



**A proximité du cœur d'un réacteur nucléaire, les chercheurs installent leurs détecteurs de particules.**

BRIQ

## Des neutrons toujours perçants

**PHYSIQUE** | Depuis quarante ans, ces particules aident à explorer le cœur de la matière. Visite de l'un des fleurons mondiaux de cette technique, l'Institut Laue-Langevin, à Grenoble

DAVID LAROUSSE

Grenoble, envoyé spécial

Oui, la physique des particules peut servir à quelque chose au-delà des questions fondamentales. C'est ce que démontrent, depuis quarante ans, l'Institut Laue-Langevin (ILL), à Grenoble, et la vingtaine de centres équivalents dans le monde. Leur savoir-faire repose sur l'utilisation d'une particule, le neutron, pour sonder le cœur de la matière, à la manière de super-rayons X. Sauf que les neutrons ne sont pas des rayonnements mais des objets bien massifs. Ils sont

**Des chercheurs ont percé les secrets d'une molécule antigèle en comprenant ses interactions avec l'eau**

même l'une des briques de base des noyaux d'atomes qu'ils composent, avec les protons, leurs cousins presque aussi lourds, porteurs, eux, d'une charge électrique.

Le neutron a été découvert il y a exactement quatre-vingts ans par le Britannique James Chadwick. Très vite, on lui a trouvé des applications. Les physiciens allemands Otto Hahn et Fritz Strassmann comprennent en effet que la cassure d'un noyau d'uranium est induite par la capture d'un neutron et que des réactions en chaîne sont possibles. Elles engendreront l'électricité d'origine nucléaire et les bombes atomiques.

Ce qui se passe à Grenoble est plus pacifique. Le centre est né en 1967

d'une initiative de coopération franco-allemande. L'ILL mobilise aussi moins d'énergie qu'une centrale nucléaire, avec seulement 50 MW fournis par son propre réacteur.

Des neutrons sont récupérés du cœur de 8,5 kilogrammes d'uranium enrichi, puis ils sont canalisés dans une douzaine de tuyaux avant d'atteindre leurs cibles, réparties près d'une quarantaine de détecteurs. Le but n'étant pas de détruire ces cibles mais d'en examiner la forme, la taille et l'évolution dans le temps. Que ce soit des matériaux solides, des molécules biologiques ou même des liquides. Les neutrons sont en effet aussi des ondes, comme le précise la mécanique quantique, née à peu près en même temps qu'eux. C'est-à-dire qu'ils se réfléchissent, se diffractent, se diffusent au contact de la matière. Leur énergie est en outre équivalente à des longueurs d'onde comparables aux distances entre atomes, soit de l'ordre d'un dixième de milliardième de mètre. Cela permet de « voir » des détails de quelques milliardièmes de mètres à un micromètre.

Les atomes d'un échantillon diffusent donc les neutrons qui les traversent. De la mesure de leur énergie et de leur direction, on déduit ce que contient la matière. Contrairement aux rayons X, l'échantillon n'est pas altéré. Des atomes légers comme l'hydrogène ou le carbone sont « visibles ». Autre avantage, le neutron se comporte comme un petit aimant. Il est donc sensible aux champs magnétiques rencontrés sur le chemin. « Pour plus de 50 % de notre activité, les études portent sur la matière condensée, en particulier sur des questions de magnétisme, indique Helmut Schober, le directeur scientifique de l'ILL. Chaque année, 700 à 800 expériences sont effectuées, et nous recevons deux à trois fois plus de demandes. »

### Dates

**1932** En juin, le Britannique James Chadwick (1891-1974) découvre, à Cambridge, le neutron. Il sera nobélisé en 1935.

**1967** Création de l'Institut Laue-Langevin (ILL) à Grenoble en association entre la France et l'Allemagne puis le Royaume-Uni. Le réacteur nucléaire fonctionne en 1971 et les premières expériences débutent en 1972.

**1994** Le Canadien Bertram N. Brockhouse (1918-2003) et l'Américain Clifford G. Shull (1915-2001) reçoivent le prix Nobel de physique pour leurs travaux sur la diffusion et la spectroscopie de neutrons, à la base des études conduites dans les différents centres, tel l'ILL.

**2009** Décision de construire une source de neutrons en Europe, en Suède, pour une entrée en service prévue vers 2020. Elle utilisera un accélérateur de particules plutôt qu'un réacteur nucléaire.

