques : mort cellulaire, cassures de l'ADN, aberrations chromosomiques, mutations...

Le CIRIL en quelques chiffres

Créé en 1982, statut modifié en 1998

75 personnes dont 39 chercheurs et enseignants-chercheurs et 17 doctorants et post-doctorants

Accueil d'environ 250 personnes par an pour les recherches interdisciplinaires

920 publications et 50 thèses depuis 1982

ARIBE : Accélérateurs pour les recherches avec les ions de basses énergies

A basse énergie, les ions multichargés interagissent par des processus de capture électronique multiple qui sont à l'origine de très fortes perturbations du système électronique de la matière. Dissociation moléculaire, fragmentation d'agrégats, émission de particules et modifications des surfaces en sont les principales conséquences dont les mécanismes restent imparfaitement connus bien que jouant un rôle important pour la recherche fondamentale dans différents domaines (astrophysique et astrobiologie, physique atomique et moléculaire, physique d'agrégats, des surfaces et des plasmas, chimie et radiobiologie), mais aussi dans des champs plus appliqués (nanostructuration, traitement de surfaces).

ARIBE est une plate-forme dédiée aux recherches interdisciplinaires avec des ions de basse énergie qui élargit le spectre des services fournis à la communauté grâce à l'évolution des faisceaux d'ions vers des énergies plus faibles, vers des systèmes plus complexes (agrégats et biomolécules) et par une augmentation du nombre de postes d'expériences.

Avec ses deux sources d'ions et ses différentes lignes de faisceaux, ARIBE offre un outil performant à la communauté internationale. Ses trois dispositifs sont les suivants :

Les lignes de faisceaux de haute intensité (LHI)

Elles délivrent des faisceaux d'ions fortement chargés. Une source d'ions très performante délivre des faisceaux d'ions fortement chargés (Ar^{17+} , Xe^{30+} par exemple) et de haute intensité. L'accélérateur couvre une gamme d'énergie allant de 5 keV à 25 keV par charge avec une bonne émittance tout en gardant des courants importants. L'augmentation récente de deux à sept du nombre de postes d'expériences permet l'installation d'expériences lourdes sur des périodes longues.

La ligne de très basse énergie (LTBE)

Elle est optimisée pour délivrer des faisceaux d'ions multichargés à des énergies aussi faible que 1 eV par charge. Dans ce domaine de vitesse, l'interaction des ions avec la matière est déterminée par l'énergie potentielle des ions multichargés. Ainsi la phase d'interaction avec des surfaces isolantes ou des agrégats métalliques ou semi-conducteurs se produit lors de collisions « sans contact ». Le challenge consiste à décélérer un faisceau de 20 kV par un facteur 20 000 en gardant ses propriétés optiques.

La ligne d'agrégats sélectionnés en taille (LAST)

Elle a pour objectif de fournir des faisceaux d'agrégats sélectionnés en taille et donc d'ouvrir l'accélérateur à de nouvelles applications. LAST peut fournir des faisceaux d'agrégats métalliques ou semiconducteurs à des énergies de quelques eV à quelques keV. Le métal ou le semi-conducteur est pulvérisé par une décharge « *magnétron* », les atomes émis se condensent dans une atmosphère d'hélium refroidie à la température de l'azote liquide. Les agrégats chargés sont séparés par un système de « *temps de vol* » et un quadropole électrostatique. Les agrégats seront utilisés comme cibles complexes pour la recherche fondamentale. De plus, après une forte décélération, ils pourront être déposés sur des substrats ou dans des matrices, afin d'étudier leur interaction avec l'environnement ou de développer de nouvelles méthodes de nano-structuration. Il est prévu de développer des faisceaux de molécules d'intérêt biologique pour le traitement des surfaces des matériaux utilisés dans le domaine médical.

L'installation d'ARIBE fait partie d'une Infrastructure Européenne Distribuée, intitulée *LEIF*, qui coordonne les activités auprès de cinq infrastructures européennes d'ions de basse énergie, situées dans cinq pays différents : Allemagne (MPIK Heidelberg), Danemark (University of Aarhus), France (CIRIL), Pays-Bas (KVI), Royaume Uni (Queen's University of Belfast). Dans le 6ème PCRD, cette activité est soutenue par le projet « *ITS LEIF* » (2006-2009 : Ion Technology and Spectroscopy at Low Energy Ion beam Facilities) qui inclut 32 groupes de recherche (infrastructures et utilisateurs, laboratoires et industrie) venant de 18 pays européens différents. Ce projet a pour but de favoriser l'accès transnational aux ions multichargés de basse énergie, d'initier des développements techniques communs afin de garantir une instrumentation et des infrastructures au plus haut niveau et d'améliorer la communication et l'échange du personnel ainsi que du matériel.