



Institut de physique
Actualité scientifique

Une sonde haute résolution pour voir et reconnaître les atomes

En utilisant des impulsions électriques dans le domaine térahertz, des chercheurs sont parvenus à augmenter la résolution des sondes atomiques tomographiques utilisées pour analyser chimiquement métaux, semiconducteurs et biomatériaux.

La microscopie et la tomographie électroniques font partie des plus grandes réalisations en imagerie à l'échelle nanométrique, mais ces techniques souffrent d'un manque d'information sur la nature chimique des atomes imagés. La sonde atomique tomographique (SAT) fournit une alternative à la tomographie à l'échelle nanométrique avec une haute résolution chimique.

La SAT est une technique d'imagerie basée sur l'évaporation par effet de champ d'ions, à partir d'un échantillon nanométrique en forme d'aiguille. La présence d'un très fort champ électrique, de l'ordre de quelques dizaines de volts par nanomètre, abaisse la barrière d'activation et provoque ainsi l'évaporation des ions grâce à la force électrique. La SAT combine une résolution spatiale inférieure au nanomètre avec une sensibilité chimique élevée sur l'ensemble du tableau périodique et de ses isotopes. Cette technique est en fort développement dans le domaine de l'analyse de la matière condensée. Initialement, elle était utilisée exclusivement pour l'analyse des métaux et alliages, mais ses domaines d'application se sont élargis au cours de la dernière décennie. Pour ouvrir cette technique aux semiconducteurs et biomatériaux faiblement conducteurs, un éclairage laser impulsif ultraviolet (UV) est actuellement utilisé pour faciliter le processus d'évaporation. Le chauffage apporté par le laser permet de franchir la barrière d'activation abaissée grâce au champ électrique. Cependant, l'utilisation du faisceau laser induit une perte de résolution spatiale et chimique en raison précisément de l'échauffement qu'il provoque. L'agitation thermique perturbe en effet la mesure du temps de trajet de l'ion entre la surface de l'échantillon et le détecteur.

Les équipes du laboratoire Groupe de physique des matériaux ([GPM](#), CNRS/INSA Rouen/Univ. de Rouen Normandie) et du laboratoire Complexe de recherche interprofessionnel en aérothermochimie ([CORIA](#), CNRS/INSA Rouen/Univ. de Rouen Normandie), ont développé une approche innovante afin de réduire les effets d'échauffement. Cette approche s'appuie sur l'utilisation d'impulsions électriques monocycliques dans le domaine térahertz (THz) pour déclencher l'évaporation ionique. La durée d'impulsion est très courte et ainsi une seule oscillation du champ électrique s'ajoute au champ électrique statique auquel est soumis l'échantillon. L'étude montre que l'accroissement du champ induit par des impulsions THz intenses à proximité des nanostructures métalliques est suffisamment fort pour déclencher l'évaporation ionique par effet de champ tout en réduisant fortement les effets thermiques. Ces résultats sont publiés dans la revue *Sciences Advances*.

Ce travail ouvre des perspectives pour le développement d'une nouvelle génération de SAT pour l'analyse de la matière avec des résolutions spatiales et chimiques ultimes. Elle ouvre également la voie vers le développement de sources cohérentes de faisceaux de particules chargées pour l'imagerie, l'analyse ou la structuration de la matière à l'échelle submicronique.



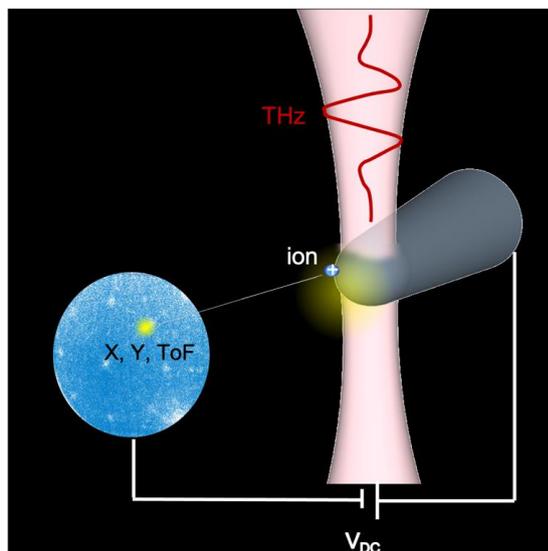


Figure : Sonde atomique tomographique térahertz. Une impulsion térahertz monocycle (en rouge) est focalisée sur une nanopointe dans une chambre à ultravide. Le haut potentiel appliqué à la nanopointe génère un champ électrique intense à l'extrémité de celle-ci. Les ions évaporés par la combinaison de ce champ électrique intense et de l'impulsion térahertz sont projetés sur un détecteur sensible en temps (ToF : temps de vol) et en position (X,Y). Crédit image : Angela Vella, GPM, CNRS/INSA Rouen/Univ. de Rouen Normandie.

Bibliographie

High-resolution terahertz-driven atom probe tomography. A. Vella, J. Houard, L. Arnoldi, M. Tang, M. Boudant, A. Ayoub, A. Normand, G. Da Costa et A. Hideur, *Science Advances*, Vol. 7, no. 7. Publié le 10 février 2021.

DOI: [10.1126/sciadv.abd7259](https://doi.org/10.1126/sciadv.abd7259)

Article disponible sur les bases d'archives ouvertes [hal](https://hal.archives-ouvertes.fr/)

Contacts

Angela Vella | Professeure à l'Université de Rouen Normandie | GPM | angela.vella@univ-rouen.fr
Communication CNRS-INP | inp.com@cnrs.fr

