

# La cristallographie et technique

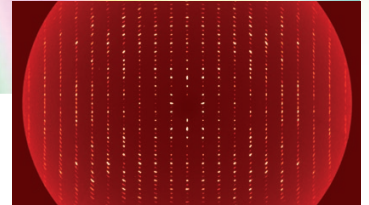
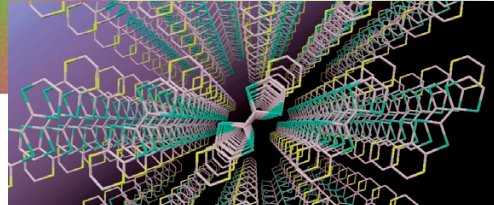
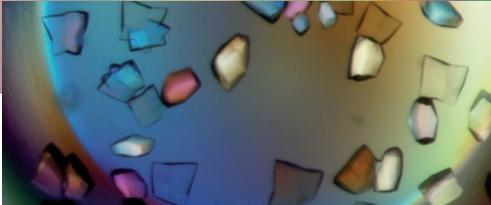
En 1914, Max von Laue obtient le prix Nobel de physique pour sa découverte de la diffraction des rayons X par les cristaux. Un siècle plus tard, l'Organisation des Nations Unies a proclamé 2014, centenaire du prix Nobel de Laue, « Année internationale de la cristallographie ». En 1915, le prix Nobel de physique est de nouveau décerné dans le champ de la cristallographie, à William Henry et William Lawrence Bragg pour l'analyse de la structure cristalline au moyen des rayons X.

La Société Française de Physique a souhaité célébrer ces centennaires en publiant un numéro spécial sur la cristallographie, discipline qui a en quelque sorte irrigué l'ensemble des sciences de la nature (physique, chimie, minéralogie, métallurgie, science des matériaux, biologie, sciences de la Terre...) et produit à ce jour une quinzaine de prix Nobel.

Qu'est-ce que la cristallographie ? Au départ, cette science a été définie comme celle qui étudie les propriétés des cristaux, et plus précisément l'organisation des atomes et des molécules dans les solides cristallins, où ils sont distribués de manière régulière, formant un « réseau » périodique dans les trois directions de l'espace. La cristallographie s'est révélée une science et une technique multidisciplinaire, d'une grande utilité dans toutes les sciences de la nature, mais où la physique joue un rôle crucial. En effet, ce sont les techniques de physique (diffraction des rayons X, des électrons et des neutrons, EXAFS, microscopie électronique à résonance magnétique nucléaire, et bientôt laser à électrons libres) qui sont à l'origine de notre connaissance des systèmes cristallins. Les concepts issus de la cristallographie irriguent tout un pan de la physique des solides : zones de Brillouin, théorème des bandes, phonons... Or, depuis le milieu du 20<sup>ème</sup> siècle, le champ de la cristallographie s'est considérablement étendu :

• aux structures cristallographiques de basse dimension : membranes, couches ordonnées d'atomes ou de molécules adsorbées sur des surfaces solides ; nanocristaux et nanotubes ; graphène ;  
• aux structures magnétiques ordonnées : magnétisme et de l'antiferromagnétisme, où les éléments qui s'ordonnent sont les moments magnétiques portés par certains atomes ;

**AUX PHASES MÉSOMORPHES OU CRISTALLINES** : molécules anisotropes, qui possèdent en moyenne un ordre à longue distance en orientation ou en position, tout en conservant un désordre de type liquide ;  
**AUX DÉFAUTS CRISTALLINS** : lacunes, dislocations, interfaces, textures d'orientation cristalline dans les polycristaux, déformations dues aux contraintes internes ou appliquées...  
**LA DÉFINITION D'UN CRISTAL EST ÉLARGIE** : les solides présentant un ordre à longue distance sans périodicité tridimensionnelle, mais qui peut être interprété dans des espaces de dimension supérieure : structures incommensurables et quasicristallines ;  
**ENFIN LA NOTION DE CRISTAL PEUT ÊTRE ÉLARGIE** : périodiques à l'échelle mésoscopique : réseaux de vortex dans les supraconducteurs, cristaux colloïdaux, cristaux coulombiens ultra-froids...  
Ce numéro ne peut évidemment pas aborder tous ces aspects. Nous avons décidé de l'organiser en trois parties.  
La première partie, « Cristaux et cristallographie », fait d'abord état de multiples actions, en particulier en direction des jeunes de la cristallographie : expositions, animations, cycles de conférences, concours de croissance cristalline, jeux... (R. Guinebretière et coll.). L'année 2014 aura aussi vu l'ouverture de la galerie de minéralogie du Muséum national d'histoire naturelle à Paris, et une initiative importante de l'Union Internationale de la Cristallographie pour le développement de cette discipline en Afrique (C. Lecomte).  
Puis sont présentées les notions nécessaires pour aborder les deux parties suivantes. B. Toudic trace un panorama de l'évolution historique de la notion de cristal, jusqu'à la découverte des phases incommensurables modulées et des quasicristaux, qui ont permis à S. P. Anderson de proposer la notion de cristal incommensurable, ce qui a amené à modifier en 1992 la définition officielle d'un cristal. En fin de partie se termine avec une liste d'ouvrages recommandés et un glossaire.



La partie centrale porte sur des « Développements expérimentaux dans ce domaine ont été obtenus par des simulations numériques récents en cristallographie ». Les deux premiers articles à l'échelle mésoscopique : c'est l'objet de l'article de M.S. Amara et coll. montrent comment la combinaison de la diffusion des électrons sur un objet unique et de celle des rayons X sur un volume plus important permet de déterminer la structure individuelle et d'ensemble des nanotubes. H. Klein expose les possibilités offertes par la diffraction électronique en précession pour la résolution de la structure de nanocristaux individuels. É. Collet et coll. nous présentent le laser X à électrons (X-FEL), qui ouvre des perspectives fascinantes pour observer des mouvements atomiques en temps réel, ou faire de l'imagerie à l'échelle atomique d'objets très petits, tels que des macromolécules ou des virus. S. Cadars et coll. montrent comment la résonance magnétique nucléaire (sonde strictement locale), associée à la modélisation moléculaire, permet de décrire la structure de systèmes partiellement désordonnés au-delà de la résolution moyenne à grande distance donnée par la diffraction.

Les neutrons, grâce à leur faible absorption par la matière, permettent d'étudier des matériaux en volume dans des conditions extrêmes de température, de pression ou d'environnement chimique, et de faire des études cinétiques in situ. La diffraction de neutrons polarisés est une technique unique pour obtenir les cartes de densité de spin des cristaux magnétiques : M. Deutsch et coll. retracent les étapes ayant conduit à une « première », la détermination expérimentale de la densité d'électrons résolue en spin dans un cristal magnétique moléculaire. En outre, J.S. Micha et O. Robaque nous montrent comment la diffraction Laue, avec un faisceau de rayonnement X synchrotron de haute énergie, permet de caractériser les déformations et l'orientation grain par grain dans un polycristal.

La dernière partie présente quelques cas d'études de « cristaux imparfaits ou exotiques ». Si la théorie du comportement d'une dislocation individuelle dans un cristal est bien connue depuis les années 1960, ce n'est pas le cas de leur comportement collectif, qui gouverne la plasticité cristalline. Des avancées importantes

Je remercie le Comité de pilotage de l'AICr2014, et plus particulièrement René Guinebretière et Pascale Launois, pour l'aide apportée à la réalisation de ce numéro.

Charles de Novion  
©