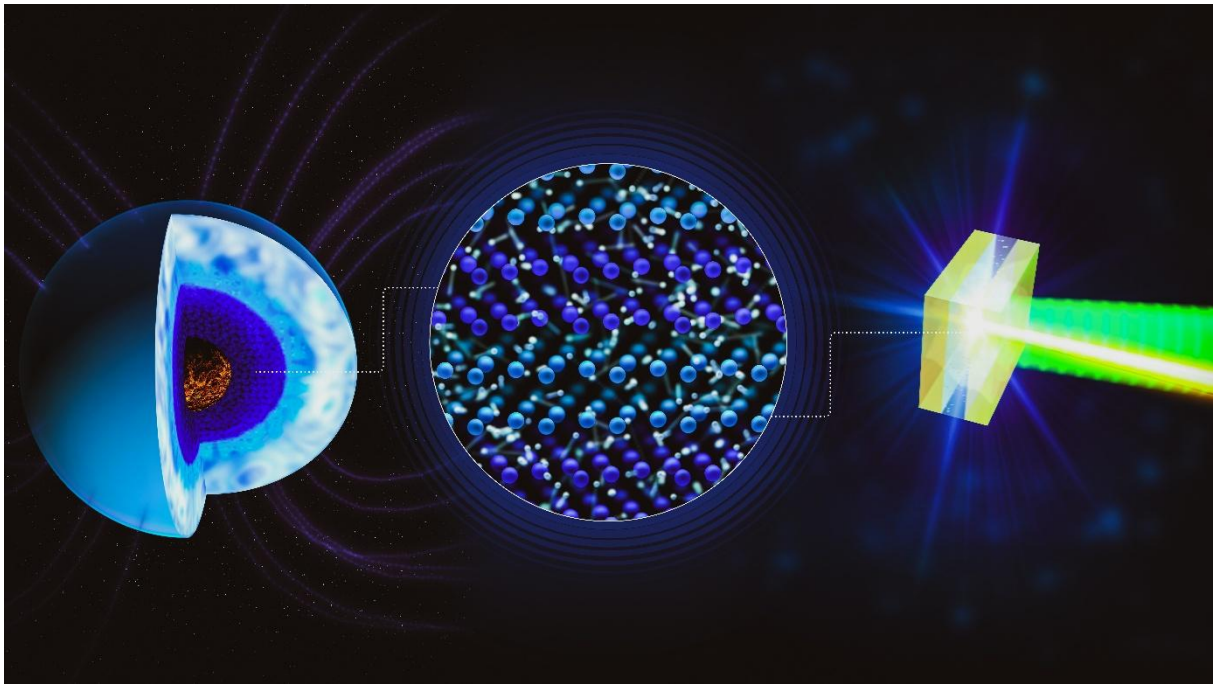
COMMUNIQUE DE PRESSE – 13 JANVIER 2026

Une nouvelle clé pour étudier les grandes planètes : une équipe de recherche découvre une nouvelle forme de l'eau



Représentation schématique de la structure microscopique de l'eau superionique, dans laquelle les atomes d'oxygène forment un réseau cristallin solide, tandis que les ions hydrogène sont pratiquement libres de se déplacer à l'intérieur. À l'aide de lasers puissants, cet état extrême, qui ne se produit normalement qu'à l'intérieur des grandes planètes, a pu être mesuré expérimentalement. (© Greg Stewart / SLAC National Accelerator Laboratory)

Une équipe internationale de chercheurs dirigée par des scientifiques de l'École polytechnique et du CNRS en France, de l'université de Rostock, et du Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf en Allemagne a découvert pour la première fois une forme de l'eau jusqu'alors inconnue dite "superionique". Les chercheurs ont réussi à découvrir expérimentalement une phase exotique hautement conductrice d'électricité grâce au laser à rayons X de l'European XFEL près de Hambourg et à la Linac Coherent Light Source (LCLS) au SLAC à l'Université de Stanford, États-Unis. Cette forme de l'eau pourrait exister à l'intérieur de planètes géantes de glace telles qu'Uranus et Neptune.

