

Prix Nobel de chimie

Les quasi-cristaux

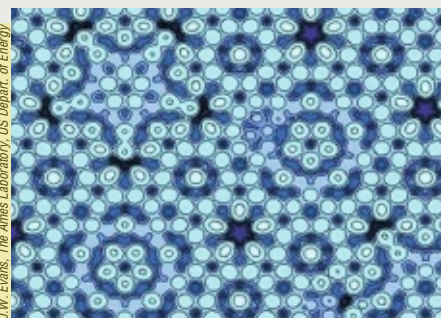
Le prix Nobel de chimie a été attribué à Daniel Shechtman, pour la découverte des quasi-cristaux. À la fin du XVIII^e siècle, le Français René Just Haüy proposa que, dans un cristal, les atomes sont disposés selon un motif simple (une maille unitaire), qui se répète de façon périodique dans le matériau. Cette répétition périodique devint la condition *sine qua non* de l'existence des cristaux. Or pour qu'un ordre à petite échelle puisse se retrouver à grande échelle, celle du cristal, la maille doit obéir à des règles de symétrie qui autorisent le pavage de l'espace.

Voyons cela dans le cas simple à deux dimensions. Avec des triangles équilatéraux (symétrie d'ordre 3), des carrés (ordre 4) ou des hexagones (ordre 6), on peut paver le plan. En revanche, avec des polygones à cinq ou sept côtés, ou plus, c'est impossible. De même, dans l'espace, des mailles de symétrie d'ordre 5, 7 ou plus ne peuvent s'agencer en un cristal.

Pourtant, le matin du 8 avril 1982, au Technion, à Haïfa en Israël, D. Shechtman fait une découverte qui contredit cette idée. En étudiant la diffraction des électrons par un alliage

d'aluminium et de manganèse refroidi rapidement, il obtient une figure typique des cristaux (une constellation de points brillants), révélant une symétrie d'ordre 10. Le cristal observé était donc interdit par la théorie! Après une longue controverse, ces étonnants résultats furent acceptés, mais il restait à comprendre comment sont organisés les atomes dans ce que l'on nomme depuis lors un quasi-cristal.

La solution vint des mathématiciens qui étudiaient les façons de paver le plan sans recourir à des répétitions d'un même motif. Au milieu des années 1970, le Britannique Roger Penrose proposa une solution simple à l'aide de deux losanges, l'un étroit et l'autre plus large. Ce pavage non périodique intrigua le cristallographe Alan Mackay qui imagina un assemblage d'atomes conforme à cette structure: la figure de diffraction qu'il obtint à partir de son modèle avait une symétrie d'ordre 10! On comprit alors qu'un quasi-cristal est un assemblage d'atomes ordonné, mais non périodique. C'est cette découverte qui vient d'être couronnée par le comité Nobel. Étonnamment, certaines mosaïques de l'art islamique médiéval,



La structure atomique de la surface d'un quasi-cristal composé d'aluminium, palladium et manganèse. Les quasi-cristaux ont une symétrie spatiale qui est interdite pour des cristaux parfaits.

par exemple à l'Alhambra, à Grenade, en Espagne, sont fondées sur cette non-périodicité. Cette propriété a longtemps été l'apanage de matériaux produits en laboratoire, mais en 2009, le premier quasi-cristal « naturel » a été découvert dans les montagnes de Koria-kie, en Russie.

→ L. M.

Prix Nobel de physique

L'accélération de l'expansion de l'Univers

Le prix Nobel de physique a été attribué à Saul Perlmutter, responsable du *Supernova Cosmology Project*, ainsi qu'à Adam Riess et Brian Schmidt, responsables de l'équipe *High-Z Supernovae Search* pour avoir mis en évidence l'accélération de l'expansion de l'Univers.

Le modèle cosmologique du Big Bang est fondé entre autres sur l'observation que l'Univers est en expansion: les galaxies s'éloignent les unes des autres dans toutes les directions, et ce d'autant plus vite qu'elles sont éloignées. On pensait initialement qu'en raison de la présence de matière, l'expansion aurait dû ralentir. Mais en 1998, alors qu'ils étudiaient les supernovae lointaines pour préciser la valeur du taux d'expansion, ou constante de Hubble, les lauréats ont découvert que le rythme auquel l'Univers se dilate accélère.

Pour évaluer la vitesse d'expansion de l'Univers, les cosmologistes utilisent des explosions d'étoiles particulières, les supernovae de type Ia, qualifiées de « chandelles stan-

dards ». On peut en effet connaître facilement leur luminosité intrinsèque, et donc en déduire leur éloignement à partir de la luminosité apparente. On peut par ailleurs mesurer le décalage vers le rouge de ces supernovae, c'est-à-dire l'étirement de la longueur d'onde de la lumière émise durant son trajet, sous l'effet de l'expansion cosmique. En compa-



La supernova SN 1994D dans la galaxie NGC 4526.

rant ces deux données, on estime le taux d'expansion au fil du temps.

Dans les données obtenues par S. Perlmutter, A. Riess et B. Schmidt, les supernovae les plus lointaines étaient moins brillantes, c'est-à-dire plus éloignées que ne le laissait supposer leur décalage vers le rouge. En d'autres termes, le cosmos s'est dilaté plus vite depuis l'époque où ces supernovae ont explosé que si le taux d'expansion avait été constant: l'expansion accélère. Ce résultat a depuis été confirmé par d'autres mesures, plus précises, ainsi que par des observations indépendantes, par exemple celle du rayonnement de fond cosmologique, en micro-ondes. Pour expliquer cette accélération, les cosmologistes ont été contraints d'introduire une forme d'énergie de densité constante qui représente plus de 70 pour cent du contenu de l'Univers et dont les effets contrecarrent la gravitation: l'énergie sombre. Sa nature, encore inconnue, est aujourd'hui une question centrale de la cosmologie.

→ Ph. R.-G.