

Sonder la lumière émise par un semi-conducteur 2D imagé à l'échelle atomique

Transistors, sources et détecteurs de lumière ou capteurs quantiques... de nombreux progrès en électronique et en photonique sont rendus possibles par l'exploitation des propriétés physiques remarquables des matériaux bidimensionnels. En s'appuyant sur les possibilités uniques offertes par la microscopie à effet tunnel, les équipes de Stéphane Berciaud, professeur à l'Université de Strasbourg et Guillaume Schull, directeur de recherche CNRS, à l'Institut de physique et chimie des matériaux de Strasbourg (Unistra/CNRS)¹, ont réussi à générer localement un signal de luminescence issu d'un semi-conducteur 2D imagé avec une résolution atomique. Cette étude a été publiée le 16 mars dans la revue *Nature Materials*.

Lien vers la publication scientifique :

<https://www.nature.com/articles/s41563-023-01494-4>

Pour mieux comprendre et contrôler les phénomènes électroniques et optiques dans des nanostructures, l'équipe de Stéphane Berciaud étudie les hétérostructures de van der Waals. « Ces dernières sont constituées par l'empilement de feuillets cristallins 2D, explique Stéphane Berciaud, des structures robustes dans leur plan mais plus faciles à perturber hors du plan, à l'image d'une pile de feuilles de papier. Elles permettent de combiner, dans un seul système physique, les propriétés les plus intéressantes de différents matériaux 2D et sont particulièrement appropriées pour des applications en optoélectronique ».

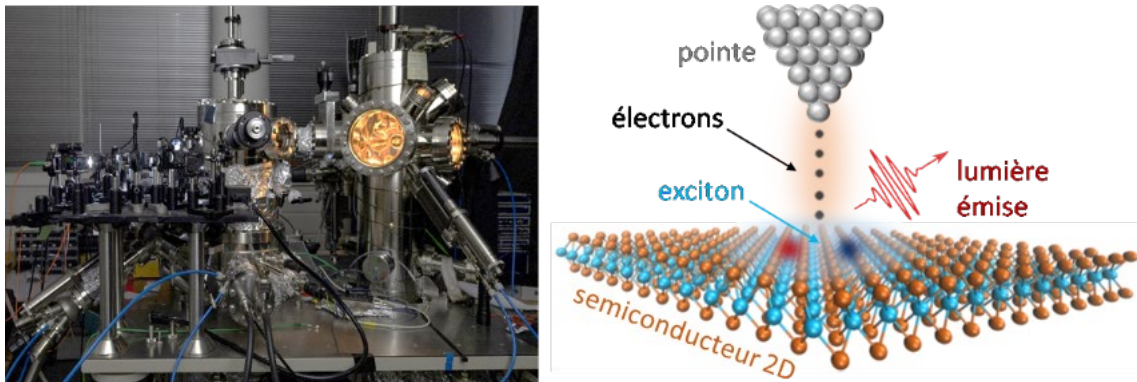
Les propriétés physiques des hétérostructures de van der Waals sont donc contrôlables non seulement en jouant sur la distance qui les sépare mais aussi par leur désaccord angulaire. Ce degré de liberté, dit de « twist » et la grande diversité de matériaux 2D disponibles permettent de concevoir une myriade de super-réseaux. « Les phénomènes quantiques qui en résultent se manifestent à l'échelle nanométrique et cette échelle est 100 à 1000 fois inférieure à la résolution des méthodes optiques communément utilisées, ce qui constitue un défi expérimental important, détaille Stéphane Berciaud. De plus, ni les feuillets 2D, ni leur couplage à l'échelle nanométrique ne sont parfaits. Nous avons donc cherché à étudier une

¹ IPCMS

hétérostructure modèle avec une approche innovante, offrant la résolution spatiale nécessaire, idéalement atomique ».

Pour cela, l'équipe de Guillaume Schull a combiné la résolution atomique du microscope à effet tunnel à la possibilité de générer un signal de luminescence *via* le courant « tunnel » circulant entre la pointe du microscope et l'échantillon étudié.

Grâce à cette technique novatrice, les scientifiques ont observé l'émission de lumière issue des électrons excités, aussi appelés excitons, dans un semi-conducteur 2D couplé à une couche de graphène. « *En pratique, nous avons dû concevoir, dans un environnement contrôlé, une hétérostructure adaptée à des mesures optiques au sein d'un microscope à effet tunnel opérant sous ultra-vide à très basse température, -267,15 °C* », mentionne Stéphane Berciaud.



Légende : (gauche) : Un microscope à effet tunnel permettant de générer de la luminescence par le biais du courant tunnel et de bénéficier d'une résolution spatiale atomique.

(droite) Luminescence émise par un semi-conducteur 2D suite à son excitation par le courant tunnel (disques noirs).

Crédits : Catherine Schröder

« C'est une belle aventure tant scientifique qu'humaine, qui n'aurait pas été possible sans le travail de notre doctorant, Luis Enrique Parra López, qui a su maîtriser l'ensemble des concepts et des techniques employés par nos deux équipes de recherche », ajoute le chercheur. Un travail récompensé en 2022 par l'un des prix de thèse de la Commission de la recherche de l'Université de Strasbourg.

L'observation de luminescence induite localement par la pointe d'un microscope à effet tunnel dans des hétérostructures de van der Waals résolues à l'échelle atomique promet de nombreuses avancées au sein d'une communauté scientifique très active. « *Il y aurait notamment la possibilité de créer de nouvelles sources de photons uniques pour les technologies quantiques ou encore des simulateurs quantiques* », conclut Stéphane Berciaud.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'Institut thématique interdisciplinaire Quantum science and nanomaterials (Qmat).

Contacts scientifiques :

Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg (IPCMS)

Stéphane Berciaud, professeur de l'Université de Strasbourg

Téléphone : 03 88 10 72 56

Email : berciaud@ipcms.unistra.fr

Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg (IPCMS)

Guillaume Schull, directeur de recherche CNRS

Téléphone : 03 88 10 70 22

Email : schull@ipcms.unistra.fr

Contacts presse :

Université de Strasbourg : Mathilde Hubert / mathilde.hubert@unistra.fr

CNRS Alsace : Céline Delalex-Bindner | communication@alsace.cnrs.fr | 06 20 55 73 81