



Le cristal et la chimie : les zéolites

La cristallographie est une science née au début du 20e siècle avec la découverte des rayons X. Son objectif : élucider les relations entre les propriétés, la composition chimique et l'arrangement des atomes dans les cristaux.

La pierre qui bout : un cristal surprenant

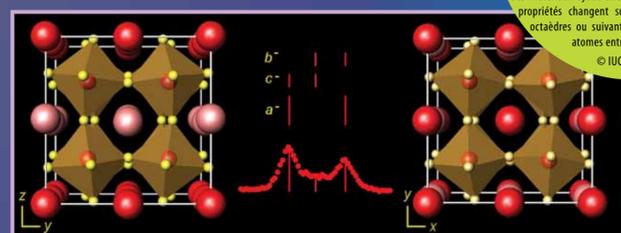
En 1756, Cronstedt fait une découverte étonnante : alors qu'il chauffe un morceau de stilbite, celui-ci se couvre de bulles aux alentours de 150°C, comme si la pierre se mettait à bouillir. D'où le nom donné à ce minéral : « zéolite », du grec *zéō* ou *zein* (bouillir) et *lithos* (pierre).

Les rayons X mettent en évidence la structure nano-poreuse de ce cristal compact

En 1930, Taylor et Pauling étudient par diffraction des rayons X les premiers cristaux de zéolites et montrent, qu'à l'échelle de l'atome, ces minéraux sont constitués d'une matrice nano-poreuse. La stilbite est un aluminosilicate de calcium et de sodium pouvant s'hydrater et se déshydrater de façon réversible, en fonction de la température. L'eau est piégée à l'intérieur de cavités dans la structure.

Il existe environ 50 zéolites naturelles et plus de 500 zéolites fabriquées...

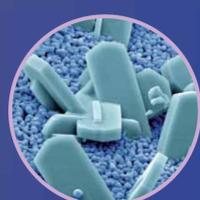
Cette approche cristallographique à l'échelle atomique a constitué une véritable révolution pour les chimistes, qui ont ainsi pu visualiser la structure et la constitution des solides qu'ils isolaient, leur permettant de se focaliser sur des stratégies de synthèse de nouveaux matériaux.



La cristallographie pour concevoir de nouveaux matériaux

En chimie du solide la cristallographie est primordiale : la détermination de la structure d'un cristal illustre la relation qui existe entre sa structure à l'échelle atomique et les propriétés observées à l'œil nu. Avec les progrès de la cristallographie, les chimistes peuvent « comprendre » la matière existante et surtout concevoir de nouveaux matériaux, ayant les propriétés souhaitées, en modulant l'assemblage des atomes. C'est le cas par exemple des matériaux ayant une structure pérovskite dont les propriétés changent suivant les orientations des octaèdres ou suivant la nature chimique des atomes entre ces octaèdres.

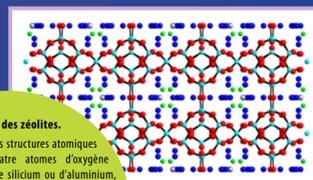
© IUCr Journals



Les zéolites vues au microscope électronique

Il existe une multitude de zéolites. Elles deviennent incontournables dans notre quotidien : utilisées comme anticalcaire pour les appareils électroménagers ou indispensables pour la pétrochimie et même piégées à l'odeur dans les caisses à chat !

© CNRS Photothèque / D.COT



Structure des zéolites.

Les zéolites ont des structures atomiques dans lesquelles quatre atomes d'oxygène enferment un atome de silicium ou d'aluminium, formant des tétraèdres qui génèrent des charpentes minérales rigides et très ouvertes. Les cavités sont occupées par des cations (comme le calcium ou le sodium) et des molécules d'eau. Ces dernières peuvent être extraites du cristal, de façon réversible, par un chauffage modéré ce qui explique parfaitement le mystère de « la pierre qui bout ».

© P. Deniard, G. Cruciani, G. Artioli



Quelques zéolites : Stilbite, Teigarhorn (Islande) Heulandite, Melbourne (Islande) Chabazite, Melbourne (Australie) Coll. Muséum de Grenoble

La diffraction des rayons X sur des poudres cristallines peut être utilisée pour déterminer la structure des molécules.

© IUCr Journals

