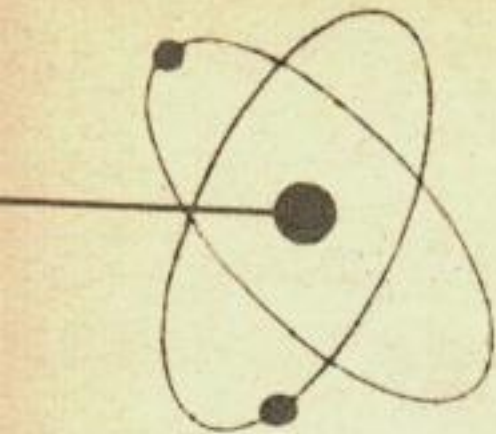




Atomes et rayons X

Une astuce qui fait « voir » les atomes mènera peut-être à des plantes nouvelles, des animaux étranges, des surhommes.

Par M. MANN

DE l'acier plus résistant, des transistors plus durables, de nouveaux produits de synthèse, et maintenant le secret de la vie elle-même, tout cela est le résultat d'une astuce scientifique. Mais pas un simple tour de main, car il faut un plein laboratoire d'appareils, une profonde connaissance des mathématiques, et parfois un ordinateur électronique. Mais alors l'impossible recule : vous « voyez » les atomes dont sont faites les molécules, alors que, paradoxalement, les atomes sont trop petits pour être vus.

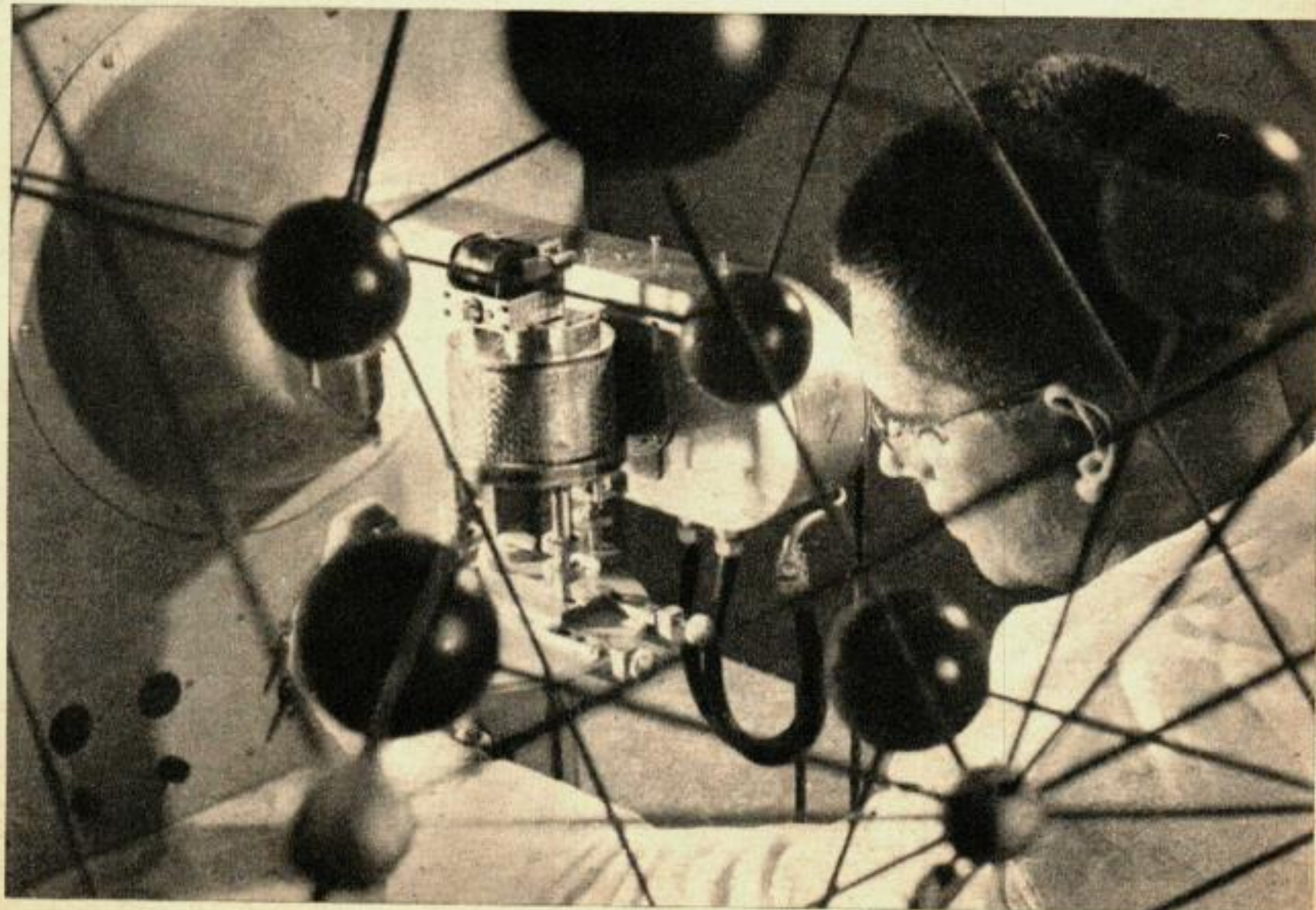
L'artifice qui permet de voir les atomes invisibles utilise les rayons X, mais pas à la manière de votre docteur ; cet artifice n'est

