



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

COMMUNIQUÉ DE PRESSE

Genève | 7 mai 2018



L'apparent calme intérieur des matériaux quantiques

Pour la première fois, des physiciens de l'UNIGE, de l'Université Grenoble Alpes, du CEA et du CNRS à Saclay et Grenoble ont confirmé une théorie sur les transitions de phase topologiques, un domaine de recherche initié par les prix Nobel de physique 2016.

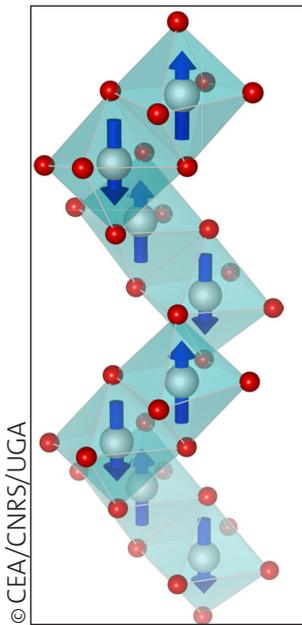
ATTENTION: sous embargo jusqu'au 7 mai 2018, 17h heure locale

Les transitions entre différentes phases de la matière font partie de notre vie courante : l'eau qui gèle passe ainsi de l'état liquide à l'état solide. Mais certaines de ces transitions peuvent avoir une nature différente, liées aux propriétés d'excitations dites topologiques, qui font agir collectivement l'ensemble des particules. Le composé BACOVO, inconnu du grand public, est un matériau quantique unidimensionnel sur lequel se sont penchés des chercheurs de l'Université de Genève (UNIGE) et du CEA, du CNRS et de l'UGA, en collaboration avec des scientifiques des centres de neutronique ILL et PSI. Ils ont découvert dans ce matériau une nouvelle transition de phase topologique, non pas gouvernée par un seul, mais par deux types d'excitations topologiques. En outre, ils ont également pu sélectionner lequel dominerait l'autre grâce à un champ magnétique et ainsi contrôler la transition. Leur recherche est à découvrir dans la revue *Nature Physics*.

Les chercheurs se sont appuyés sur les travaux du Prix Nobel de physique 2016, décerné aux physiciens David Thouless, Duncan Haldane et Michael Kosterlitz, qui prédisent qu'un jeu d'excitations topologiques dans un matériau quantique est susceptible d'induire une transition de phase. De nombreuses théories ont été élaborées sur ces excitations topologiques, notamment sur la possibilité d'en confronter deux dans un seul et même matériau. Mais est-ce possible ? Et si oui, que se passerait-il ? Les chercheurs ont pu apporter la première confirmation expérimentale de la théorie de l'existence de deux jeux simultanés d'excitations topologiques et de leur compétition. Une petite révolution dans le monde mystérieux des propriétés quantiques.

La théorie et l'expérience intimement liées

Les chercheurs du CEA, du CNRS et de l'UGA travaillaient justement sur un matériau anti-ferromagnétique unidimensionnel aux propriétés particulières, nommé BACOVO ($\text{BaCo}_2\text{V}_2\text{O}_8$). «Nous avons effectué différentes expériences sur BACOVO, un oxyde caractérisé par sa structure en hélice, expliquent en chœur Béatrice Grenier, Sylvain Petit et Virginie Simonet, chercheurs aux CEA, CNRS et à l'UGA. Mais nous étions confrontés, dans nos résultats expérimentaux, à une transition de phase mystérieuse». C'est pourquoi leur équipe a fait appel à celle de Thierry Giamarchi, professeur au Département de physique de la matière quantique de la Faculté des sciences de l'UNIGE. «A partir de leurs résultats, nous avons établi des schémas théoriques capables de les interpréter, explique le physicien genevois. Puis ces modèles théoriques ont à nouveau été testés par de nouvelles expériences, afin de les valider.»



La structure en hélice de BACOVO: les atomes d'oxygènes, représentés en rouge, sont organisés en octaèdres autour des atomes de cobalt situés en leur centre. Les flèches bleues représentent les petits moments portés par les atomes de cobalt, ordonnés de façon anti-ferromagnétique le long de la chaîne en hélice.

Illustrations haute définition

Création du «modèle standard»

L'objectif était donc de comprendre comment fonctionnent les propriétés quantiques de BACOVO, notamment ses excitations topologiques. «Pour cela, nous avons utilisé la diffusion des neutrons. Cela signifie que nous envoyons un faisceau de neutrons sur le matériau. Les neutrons se comportent comme des petits aimants qui interagissent avec ceux de BACOVO selon une stratégie «perturber pour révéler», qui nous permet de comprendre leurs propriétés», détaille Quentin Faure, doctorant à l'Institut Néel du CNRS et à l'Institut nanosciences et cryogénie (CEA/UGA). Lorsque le modèle développé par l'UNIGE concorde avec l'expérience, il devient le «modèle standard» du matériau. «Et effectivement, le modèle que nous avons établi avec Shintaro Takayoshi a prédit exactement le résultat de l'expérience !», se réjouit Thierry Giamarchi.

Un matériau aux propriétés inattendues

Mais cette expérience a permis une découverte que les scientifiques n'avaient pas anticipée. «Après avoir établi le «modèle standard» de BACOVO, nous avons observé des propriétés inattendues», s'enthousiasme Shintaro Takayoshi, chercheur au Département de physique de la matière quantique de la Faculté des sciences de l'UNIGE. En effet, une fois placé dans un champ magnétique, BACOVO développe un deuxième jeu d'excitations topologiques qui est en compétition avec le premier, confirmant des théories des années 70-80 construites grâce au domaine ouvert par les travaux des nobélisés. «En plus de prouver l'existence de cette confrontation de deux jeux d'excitations topologiques au sein d'un même matériau, du jamais vu, nous avons été en mesure de contrôler expérimentalement quel jeu domine l'autre», ajoute le chercheur genevois. Une première !

Ce qui n'était au départ qu'une hypothèse théorique est ainsi devenu une expérience vérifiée. Grâce à un travail d'analyse poussé sur BACOVO, les physiciens et physiciennes de l'équipe ont prouvé que deux jeux d'excitations topologiques entrent en confrontation directe dans un même matériau et contrôlent son état. En fonction du jeu dominant, cette confrontation conduit ainsi à une transition de phase quantique. De plus, les scientifiques ont été en mesure de contrôler quel jeu l'emporte, pouvant ainsi régler à loisir l'état de la matière de BACOVO. «Ces résultats ouvrent tout un champ de possibles dans la recherche de la physique quantique, conclut Thierry Giamarchi. Certes, nous en sommes encore au niveau fondamental, mais c'est par ce genre de découvertes que chaque jour nous nous rapprochons d'applications des propriétés quantiques des matériaux, et pourquoi pas de l'ordinateur quantique !»

UNIVERSITÉ DE GENÈVE
Service de communication
 24 rue du Général-Dufour
 CH-1211 Genève 4
 Tél. +41 22 379 77 17
 media@unige.ch
 www.unige.ch

contact

Thierry Giamarchi

professeur au Département de physique
 de la matière quantique
 Faculté des sciences
 +41 22 379 63 63
 Thierry.Giamarchi@unige.ch

DOI: 10.1038/s41567-018-0126-8