

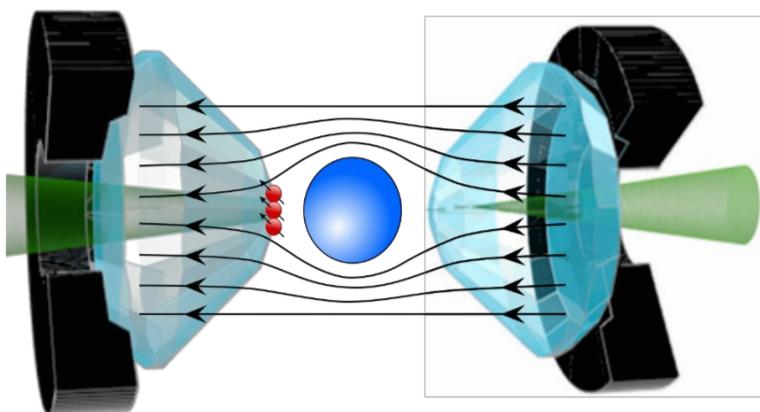
Mesurer le magnétisme sous très haute pression

En comprimant la matière à des pressions qui peuvent dépasser le million d'atmosphères, les cellules à enclumes de diamant mettent en lumière les propriétés magnétiques et supraconductrices inédites que certains matériaux acquièrent dans ces conditions extrêmes. Des chercheurs ont mis au point une méthode nouvelle pour les détecter.

L'étude de la matière soumise à de très fortes pressions permet de décrire ce qui se déroule à l'intérieur de la Terre ou des exoplanètes, mais aussi à mettre en évidence des propriétés remarquables que l'on aimerait stabiliser à pression ambiante. Par exemple, la solubilité de l'hydrogène dans les métaux augmente fortement avec la pression jusqu'à former des composés très riches en hydrogène : les super-hydrures. Ceux-ci perdent leur résistivité électrique et deviennent supraconducteurs avec des températures critiques records, comme LaH_{10} qui est supraconducteur jusqu'à -25 °C à 1,8 millions d'atmosphères. La synthèse de ces nouveaux matériaux sous pression se fait dans des presses à enclumes de diamant. La forme en pointe des enclumes taillées dans des cristaux de diamant permet de créer de telles pressions. La transparence du diamant offre de plus une fenêtre pour des mesures optiques de visualisation et de spectroscopie, mais aussi des mesures par rayons X en utilisant les grandes installations de rayonnement synchrotron. De nombreuses mesures sont développées afin de caractériser l'échantillon comprimé à l'intérieur de ces cellules. Cependant, jusqu'à présent, la mesure des propriétés magnétiques demeurait très difficile.

Des physiciennes et des physiciens du Laboratoire Aimé Cotton (LAC, CNRS/Univ. Paris Saclay), en collaboration avec le CEA-DAM et Thales R&T, a contourné cette difficulté en observant la réponse de défauts ponctuels du cristal de diamant créés sur la tête d'une des deux enclumes de la cellule. Ces défauts ont été réalisés en implantant des ions azote avec un microscope à faisceau d'ions focalisés conçu avec la société Orsay Physics. Ces ions se comportent comme de véritables mouchards quantiques. En présence d'un champ magnétique, ils deviennent plus ou moins luminescents, ce que l'on peut observer par microscopie optique à travers l'enclume. Cette technique a été validée par la détection de la supraconductivité dans MgB_2 en observant l'effet Meissner qui traduit l'expulsion du champ magnétique d'un matériau supraconducteur.

Grâce à ces travaux, il deviendra ainsi possible de mieux comprendre la relation entre propriétés électroniques, magnétiques et structurales en fonction de la pression. En particulier, ils permettront d'étudier de nombreuses compositions d'hydrures métalliques. Ces données expérimentales cumulées permettront d'optimiser l'identification des matériaux dont la supraconductivité persisterait dans des conditions proches de la pression ambiante. Enfin, cette détection magnétique pourrait permettre la mise en évidence de certaines propriétés quantiques de l'hydrogène métallique, qui se forme au-dessus de 4 millions d'atmosphères, et notamment de sa supraconductivité à température ambiante, dont les enjeux scientifiques et industriels sont considérables.



Cellule à enclumes de diamant utilisée pour étudier le comportement de la matière sous très haute pression. Une des enclumes intègre des défauts cristallins (rouge) sur la surface au voisinage de l'échantillon (bleu). Le champ magnétique appliqué à la cellule (flèches) est expulsé de l'échantillon lorsqu'il devient supraconducteur. La modification des lignes de champ magnétique est alors détectée in situ grâce à la lumière émise par les défauts lorsque ceux-ci sont excités par un laser vert.

© Margarita Lesik, LAC (CNRS/Univ. Paris Saclay)

Bibliographie

Magnetic measurements on micron-size samples under high pressure using designed NV centers.

M. Lesik, T. Plisson, L. Toraille, J. Renaud, F. Occelli, M. Schmidt, O. Salord, A. Delobbe, T. Debuisschert, L. Rondin, P. Loubeyre et J.-F. Roch. *Science*, le 13 décembre 2019.

DOI: [10.1126/science.aaw4329](https://doi.org/10.1126/science.aaw4329)

Lire l'article sur la base d'archives ouvertes [arXiv](#).

Contacts

Contact ENS Paris-Saclay | Jean-François Roch | jean-francois.roch@ens-paris-saclay.fr

Contact CEA-DAM | Thomas Plisson | thomas.plisson@cea.fr

Contact Thales R&T | Thierry Debuisschert | thierry.debuisschert@thalesgroup.com

Communication CNRS-INP | inp.com@cnrs.fr