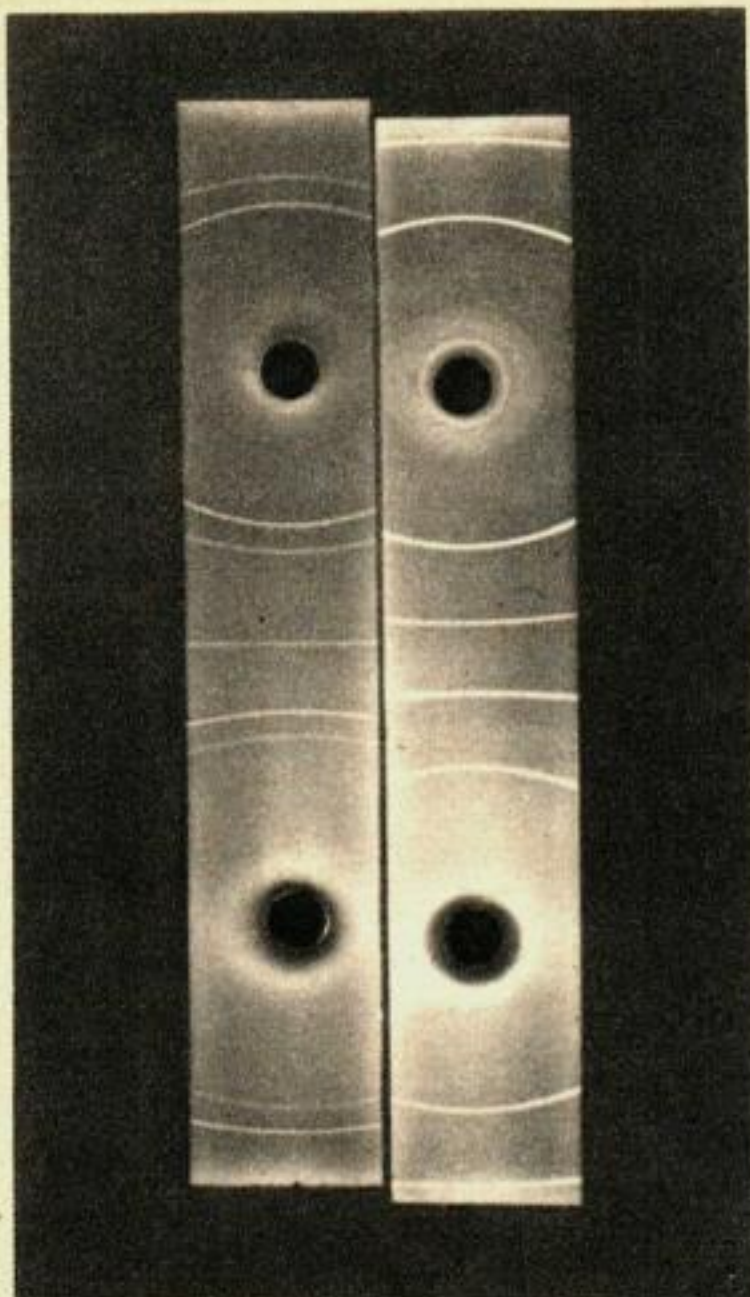
pas tellement nouveau, mais son importance croît de jour en jour, au fur et à mesure que les savants plongent plus profond dans les secrets intimes de la nature.

