

À LA RENCONTRE DE LA MATIÈRE, ATOME PAR ATOME

Mesurez l'ironie : les chercheurs ont mis au point un alliage métallique extrêmement résistant, mais craignent de l'utiliser. Et pour cause, ce mélange de fer et de chrome s'avère si complexe que l'étudier avec les techniques d'imagerie habituelles est quasi impossible. Difficile, donc, de décrire précisément l'alliage et d'anticiper comment il vieillira.

Mais la donne est sur le point de changer : une équipe française vient de développer un nouvel instrument capable de cartographier "la structure tridimensionnelle de ces alliages à l'échelle atomique", se réjouit Williams Lefebvre, professeur en physique des matériaux à l'université de Rouen-Normandie,

à l'origine de la conception de ce nouvel outil. Autrement dit : nous sommes maintenant capables de voir la matière atome par atome.

TECHNIQUES COMBINÉES

Nommée Satmet, cette nouvelle méthode combine les avantages de deux techniques d'imagerie déjà existantes : la sonde atomique tomographique (SAT) et la microscopie électronique en transmission (MET). La première identifie la matière, la seconde la situe avec précision ; ensemble, elles offrent aux chercheurs une cartographie atomique. La SAT repose sur l'effet dit "de pointe" : si vous trouvez en haut d'une montagne un jour d'orage et que vous tendez un grand pic métallique,

il y a des chances qu'un éclair s'abatte dessus, car les champs électriques convergent vers les objets pointus. La SAT transpose cette idée au monde atomique : en taillant l'échantillon à étudier en une pointe extrêmement fine – de quelques dizaines de nanomètres à son extrémité – puis en appliquant à ce sommet une très haute tension, les atomes de la surface de l'échantillon vont perdre un ou plusieurs électrons, se transformer en ions, et être éjectés.

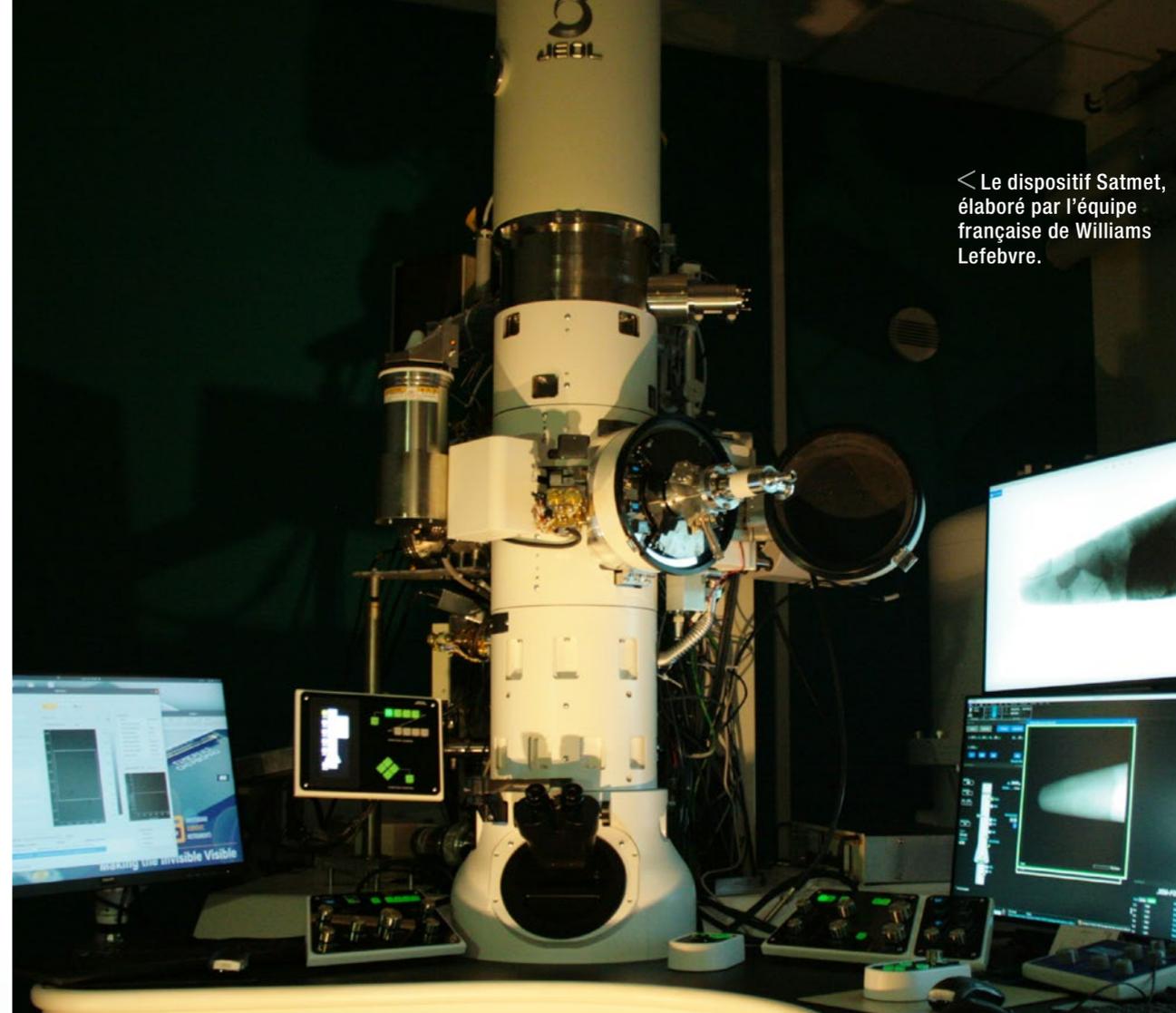
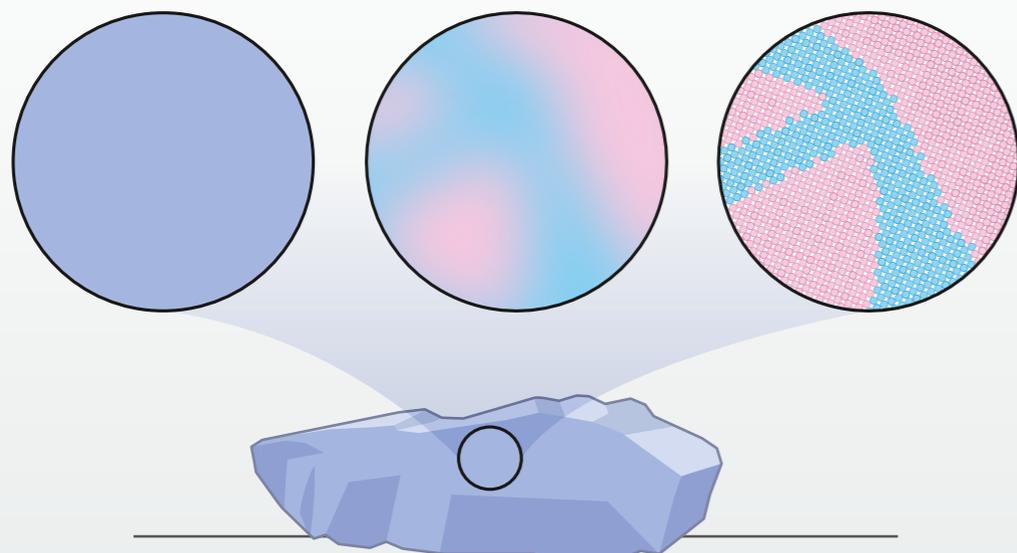
Grâce à un détecteur capable de capturer ces particules en plein vol, les chercheurs parviennent alors à définir leur nature – s'il s'agit de fer ou de chrome – et à retrouver la place que chacune occupait dans le matériau. Enfin, en théorie... "La

