



Voyage d'Alice et Joseph au pays des cristaux

L'étude de la structure des cristaux ne peut pas se faire directement (comme avec un microscope) mais doit recourir à la diffraction. La géométrie de la distribution des taches de diffraction permet de représenter cette structure indirectement dans un espace virtuel que l'on appelle « espace réciproque ».

Utilisez les mathématiques pour visualiser les cristaux

Il y a une relation mathématique rigoureuse appelée « **Transformée de Fourier** » entre « l'espace réciproque », observé par la diffraction, et la réalité du cristal que l'on appelle « espace direct ».

Pour comprendre cet outil, nous pouvons imaginer le voyage d'Alice (au pays des merveilles), qui voit directement le monde du cristal et ses atomes, et celui de Joseph (Fourier), qui ne voit ceux-ci que par les taches de diffraction!

Voyagez dans l'espace réciproque

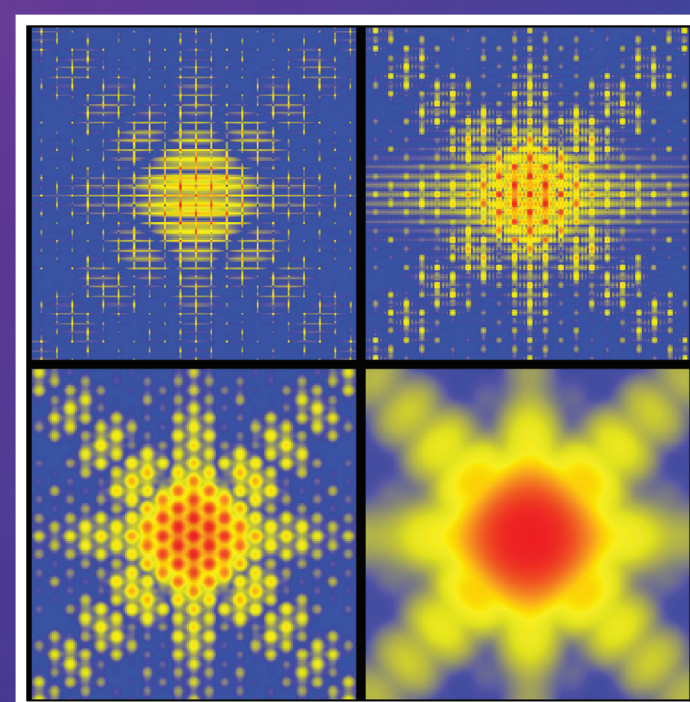
Cette observation de « l'espace réciproque » par la diffraction permet aux cristallographes de voir la symétrie d'un cristal, la dimension de sa brique de base et de « voir » les atomes : **la diffraction est une empreinte digitale qui permet de distinguer chaque cristal.**

Pour en savoir plus...

La diffraction paraît compliquée car elle propose une image "indirecte", on dit "réciproque", qui est quasiment l'inverse de la réalité du cristal. Ce n'est rien d'autre qu'une somme d'ondes (de sinusoïdes), dont le calcul fut découvert par **Joseph Fourier** alors qu'il est préfet de Grenoble sous Napoléon 1^{er}.



Joseph Fourier
Egyptologue, administrateur et savant. Préfet de l'Isère en 1802, il étudie la propagation de la chaleur et il a besoin d'outils mathématiques plus performants pour la calculer. Il découvre alors qu'une fonction périodique complexe peut être décomposée en une somme de fonctions plus simples (sinusoïdales comme des ondes), que l'on appelle série de Fourier. Cette information est codée par sa Transformée de Fourier. Les chercheurs utilisent cette Transformée de Fourier pour « voir » l'intérieur de l'objet complexe périodique qu'est le cristal.
Source : Wikipedia



Diagrammes de diffraction obtenus en envoyant des rayons X cohérents sur un cristal artificiel de circuit électronique. © IUCr - journals