L'an dernier deux prix Nobel sont allés à des savants passés maîtres dans cette technique délicate, appelée diffraction des rayons X, qui ont déchiffré des molécules-clés de la vie : deux produits chimiques essentiels, la myoglobine et l'hémoglobine, et le très important « fil de vie » l'étrange D.N.A. qui porte votre hérédité et vous donne votre tempérament. Les conséquences des seules découvertes sur le D.N.A. sont immenses, on l'imagine. Maintenant que l'on

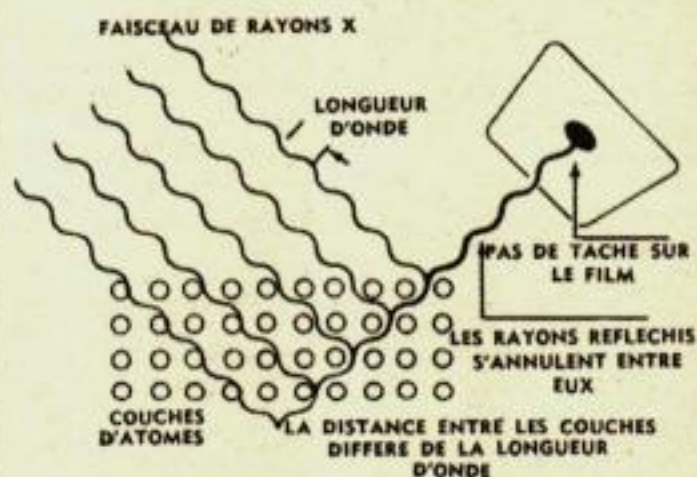
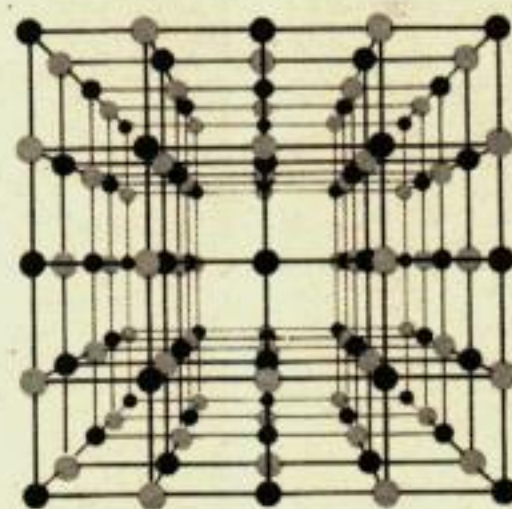
Au poste de travail d'un générateur surpuissant de rayons X, du laboratoire de recherches Westinghouse, on voit le cœur des cristaux et l'arrangement des atomes.

Ce magnifique dessin (page ci-contre) résulte de la diffraction X sur un cristal de glace. De ces reflets, on peut tirer la véritable structure atomique de la glace.