**2012** Lancement de travaux de sûreté à l'ILL à la suite de l'accident de Fukushima (15 millions d'euros sur quatre ans).

Au palmarès récent, on trouve l'étude de savons magnétiques, qui permettront d'encapsuler des médicaments et de les guider dans le corps à l'aide d'aimants. D'autres chercheurs ont percé les secrets d'une molécule antigèle en comprenant exactement ses interactions avec l'eau. Des physico-chimistes ont compris pourquoi le pastis coupe d'eau se trouble en révélant la taille et l'allure des gouttes qui se forment au sein du mélange eau-alcool. Les neutrons sont aussi à la pointe pour percer les secrets des matériaux supraconducteurs, qui perdent leur résistance électrique à basse température.

Des expériences moins classiques sont aussi réalisées tout près du réacteur. L'équipe d'Ulli Köster teste ainsi la fabrication de radioéléments pour détruire des tumeurs. L'idée n'est pas neuve mais les noyaux considérés, du terbium, ont des avantages sur ceux actuellement utilisés : durée de vie de quelques jours permettant d'y fixer les molécules reconnaissant les tumeurs et faible toxicité environnante. Un autre groupe refroidit les neutrons sortant du réacteur pour étudier les propriétés fondamentales de cette particule : comment elle rebondit, se désintègre... De quoi plonger dans des questions aux frontières de la physique, sur la gravitation, le modèle standard des particules, la matière noire...

« L'ILL est le leader des sources de neutrons dans le monde », témoigne Christiane Alba-Simionesco, directrice du laboratoire Léon-Brillouin, source nationale de neutrons à Saclay. Son successeur est déjà lancé. L'Europe commence la construction d'un nouveau centre en Suède, près de Lund, qui devrait être terminé à l'horizon 2020. De quoi propulser les neutrons vers un centenaire bien mérité. ■

### TÉLESCOPE

**Espace**  
**Le cargo spatial européen s'est autodétruit**

Le troisième cargo spatial européen (Automated Transfer Vehicle) a mené bien la dernière partie de sa mission de sa rentrée dans l'atmosphère, dimanche du mardi 2 au mercredi 3 octobre s'est consumé au-dessus d'une zone inhabitée du Pacifique Sud, selon l'Agence spatiale européenne. Le vaisseau de ravitaillement s'était séparé le 28 septembre, de la Station spatiale internationale (ISS), à laquelle il s'était amarré six mois plus tôt. L'ATV-4 est arrivé par bateau, le 19 septembre à Kourou, en vue de son lancement par Ariane 5 en avril 2013. - (AFP.)

**Archéologie**  
**Découverte de la tombe d'une princesse maya au Guatemala**



Dans l'ancienne cité d'El Peru-Waka, Guatemala, une équipe internationale pense avoir mis au jour la tombe d'une figure importante de la période classique maya, la princesse K'abel. Celle-ci a été découverte avec son époux, K'inich Bahlam, sur une cité située à 75 km à l'ouest de la célèbre Tikal pendant au moins vingt ans (672-692). Dans ce complexe urbain d'un kilomètre carré, aujourd'hui recouvert par la forêt tropicale, l'équipe de David Freidel (Washington University, Saint-Louis) a fouillé un temple qui semble avoir été un lieu de culte pendant plusieurs générations après la chute de cette dynastie, et dans lequel une dépouille a été retrouvée. La nature et les pièces entourant le corps - coquillage, vaisseau d'albâtre portant des hiéroglyphes (photo) - suggère que c'est bien la princesse qui a été inhumée dans ce temple.

(EL PERU WAKA REGIONAL ARCHAEOLOGICAL PROJECT)

# 10,2

C'est le temps, en millisecondes, duquel une équipe du Laboratoire national des champs magnétiques intensifs de Toulouse a créé un champ magnétique de plus de 80 teslas (soit 1,5 million de fois plus que le champ magnétique terrestre ou cinquante fois plus que le champ dans une IRM médicale). Cette durée constitue un record mondial ; une équipe concurrente américaine ayant atteint 100 teslas mais pendant seulement la moitié de ce temps. La technique, exposée dans *European Physical Journal Applied* du 1<sup>er</sup> octobre, consiste à décharger d'importants courants électriques des bobines mais sans les détruire. Le dispositif a d'ores et déjà permis d'étudier le comportement des électrons dans des molécules organiques méconnues. Seules de telles intensités permettent de mettre en évidence des effets quantiques encore mal compris sur les objets, mais aussi sur les matériaux.