



# Institut de physique

Actualités scientifiques

## Des électrons fortement corrélés dans un résonateur micro-onde de grande finesse

Décembre 2017

En couplant une boîte quantique constituée d'un nanotube et d'un résonateur micro-onde, des physiciens ont pour la première fois accédé à la dynamique de l'effet Kondo. Ils ont montré que dans ce système, le transport des électrons repose uniquement sur les corrélations dans le nuage électronique.

Pour étudier finement les propriétés des gaz d'électron fortement corrélés, les physiciens peuvent, depuis une vingtaine d'années, les isoler dans des circuits électroniques mésoscopiques et modifier les caractéristiques de ce gaz d'électron *in situ*. Toutefois, dans les expériences menées jusqu'à présent, les informations acquises provenaient essentiellement de mesures de transport électronique. En couplant un circuit contenant une boîte quantique à un résonateur micro-onde, des physiciens du Laboratoire Pierre Aigrain ont pour la première fois mesuré la compressibilité d'un gaz d'électrons dans le régime de l'effet Kondo. Ce travail est publié dans la revue *Nature*.

Les physiciens ont élaboré la boîte quantique en isolant entre deux électrodes une portion de quelques centaines de nanomètres d'un nanotube de carbone, lui-même d'un diamètre de quelques nanomètres (Figure c.). La boîte quantique ainsi constituée piège les électrons suivant les trois dimensions spatiales. L'excitation micro-onde est confinée dans

un guide d'onde long d'un centimètre, fabriqué à l'aide d'une couche mince d'un métal supraconducteur. La difficulté expérimentale repose notamment sur le couplage de ces deux éléments sur une puce, en veillant à préserver la propreté du film supraconducteur et celle du nanotube. La sensibilité record de ce dispositif est permise par une nouvelle architecture dans laquelle la boîte quantique est fortement couplée à l'excitation micro-onde qui la sonde et le nanotube de carbone est déposé au-dessus d'une troisième électrode reliée à la cavité micro-onde. Avec ce dispositif, les physiciens mesurent le décalage de la fréquence de résonance de la cavité et en déduisent la compressibilité du gaz d'électrons. Une électrode de grille placée à proximité permet de faire varier l'effet tunnel entre la boîte quantique et les électrodes qui lui sont connectées. De la sorte, les chercheurs activent ou désactivent l'effet Kondo, c'est-à-dire l'existence d'une conductance finie due à la présence d'un spin électronique isolé.

En mesurant le signal micro-ondes transmis à travers la cavité à sa fréquence de résonance propre (environ 7 GHz), les physiciens ont pour la première fois observé directement que l'effet Kondo ne modifiait pas, contre toute attente, le signal micro-onde transmis. Contrairement à un gaz d'électrons libres ordinaire qui décale toujours la fréquence propre de la cavité, la résonance Kondo laisse cette dernière inchangée, bien qu'un courant puisse traverser le gaz d'électrons corrélés est « gelée » et que le transfert des électrons repose uniquement sur les corrélations dans le nuage électronique. Cette charge gelée induisant une conductance finie est une pierre angulaire du modèle Kondo mais elle n'avait jamais été observée jusqu'à maintenant.

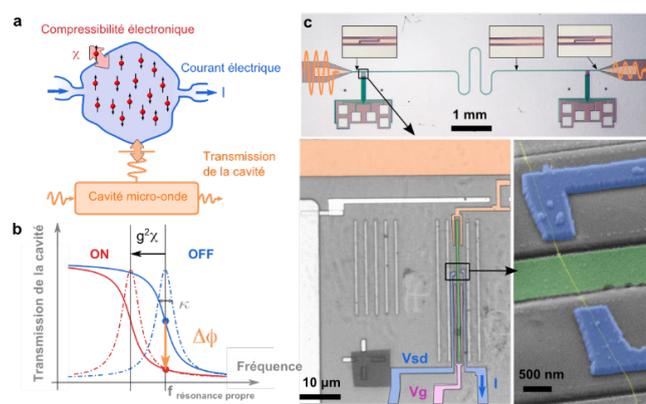


Figure : a. Schéma expliquant la mesure simultanée à l'aide d'une cavité micro-ondes de la compressibilité d'un gaz d'électron qui caractérise sa dynamique interne et du courant électrique le traversant. b. Schéma expliquant la mesure de la compressibilité par la mesure du décalage de la fréquence de résonance de la cavité. c. Images du dispositif couplant une cavité micro-onde sur puce à un circuit électronique fabriqué avec un nanotube de carbone (fil jaune dans l'image en bas à droite).

## En savoir plus

Observation of the frozen charge of a Kondo resonance

M. M. Desjardins, J.J. Viennot, M. C. Dartiailh, L. E. Bruhat, M. R. Delbecq, M. Lee, M.-S. Choi, A. Cottet et T. Kontos

*Nature* (2017), doi:10.1038/nature21704

## Contact chercheur

Takis Kontos, directeur de recherche CNRS

## Informations complémentaires

Laboratoire Pierre Aigrain (LPA, CNRS/ENS/UPMC/Univ. Paris Diderot)

cnrs

www.cnrs.fr

Institut de Physique

CNRS - Campus Gérard Mégie  
3 rue Michel-Ange, 75794 Paris Cedex 16  
T 01 44 96 42 53  
inp.com@cnrs.fr  
www.cnrs.fr/inp

Illustration du bandeau : © Emmanuel Perrin/CNRS Photothèque