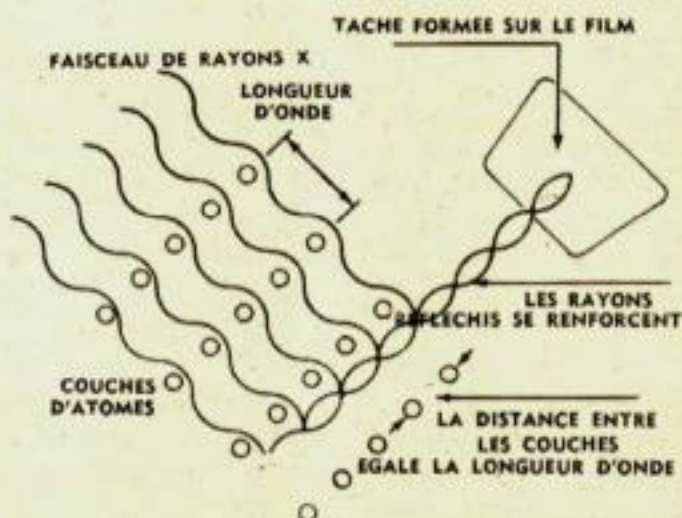




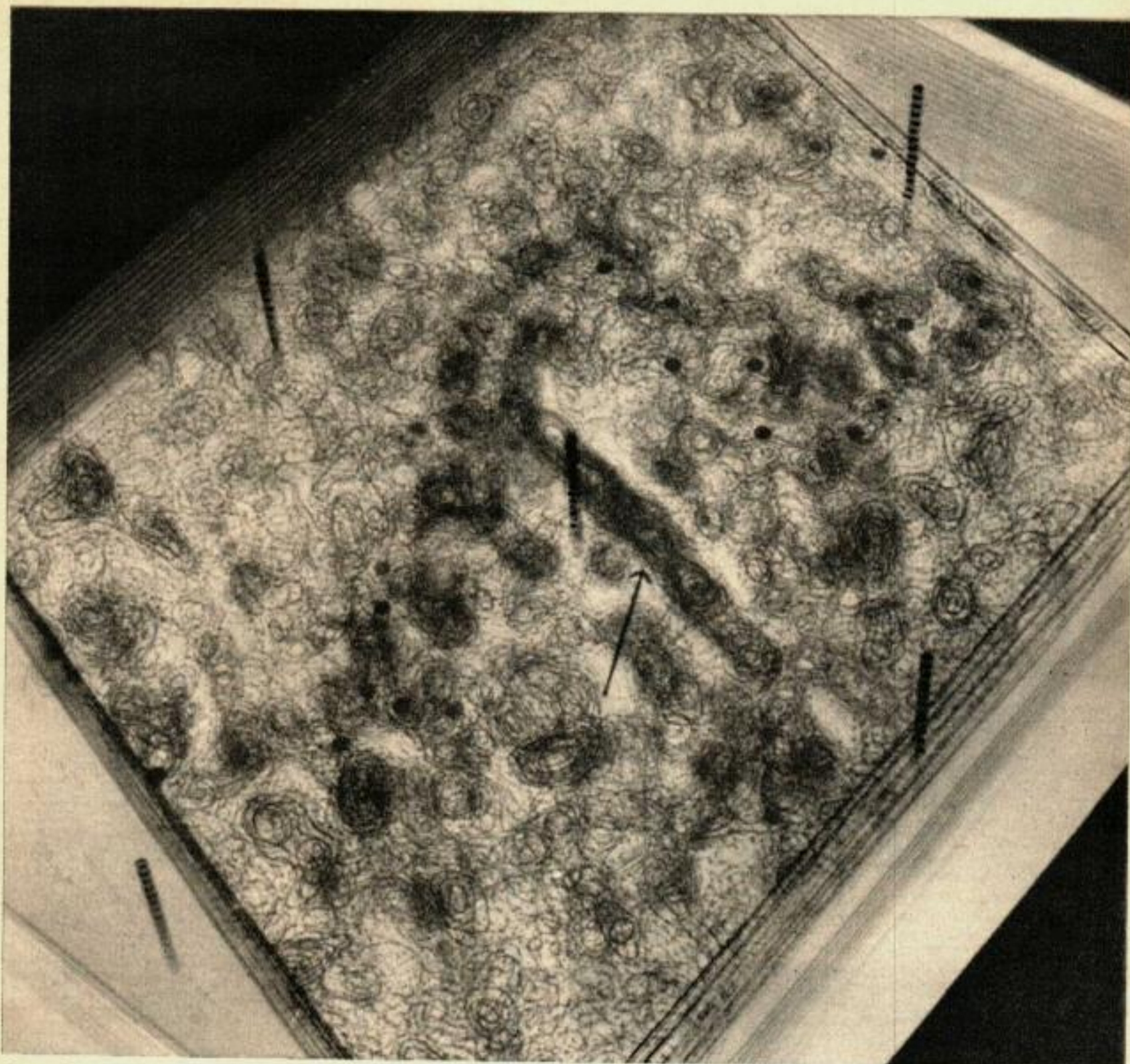
Des arrangements différents dans un morceau d'acier indiquent une modification dans la position des atomes, lorsque la température atteint 725°. L'échantillon chauffé est à droite.



Dans les solides, les atomes sont alignés en rangées et en couches comme sur ce modèle de sel gemme. Les rayons X qui passent à travers ne se réfléchissent que s'ils heurtent le centre d'un atome.



Des ensembles de taches se forment sur le film quand les rayons X réfléchis par les différentes couches sortent en phase. Pour cela, il faut que la distance entre couches soit égale à leur longueur d'onde.



Reportés sur un empilement de plaques transparentes, les résultats de l'analyse mathématique de la diffraction X donnent un diagramme tridimensionnel de la molécule. Les lignes serrées indiquent les atomes. La flèche montre l'hème du sang.

connaît la structure de la molécule, on peut jongler avec ses atomes, pour changer l'hérédité. Les maladies héréditaires seront jugulées. Dans les tubes à essais, on fabriquera des plantes, des animaux entièrement nouveaux, auxquels jusqu'ici on ne pouvait penser. Peut-être une injection massive de D.N.A. changera un homme en surhomme, ou en esclave docile.