Des températures de plusieurs milliers de degrés Celsius et des pressions de plusieurs millions d'atmosphères : l'eau superionique ne se forme que dans des conditions extrêmes. Ces conditions transforment l'eau en un état (une « phase ») inhabituel dans lequel les ions d'hydrogène se déplacent librement à travers un réseau solide d'atomes d'oxygène.

Une étape importante dans la recherche planétaire

Puisque cette phase est particulièrement propice à la conduction d'un courant électrique, elle est associée à la formation des champs magnétiques inhabituels observés sur les planètes dites géantes de glaces. En raison des grandes quantités d'eau présentes à l'intérieur d'Uranus et de Neptune, l'eau superionique pourrait même être la forme d'eau la plus courante dans notre système solaire.

Une nouvelle étude révèle des détails complexes sur l'eau

Bien que l'eau superionique ait déjà été produite lors d'expériences précédentes, sa structure détaillée restait jusqu'à présent obscure. Des études antérieures suggéraient que les atomes d'oxygène dans la glace superionique s'organisent soit en une structure cubique centrée, soit en une structure cubique à faces centrées, c'est-à-dire en deux variantes d'un réseau cubique : dans le premier cas, un atome supplémentaire se trouve au centre du cube, dans le second, sur chaque face du cube.

Cependant, cette nouvelle étude offre une image beaucoup plus complexe. Les chercheurs ont découvert que l'eau superionique forme une structure qui combine à la fois un empilement cubique à faces centrées et un empilement hexagonal compact. Cette dernière correspond à une stratification d'atomes étroitement empilés selon des motifs hexagonaux et, combinée aux zones cubiques, entraîne d'importantes erreurs d'empilement. Au lieu de s'organiser en une seule configuration régulière, les atomes d'oxygène forment une séquence hybride et mal structurée, un motif qui ne peut être rendu visible que par des mesures de haute précision à l'aide de lasers à rayons X de pointe.

Les chercheurs ont dû créer des conditions extrêmes

Pour obtenir ces informations, l'équipe a mené deux expériences : l'une sur l'instrument Matter in Extreme Conditions (MEC) au LCLS aux États-Unis et l'autre sur l'instrument HED-HIBEF à l'European XFEL. Ces installations permettent aux chercheurs de comprimer l'eau à des pressions supérieures à 1,5 million d'atmosphères et de la chauffer à des températures de plusieurs milliers de degrés Celsius, tout en enregistrant simultanément sa structure atomique en quelques trillionièmes de seconde.

La compréhension de cette structure de l'eau ouvre de nouvelles possibilités

Les résultats, qui concordent avec les simulations les plus avancées, montrent que l'eau superionique peut présenter une diversité structurelle similaire à celle de la glace solide, qui forme une variété de structures cristallines différentes en fonction de la pression et de la température. Ces travaux soulignent que l'eau, malgré son apparente simplicité, révèle continuellement des propriétés nouvelles et remarquables dans des conditions extrêmes. En outre, ces résultats fournissent des contraintes précieuses pour améliorer les modèles de l'intérieur et de l'évolution des géantes de glace, qui sont également très courantes en dehors de notre système solaire.

Le projet a été soutenu dans le cadre d'une initiative conjointe entre la Fondation allemande pour la recherche (DFG) et l'Agence nationale de la recherche (ANR). Plus de 60 scientifiques européens et américains ont participé aux expériences et à l'évaluation.

Article scientifique: https://doi.org/10.1038/s41467-025-67063-2

CONTACTS PRESSE

Mathilde Ordas

École polytechnique
mathilde.ordas@polytechnique.edu

Prof. Dr. Dominik Kraus
Institut für Physik
AG Hochenergiedichtephysik
Albert-Einstein-Str. 23
18057 Rostock
(+49) 381 498-6930
dominik.kraus@uni-rostock.de

Lea-Marie Kenzler
Presse- und Kommunikationsstelle
Universitätsplatz 1
18055 Rostock
(+49) 381 498-1029
lea-marie.kenzler@uni-rostock.de

Simon Schmitt
Abteilung Kommunikation und Medien am HZDR
+49 351 260 3400
s.schmitt@hzdr.de

Dr. Ulf Zastrau
Leading Scientist HED |European XFEL
Holzkoppel 4
22869 Schenefeld
Ulf.zastrau@xfel.eu