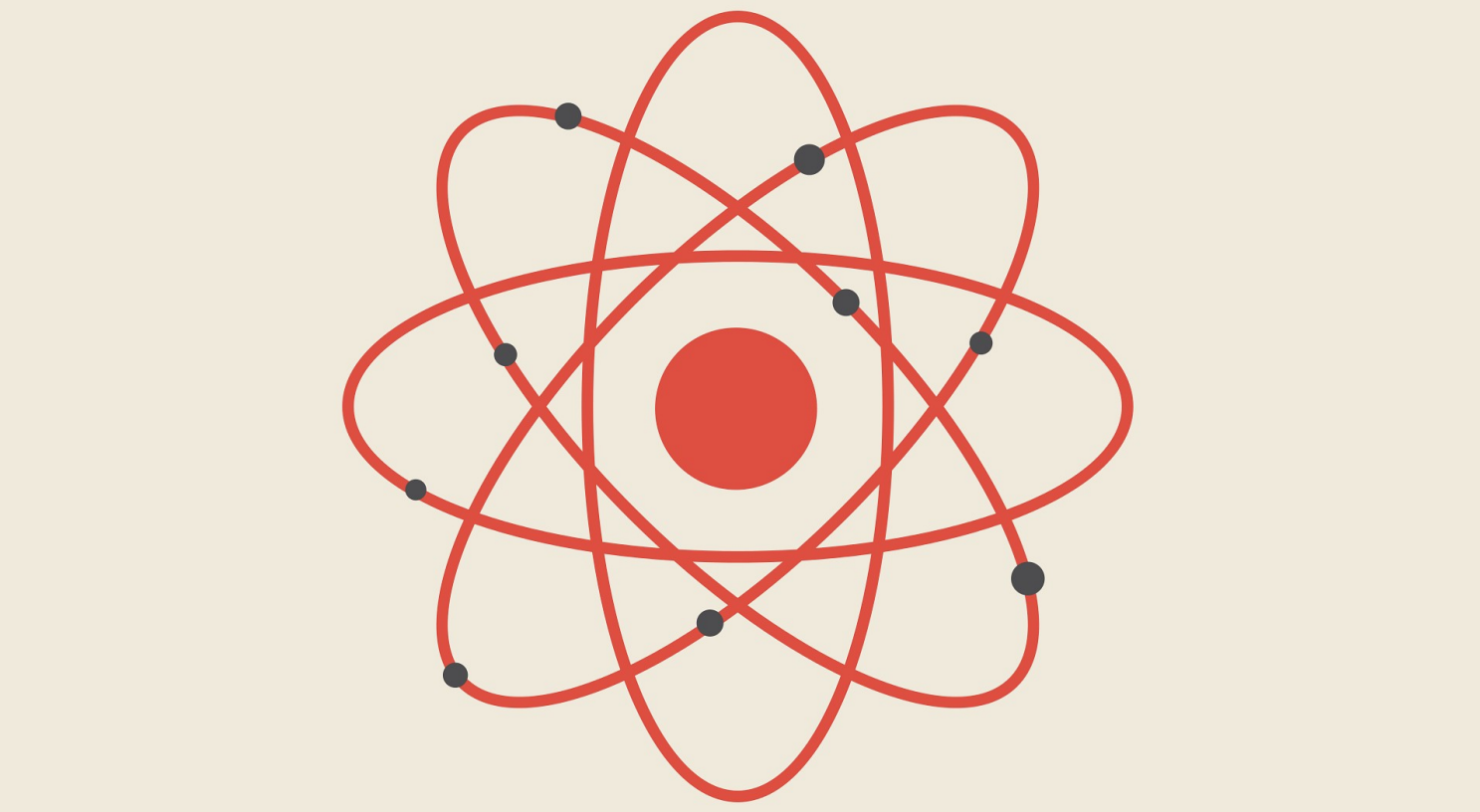
DAILY SCIENCE
DÉCOUVREZ LA SCIENCE, LA RECHERCHE ET L'INNOVATION "MADE IN BELGIUM"

# MANIPULER UN ÉLECTRON, SANS LE VOIR

*Publié le 13 novembre 2026*



par Christian Du Brulle

Et si, demain, on pouvait observer la matière autrement ? Non pas simplement en regardant les atomes, mais en contrôlant le mouvement de leurs électrons avec une précision extrême. Une expérience menée par une équipe internationale, à laquelle participaient des chercheurs de l'UCLouvain, vient de montrer que cela était possible grâce à la lumière ultraviolette et aux rayons X.

Elle pourrait être une première étape vers une nouvelle forme de microscopie, capable notamment de distinguer les différentes espèces chimiques présentes dans un matériau ou une molécule. « Ce qu'on a démontré est, effectivement, une technique de microscopie », confirme le physicien Matthieu Génévriez, chercheur à l'Institut de la matière condensée et des nanosciences de l'UCLouvain.