Quittons le domaine de l'imagination : l'examen aux rayons X des atomes et des molécules est devenu aujourd'hui de la routine. Les aciéristes regardent avec eux les atomes qui se groupent, se tordent, et s'alignent au cours de la fusion. Les fabricants de transistors comptent les atomes d'impuretés ajoutées en minimes proportions (parfois un pour cent millions). Ceux qui fabriquent des diamants utilisent les rayons X

pour prouver que la structure des cristaux synthétiques est bien la même que celle des cristaux naturels.

Il faut un truc pour visualiser un atome parce que sa taille est plus petite que la longueur d'onde de la lumière. L'onde lumineuse n'a pas plus de prise sur un atome qu'une clef anglaise sur les écrous d'une montre. La longueur d'onde des rayons X est plus courte, mais pas assez pour que vous puissiez faire une radio des atomes dans la molécule, comme des os dans votre corps. Les atomes sont trop nombreux, trop petits et trop serrés.

C'est bien plus malin que cela, et ça marche grâce à la structure des corps solides. Leurs atomes sont bien arrangés en lignes et en couches, comme les œufs dans leur emballage.

Remontons à 1912, année où Max von Laue inventa la diffraction X ; on soupçonnait cette bonne habitude de la nature, mais on n'en était pas sûr. Von Laue, d'ailleurs, se moquait bien des atomes : il s'intéressait aux rayons X, alors mystère obscur et profond. Mais un beau jour il tomba dans une discussion serrée sur l'hypothétique structure des atomes. Quelqu'un prétendait que la distance entre les atomes était, comme disent les physiciens « de l'ordre de » $1/10\,000\,000$ de mm.

Dans la tête de Von Laue, une lueur jaillit. Inspiration soudaine. Von Laue pensa que les rayons X pourraient être des ondes de cette longueur ; il fit faire une expérience par ses assistants. Ils envoyèrent des rayons X directement à travers un cristal sur un film photographique. Ils obtinrent un diagramme formé de points, un dessin plutôt joli, une sorte de modèle pour broderie surréaliste. Cette photo historique prouva que le point de vue de Von Laue était le bon : les rayons X sont bien des ondes. Et ils ont rendu visible l'architecture de la matière, ils ont mené à des découvertes étonnantes, ils servent maintenant à pénétrer les plus grands mystères de la vie.

Le diagramme de Von Laue était dû à la réflexion des rayons X. Voici ce qui arrive :

La plupart des rayons passent entre les atomes ; mais certains sont renvoyés par quelques atomes individuels. Ces réflexions se produisent à intervalles réguliers. Un rayon peut être réfléchi par un atome dans une couche, la réflexion suivante ne peut arriver que si un autre rayon passe entre les

couches et heurte un atome sur la couche suivante.

C'est ici qu'intervient la similitude entre la longueur des rayons X et la distance interatomique. Parfois la distance que parcourt un rayon entre deux couches est juste égale à sa longueur d'onde. S'il est réfléchi sur la deuxième couche, il refait en sens inverse cette même distance, jusqu'à la première ; quand il la traverse il est exactement en phase avec un rayon réfléchi sur cette première couche. Alors le rayon réfléchi N° 2 s'ajoute au rayon réfléchi N° 1 et le renforce. La même chose arrive aux autres atomes du cristal, et, si tout est bien placé, vous obtenez un rayon X réfléchi intense qui sort du cristal. Si tout n'est pas bien placé, vous obtenez une réflexion faible et diffuse. Voilà ce qui produit sur le film cet ensemble de points.

On pourrait croire qu'il ne reste plus qu'à faire quelques mesures sur la photo pour reconstituer le plan des atomes. Ce n'est pas si facile. En effet les réflexions de certains atomes sont plus en retard que les autres ; ils vont plus profond à l'intérieur, rencontrent plus de couches d'atomes avant de revenir. Aussi vous ne savez pas comment répartir les points entre les diverses couches. Le savant doit d'abord deviner l'arrangement des atomes, calculer le diagramme que produirait cet arrangement, et voir si son calcul s'accorde avec le dessin du film.

Et quand il s'agit de molécules organiques aussi complexes que le D.N.A., il faut pour en obtenir la structure, un véritable génie... Et un gros cerveau électronique.

Le modèle définitif d'une molécule d'hémoglobine, en corde et fil de fer, montre des groupes d'atomes qui s'enroulent (corde blanche) autour d'un atome de fer (boule grise). Il a été construit d'après un diagramme comme celui de la page ci-contre.

Le portrait de la myoglobine par diffraction X donne des indices sur la position des atomes, mais les lauréats du Prix Nobel ont dû mesurer l'intensité de 250 000 points pour trouver la structure atomique.