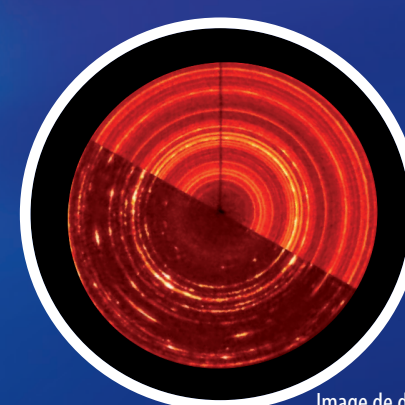
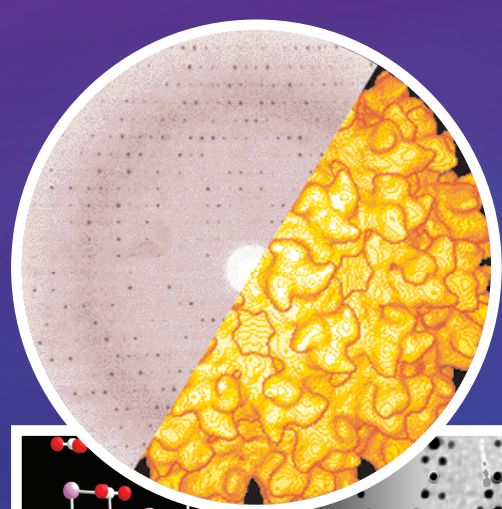
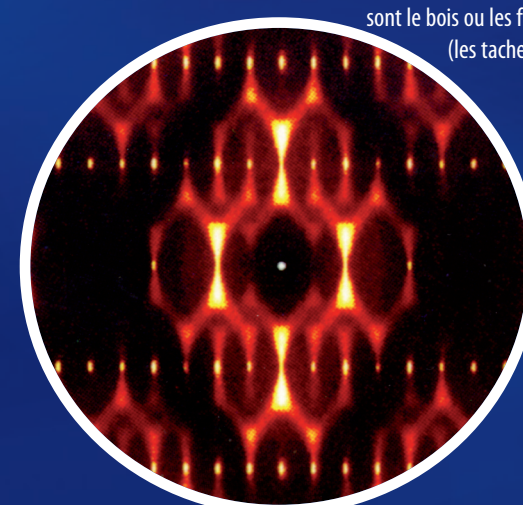
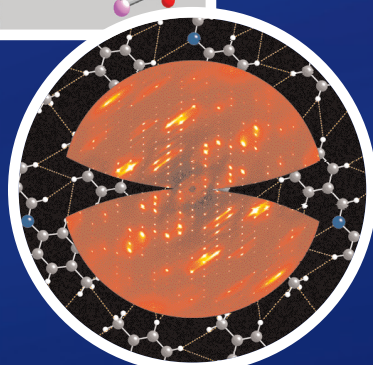
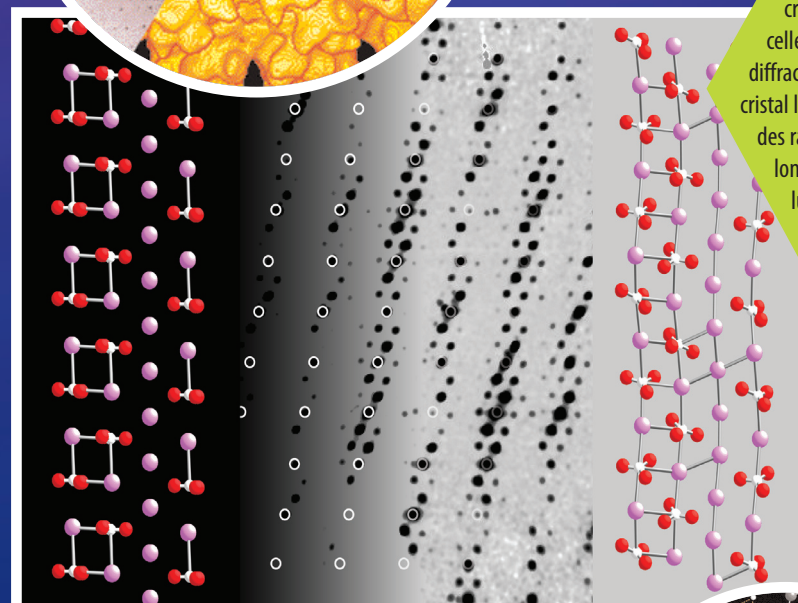


Image de diffraction d'une poudre métallurgique formée de cristaux de différentes tailles. Source : G. Artioli



Ces images présentent en parallèle la vision d'Alice (au pays des merveilles), qui a des yeux permettant de voir directement le monde, le cristal et les atomes dans « l'espace direct », et celle de Joseph (Fourier), qui ne voit ceux-ci que par diffraction dans « l'espace réciproque ». Pour voir dans le cristal les chercheurs utilisent très souvent cette diffraction des rayons X. Les rayons X sont une lumière ayant une longueur d'onde mille fois plus courte que la lumière visible, proche de la distance entre les atomes. Ils utilisent aussi la diffraction des neutrons et celle des électrons.

© IUCr - journals



Vision de Joseph d'un objet partiellement désordonné comme sont le bois ou les fils d'une toile d'araignée (les taches sont diffuses et larges)
© IUCr - journals