Cartographier la matière en 3D avec la Satmet

Sur les alliages impossibles à observer avec les techniques actuelles...

... la sonde atomique tomographique (SAT) parvient à identifier chaque atome...

... tandis que la microscopie électronique en transmission (MET) les situe sur le matériau.



Le dispositif Satmet, élaboré par l'équipe française de Williams Lefebvre.

technique n'est pas parfaite, pointe Williams Lefebvre. Il y a un flou sur la position initiale, on ne la connaît pas exactement." Placer avec précision un ion dans une pointe de quelques nanomètres, c'est un peu comme caser une pièce dans un puzzle non entamé de 2 m sur 2 m.

DE LA 2D À LA 3D

C'est là qu'intervient la MET : cette technique de microscopie, d'une résolution inférieure au nanomètre, permet de pointer la position exacte des atomes en deux dimensions. Seule, elle reste inefficace pour

sonder avec précision un échantillon tel que ce nouveau métal de fer et de chrome. "Ces deux atomes ont à peu près le même numéro atomique et la même taille, la MET ne permet pas de les distinguer visuellement", explique Baptiste Gault, chercheur à l'Institut Max-Planck pour les matériaux durables de Düsseldorf, (Allemagne). "Mais en combinant les deux techniques en une, on est désormais capables de donner la nature des atomes qui composent un échantillon, ainsi que leur position exacte en 3D", complète Williams Lefebvre.

Avancée dans les années 2010, l'idée du Satmet a mis une décennie à prendre forme : sur le papier, en effet, SAT et MET semblent inconciliables. La technique est aujourd'hui éprouvée, et paraît même plutôt facile à mettre en œuvre. "Ce qui est vraiment génial, c'est qu'ils ont réussi à intégrer une SAT dans une MET disponible sur le marché, sans quasiment rien changer à cette dernière, salue Baptiste Gault. La technologie pourrait donc être déployée dans de nombreux laboratoires à travers le monde." Et la matière ne pourra plus se cacher. →