

## POINT FORT

# Les formes intimes de la matière révélées par la cristallographie

Les Nations unies ont décrété 2014 Année internationale de la cristallographie. Une série d'événements à l'UNIGE et en Suisse viendront souligner l'importance des recherches dans ce domaine

**R**adovan Černý est à la tête du Laboratoire de cristallographie depuis 2009. L'Année internationale de la cristallographie lui offre une excellente occasion de mettre en avant l'importance de la recherche dans ce domaine, pour toute une série d'applications technologiques et médicales. Entretien.

## Qu'est-ce que la cristallographie?

**Radovan Černý:** Il faut d'abord préciser que la cristallographie n'est pas une discipline en tant que telle, au même titre que la physique, la biologie ou la chimie. Raison pour laquelle il n'existe pas de Prix Nobel dans ce domaine. Elle est plutôt un point de vue sur la matière condensée qui s'appuie sur une méthode fantastique: la diffraction des rayons-X.

## De quoi s'agit-il?

En 1912, le physicien allemand Max von Laue et ses collaborateurs ont montré que les rayons-X traversant un cristal pouvaient être diffusés

dans des directions particulières selon l'agencement de ses atomes. C'est ce qu'on a appelé la diffraction des rayons-X. C'était une grande découverte pour la science.

## En quoi?

C'était la première fois qu'on réussissait à voir indirectement l'architecture de la matière et à déterminer sa structure atomique. Par la suite, d'autres méthodes ont été utilisées: la diffraction des neutrons ou des électrons et, surtout, la microscopie électronique à haute résolution. Mais la diffraction des rayons-X demeure, aujourd'hui encore, la façon la plus aisée et efficace d'explorer la matière à l'échelle atomique. La cristallographie et la diffraction ne peuvent d'ailleurs exister l'une sans l'autre. Cette méthode est indispensable dans pratiquement tous les domaines de la science. Même la police a

recours à la diffraction des rayons-X lors de ses investigations.

## Quels sont les enjeux actuels de la recherche en cristallographie?

Les questions les plus importantes ont été résolues, mais la méthodologie continue de se développer et elle s'applique

à des problématiques de plus en plus pointues et complexes, comme celles des sciences du vivant. En choisissant les bonnes condi-

tions de température, d'acidité et de solution, n'importe quelle biomolécule peut, en effet, être cristallisée, c'est-à-dire arrangée de manière ordonnée et périodique. Elle peut alors être étudiée à l'aide de la diffraction. Invité à l'UNIGE il y a peu de temps, le biochimiste américain Roderick MacKinnon a d'ailleurs reçu le Prix Nobel de chimie en 2003 pour ses travaux à ce sujet. Cette approche donne

lieu à de nombreuses applications, notamment dans le domaine médical. Un autre développement de la cristallographie aujourd'hui sont les études dites «in situ» ou «in operando». En pénétrant la matière, les rayons-X peuvent analyser ce qui se passe à l'intérieur d'appareils tels qu'une pile à combustible ou une batterie au lithium. Cependant, c'est peut-être dans la recherche pharmaceutique que la cristallographie a le plus d'impact, du moins au niveau commercial.

## Pour quelles raisons?

Il est capital, pour la fabrication des médicaments, de connaître la forme et l'agencement des molécules qui sont employées. Une même composition chimique peut en effet se présenter sous des structures différentes, ce qu'on appelle le polymorphisme. Or, à chaque polymorphe correspondent des propriétés spécifiques. Très souvent, il n'existe qu'un seul polymorphe actif contre la maladie, les autres pouvant s'avérer neutres, voire

nocifs. Des différences, que les chimistes connaissent bien, apparaissent également en vertu de la chiralité: comme nos mains, certaines molécules existent sous une forme gauche et droite, chacune ayant des propriétés distinctes. La diffraction est l'un des rares et l'un des meilleurs moyens de les différencier.

## Sur quels aspects portent les recherches de votre Laboratoire?

Nous travaillons sur des matériaux à base de métaux, les hydrures, capables de stocker l'hydrogène nécessaire au fonctionnement de la pile à combustible, utilisée notamment pour la voiture à hydrogène. Nous utilisons la diffraction «in situ» pour étudier des réactions, des transitions de phases, bref des événements qui ont lieu rapidement dans des conditions ambiantes et à des températures ou des niveaux de pression qui ne sont pas ceux d'un laboratoire. Ces recherches sont au cœur du projet européen ECOSTORE auquel nous participons (*lire ci-contre*).

«Pour la première fois, on réussissait à voir indirectement l'architecture atomique de la matière»



## BIO EXPRESS

**Nom:** Radovan Černý

**Titre:** Professeur associé à la Faculté des sciences

**Parcours:** Doctorat en physique, spécialisation en physique de la matière condensée à l'Université Charles, Prague (République tchèque), en 1987. Boursier à l'Institut de minéralogie et cristallographie de l'Université de Göttingen (1989-1990). Professeur associé au Laboratoire de cristallographie de l'UNIGE depuis 2012.

## Une année d'événements à Genève et en Suisse

► L'Année internationale de la cristallographie donnera lieu à plusieurs événements, aussi bien à l'UNIGE qu'en Suisse.