Une affirmation à nuancer. L'expérience actuelle ne permet pas encore de produire les images complexes d'une cellule ou d'un matériau. Elle montre plutôt qu'une brique essentielle de cette future technologie fonctionne.

**Voir sans tout casser**

Le défi vient de la nature même de la lumière utilisée. Dans la microscopie classique, la lumière visible permet d'observer de nombreux objets avec une relative facilité. Pour explorer la matière à une échelle encore plus fine, les chercheurs doivent utiliser des rayonnements beaucoup plus énergétiques, notamment les ultraviolets extrêmes ou les rayons X.

DAILY SCIENCE
DÉCOUVREZ LA SCIENCE, LA RECHERCHE ET L'INNOVATION "MADE IN BELGIUM"

Or, ces rayonnements ont un défaut majeur. Ils peuvent endommager la matière qu'ils cherchent à étudier. « Les rayonnements ultraviolets sont ionisants. Ils vont avoir tendance à casser les molécules, à arracher les électrons », explique le chercheur. Autrement dit, vouloir observer une molécule avec suffisamment d'énergie peut finir par la détruire. L'expérience réalisée apporte une réponse possible à ce problème. Les chercheurs ont démontré une manière de manipuler les électrons sans détruire complètement l'atome ou la molécule étudiée.

L'intérêt potentiel est considérable. Les électrons situés près du noyau d'un atome sont intimement liés à l'identité chimique de celui-ci. Un électron associé au carbone, par exemple, permet de distinguer le carbone d'un atome d'oxygène.

Cette propriété pourrait permettre, à terme, de faire de l'imagerie chimique extrêmement sélective. « S'il y a du carbone dans les molécules, on va pouvoir parler aux électrons du carbone. Si on veut regarder ce qui se passe dans les atomes d'oxygène, on peut venir spécifiquement imager les électrons de l'oxygène », résume le Pr Génévriez. Avec la lumière visible, une telle sélectivité chimique est beaucoup plus difficile à obtenir.

**Contrôler l'électron plutôt que le photographier**

L'expérience va encore plus loin. Si les chercheurs ne sont pas parvenus à « voir » directement l'électron se déplacer autour du noyau, ils ont, par contre, réussi à contrôler son mouvement.

Pour ce faire, ils utilisent des impulsions lumineuses extrêmement courtes. De l'ordre de 50 femtosecondes (soit 50 millionièmes de milliardième de seconde…). Une première impulsion peut arracher un électron à l'atome. On parle alors d'ionisation, un phénomène lié à l'effet photoélectrique. D'autres impulsions, envoyées avec des délais extrêmement courts, permettent ensuite de modifier son évolution.

« On est capable d'arracher un électron de l'atome, puis de le replacer : on le fait partir, on le ramène », explique Matthieu Génévriez. « On est capable de contrôler précisément le mouvement des électrons autour de l'atome. »

**Mécanique quantique**

Cette distinction est importante. Les chercheurs ne fabriquent pas une sorte de caméra capable de suivre un électron comme une bille se déplaçant dans l'espace. La mécanique quantique interdit d'ailleurs de penser l'électron de cette manière. Il n'est pas possible de lui attribuer simultanément une position et une vitesse parfaitement précises.

« On ne manipule pas une boule de billard, on manipule une vague à la surface de l'eau », illustre Matthieu Génévriez. Cette image permet de comprendre l'expérience. Les scientifiques ne suivent pas une petite particule sur une trajectoire bien définie. Ils contrôlent plutôt l'évolution d'un état quantique. Ils peuvent ainsi agir sur le mouvement de cette vague électronique dans le temps, sans prétendre connaître exactement la position de l'électron à chaque instant.

**Cap sur les molécules**

La démonstration réalisée sur des atomes constitue davantage un point de départ qu'un aboutissement. Les chercheurs veulent désormais passer à des systèmes plus complexes. « L'hélium, c'est bien, mais si on se dit que c'est utilisable pour faire de l'imagerie de systèmes complexes, il faut des molécules », souligne Matthieu Génévriez.

La première étape consistera donc à appliquer la méthode à des molécules. Ensuite, les chercheurs souhaitent augmenter progressivement l'énergie de la lumière utilisée, pour aller des ultraviolets extrêmes vers les rayons X.

À très long terme, les applications pourraient concerner la chimie, les matériaux ou encore certains systèmes biologiques. Il serait alors possible d'imaginer une microscopie capable non seulement de

DAILY SCIENCE
DÉCOUVREZ LA SCIENCE, LA RECHERCHE ET L'INNOVATION "MADE IN BELGIUM"

montrer la structure d'un échantillon, mais aussi d'identifier sélectivement les éléments chimiques qui le composent.