



### Comment le désordre autour d'impuretés peut devenir ordre à grande échelle sous champs magnétiques intenses

Juliet 2017

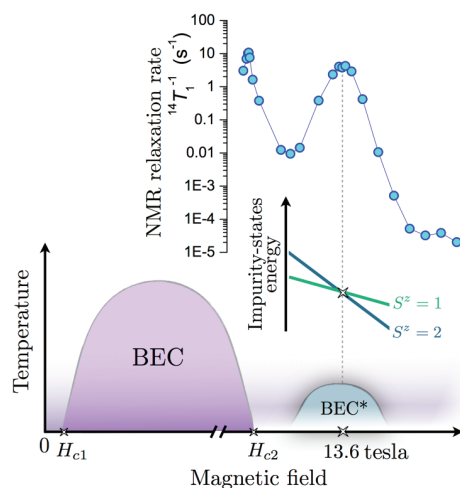
Des physiciens ont démontré en s'appuyant sur des données expérimentales sous fort champ magnétique que le désordre induit par des impuretés dans un isolant de Mott peut conduire à une forme de résurgence de l'ordre à longue distance.

Il existe une grande famille de matériaux isolants dits « de Mott » où le magnétisme quantique domine les propriétés électroniques à basse température. Ces matériaux présentent la remarquable propriété de réaliser sous fort champ magnétique l'analogue magnétique d'un condensat de Bose-Einstein, c'est-à-dire un état où toutes les particules partagent la même onde quantique. Cependant, le dopage de ce matériau en impuretés peut, sous champ magnétique, induire au contraire un désordre local. Des études récentes ont démontré qu'il était ainsi possible d'observer une nouvelle phase désordonnée appelée « verre de Bose », un état complexe très rarement observé. C'est en voulant sonder les caractéristiques microscopiques de cet état à l'aide de la résonance magnétique nucléaire (RMN) que les physiciens ont découvert que même si le désordre était présent proche des impuretés, il était possible d'observer une résurgence de l'ordre à longue distance.

Grâce à des mesures fines de temps de relaxation sous fort champ magnétique (entre 12T et 16T), les chercheurs ont pu établir de façon

très précise une image microscopique des états magnétiques localisés au voisinage immédiat des impuretés. Ces résultats expérimentaux obtenus au Laboratoire des champs magnétiques intenses de Grenoble (LNCMI, CNRS/EMFL/UGA/UPS/INSA) ont été confrontés à des calculs théoriques réalistes. Cette confrontation a permis d'obtenir des informations précises sur la physique locale et d'établir des valeurs typiques de couplage entre les différents sites d'impuretés. Ces précieuses informations microscopiques ont alors servi d'hypothèse de départ pour établir un modèle théorique à N corps s'appuyant sur ces données expérimentales. Ce modèle réaliste tridimensionnel de spins en interactions, étudié par simulations numériques à l'aide de l'algorithme Monte Carlo quantique au Laboratoire de physique théorique de Toulouse (LPT, CNRS/UPS), a ainsi conduit à la découverte non pas d'une phase localisée type verre de Bose, mais à la résurgence d'un ordre à longue portée sous fort champ magnétique et à très basse température, c'est-à-dire un nouveau type de condensat de Bose-Einstein, induit par les impuretés. Contrairement à ce qui était attendu, est apparu le fait qu'un ensemble de désordres locaux pouvait conduire à une résurgence de l'ordre à grande échelle.

Ces résultats ont conduit à la publication simultanée de deux articles dans la revue *Physical Review Letters* et ouvrent de nouvelles perspectives quant au rôle du désordre en physique de la matière condensée et dans la condensation de Bose-Einstein. Ces travaux théoriques ouvrent également des perspectives pour pousser plus loin les investigations expérimentales permettant d'observer expérimentalement cette résurgence.



Au-delà du condensat de Bose-Einstein (BEC) existant entre  $H_{c1}=2.1$  T et  $H_{c2}=12.3$  T, il existe un nouveau type de condensat (BEC\*) au voisinage de 13.6 T. Ce nouvel état quantique induit par le désordre émerge de l'interaction entre états d'impuretés localisés, révélés par un très fort pic de la relaxation RMN en fonction du champ magnétique.

### En savoir plus

Nuclear Magnetic Resonance Reveals Disordered Level-Crossing Physics in the Bose-Glass Regime of the Br-Doped Compound  $Ni(Cl_{1-x}Br_x)_2-4SC(NH_2)_2$  at a High Magnetic Field

A. Orlova, R. Blinder, E. Kermarrec, M. Dupont, N. Laflorencie, S. Capponi, H. Mayaffre, C. Berthier, A. Paduan-Filho et M. Horvati

*Physical Review Letters* (2017), doi:10.1103/PhysRevLett.118.067203

Disorder-Induced Revival of the Bose-Einstein Condensation in  $Ni(Cl_{1-x}Br_x)_2-4SC(NH_2)_2$  at High Magnetic Fields

M. Dupont, S. Capponi et N. Laflorencie

*Physical Review Letters* (2017), doi:10.1103/PhysRevLett.118.067203

### Contact chercheur

Nicolas Laflorencie, chargé de recherche CNRS

### Informations complémentaires

Laboratoire national des champs magnétiques intenses (LNCMI, CNRS/EMFL/UGA/UPS/INSA)

Laboratoire de physique théorique (LPT, CNRS/UPS)