► Inviter les élèves des classes primaires et secondaires du canton de Genève à réaliser le cristal le plus spectaculaire, le plus beau et le plus symétriquement parfait. C'est ce que propose le «concours de croissance du cristal le plus superlatif» organisé par le Chimiscope et le Physiscope de l'UNIGE. Les participants ont jusqu'au 17 avril pour remettre leurs cristaux. [www.chimiscope.ch/concours-2014](http://www.chimiscope.ch/concours-2014)

► En collaboration avec le Laboratoire de cristallographie, la Section de chimie prévoit d'inviter pour des conférences quelques grands noms du domaine, notamment le Français Jean-Marie Lehn, Prix Nobel de chimie 1987.

► Une exposition de posters sur la cristallographie sera à voir dans le hall d'entrée de l'Ecole de physique entre avril et juin.

Pour des informations plus détaillées: [www.unige.ch](http://www.unige.ch) <http://agenda.unige.ch>

► Au niveau suisse, La Poste a édité un timbre spécial célébrant l'Année internationale de la cristallographie.

► L'Université de Fribourg accueille jusqu'en novembre une exposition présentant des minerais.

► «Chimia» la revue officielle de la Société suisse de chimie a publié dans son édition de janvier 2014 (Vol. 68) un numéro spécial consacré à la cristallographie. Pour plus d'informations sur les événements en Suisse: [www.sgk-sscr.ch/iycr2014-2](http://www.sgk-sscr.ch/iycr2014-2)



Laboratoire de cristallographie de l'UNIGE. Photo: J. Erard/UNIGE

# Le stockage énergétique de demain

**Doté par la Commission européenne de 4 millions d'euros pour une durée de quatre ans, le projet ECOSTORE vise à développer les matériaux de stockage énergétique de demain. Lancé fin 2013, ce programme ambitieux s'appuiera sur l'expertise des cristallographes, parmi lesquels l'équipe du professeur Černý**

Un matériau susceptible de stocker, en toute sécurité, une grande quantité d'énergie en un volume réduit et de la libérer sans trop de difficultés, un matériau rapidement rechargeable dans des conditions thermiques modérées et à de très nombreuses reprises, tout en demeurant compétitif sur le plan commercial. C'est à la découverte de ce Graal énergétique que sont attelés les chercheurs du Laboratoire de cristallographie et leurs partenaires européens.

## EFFICACITÉ VOLUMÉTRIQUE

«Nous sommes sur la bonne voie, assure Radovan Černý, professeur à la Faculté des sciences et responsable du Laboratoire de cristallographie. Nos matériaux de stockage à l'état solide sont des hydrures ba-

sés sur de nouveaux types de composants d'azote et de bore. Ceux-ci sont légers et permettent de stocker de grandes quantités d'hydrogène tout en prenant peu de place. Ils en captent davantage que les stations-service à haute pression, car ils lient l'hydrogène chimiquement.»

Trois solutions s'offrent en effet aux chercheurs pour stocker l'hydrogène. La première consiste à le comprimer à l'état gazeux. «C'est la méthode la plus couramment utilisée aujourd'hui pour les moteurs, mais elle est problématique pour des applications à large échelle, explique Radovan Černý. Qui voudrait avoir une bonbonne de gaz comprimée à 700 bars sous le capot de sa voiture?» La deuxième solution qui s'offre est celle de la liquéfaction. Dans ce cas, il faut refroidir et conserver l'hydrogène à des températures très basses, ce qui implique des réservoirs thermiquement isolés et compliqués à produire. Enfin, la troisième solution, celle retenue par les chercheurs d'ECOSTORE, vise à lier les atomes d'hydrogène à des composés à base de métaux: les hydrures.

Dans les hydrures, l'hydrogène est en effet stocké avec une grande

efficacité volumétrique dans une structure cristalline. Mais pour qu'il soit ensuite libéré, une température supérieure à 300 °C est nécessaire, ce qui est trop élevé pour un usage commun. L'un des objectifs d'ECOSTORE consiste donc à réduire la température de libération de l'hydrogène à moins de 200 °C.

## BATTERIES ULTRA-PERFORMANTES

Etonnamment, certains de ces hydrures peuvent également être utilisés dans des batteries. Ils ont en effet montré une conductivité très élevée à température ambiante et pourraient donc remplacer les conducteurs ioniques liquides actuellement utilisés dans les batteries au lithium. «Un autre objectif d'ECOSTORE consiste donc à augmenter l'efficacité et la stabilité à long terme de ces composants de batterie», ajoute Radovan Černý.

Douze instituts et partenaires industriels de renom à travers l'Europe coopèrent depuis la mi-novembre au projet; en outre, deux prestigieuses universités japonaises seront associées à cette aventure, contribuant avec leurs propres ressources financières au projet. «Le Japon est très

avancé dans la technologie de l'hydrogène et des batteries, souligne le physicien de l'UNIGE. Un constructeur automobile a déjà annoncé qu'il prévoyait de lancer un véhicule commercial à l'hydrogène pour 2015. Dans le secteur de la recherche en batterie, l'Europe essaie actuellement de réduire l'avantage concurrentiel des sociétés japonaises. Nous tirerons donc très certainement parti de l'échange du savoir-faire entre scientifiques.»

## SOUTIEN AUX JEUNES CHERCHEURS

ECOSTORE est un Réseau de formation initiale Marie Curie. Au travers de ses Actions Marie Curie, la Commission européenne soutient les scientifiques juniors en offrant des programmes de formation spéciaux dans chaque projet financé. Cela comprend un échange intensif de scientifiques entre les partenaires. De plus, elle soutient activement le recrutement de jeunes scientifiques. Grâce à ECOSTORE, trois post-doctorants auront sous peu trouvé un emploi auprès des trois partenaires industriels, tandis que 12 doctorants sont déjà engagés pour le projet lui-même. ■