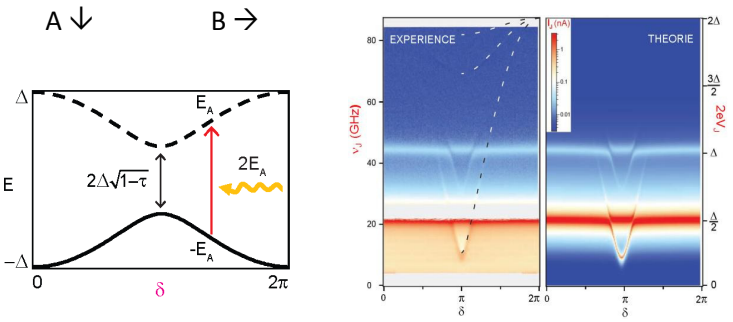
Institut Rayonnement Matière de Saclay
Brèves de l'IRAMIS
N° 224 - Septembre 2013
iramis-i.cea.fr

Spectroscopie de paires de Cooper localisées à un contact atomique entre deux supraconducteurs

Çaglar Girit, caglar.girit@cea.fr. Hugues Pothier, hugues.pothier@cea.fr. Daniel Estève, daniel.esteve@cea.fr. Cristian Urbina., christian.urbina@cea.fr. Groupe Quantronique, T : 01.69.08.55.29

Le spectre d'énergie d'un supraconducteur massif isolé présente un gap 2Δ autour de l'énergie de Fermi. Ce gap représente l'énergie minimale pour exciter une paire de Cooper. Pour un lien faible entre deux supraconducteurs, où la phase supraconductrice peut facilement être tordue, le spectre est localement modifié, avec notamment l'apparition de doublets d'états dans le gap. Ces états, appelés états d'Andreev, ont des énergies $\pm E_A$ qui dépendent de la différence de phase δ entre les électrodes supraconductrices et de la probabilité de transmission τ des électrons (Fig. A). Comme l'énergie des états d'Andreev est inférieure au gap Δ, ils ne peuvent pas se propager dans les supraconducteurs massifs et sont localisés au niveau du lien faible. L'état d'énergie $-E_A$ correspond donc à une paire de Cooper localisée dans son état fondamental. L'excitation de plus faible énergie est une excitation de cette paire de Cooper vers l'état d'énergie $+E_A$. La dépendance en phase de l'état fondamental est responsable du supercourant à l'équilibre : c'est l'effet Josephson, qu'a décrit Brian Josephson il y a 50 ans dans le cas de jonctions tunnel. Nos expériences révèlent l'existence de l'état excité par des mesures de spectroscopie sur des contacts atomiques supraconducteurs (Fig. B). Les contacts atomiques, dans lesquels un seul atome fait le contact entre deux électrodes, ici supraconductrices, constituent le lien faible le plus simple qu'on puisse imaginer, avec seulement quelques états d'Andreev mis en jeu. Cette expérience démontre l'existence d'un degré de liberté interne dans les jonctions Josephson, qui pourrait être utilisé comme ressource pour l'information quantique si sa cohérence quantique s'avère assez bonne.

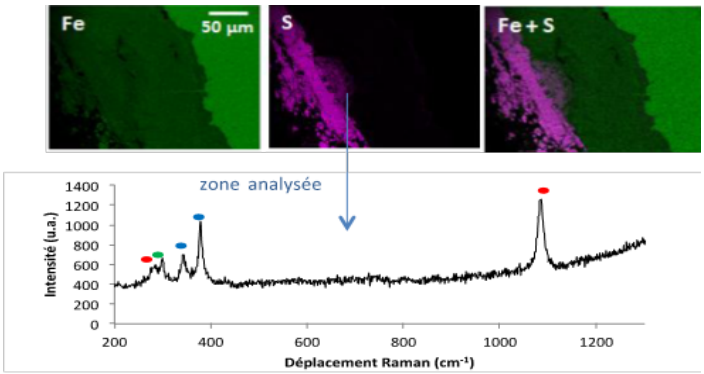


A. Spectre d'une paire d'Andreev localisée entre deux supraconducteurs en fonction de la différence de phase. B. Spectre d'un contact atomique comprenant trois paires d'Andreev. Les mesures (à gauche) sont en très bon accord avec les prédictions théoriques (à droite). Les lignes pointillées indiquent les positions attendues pour les transitions d'Andreev. Les lignes horizontales correspondent à des excitations d'un mode harmonique du circuit bien identifié. Des hybridations apparaissent entre le mode harmonique et les transitions d'Andreev.

Origine de la formation des phases soufrées lors de la corrosion anoxique du fer ?

Florence Mercier-Bion, T : 01.69.08/47.01, florence.mercier@cea.fr. Delphine Neff, T : /33.40, delphine.neff@cea.fr. Philippe Dillmann, T : /14.69, philippe.dillmann@cea.fr

Dans le cadre des études sur la durabilité à très long terme du surconteneur en acier confinant les déchets nucléaires en milieu géologique profond, le LAPA s'intéresse depuis plusieurs années à des analogues ferreux, dont des objets archéologiques corrodés dans des sols anoxiques (site de Glinet, Seine-Maritime, 16ème siècle ; sites archéologiques danois) et de milieux subaquatiques (épave d'un chaland romain datant du 1er siècle ap. JC). Le laboratoire ajoute une corde supplémentaire à son arc en s'intéressant à la biocorrosion du fer et notamment aux mécanismes de formation des produits soufrés retrouvés dans les couches de produits de corrosion des objets archéologiques. Ces sulfures de fer accélèrent et/ou inhibent la corrosion et peuvent avoir différentes origines : inorganique, bactérienne ou les deux. Malgré une littérature abondante dans le domaine de la corrosion en milieu pétrolier, on ne sait pas prédire comment se forment ces espèces chimiques à partir du milieu naturel. L'analyse physico-chimique de surface par microspectroscopie Raman et MEB-EDS permet d'obtenir la nature cristalline et la répartition de ces sulfures de fer dans les couches de produits de corrosion. L'originalité du laboratoire est de mesurer l'isotopie du soufre à l'échelle micrométrique voire nanométrique (ToF-SIMS, SIMS, nanoSIMS) dans les sulfures de fer répartis dans les couches de produits de corrosion. Il ressort que les sulfures de fer étudiés présentent une carence en soufre ^{34}S, ce qui signerait plutôt une origine bactérienne.



Sidérite ($FeCO_3$) Pyrite (FeS_2) Mackinawite (FeS_{1-x}) cristalline

Caractérisation des sulfures de fer dans les produits de corrosion, échantillon Arles Rhône 3, 1er siècle après JC, cartographies MEB-EDS et exemple de spectre Raman situé dans la zone riche en soufre, montrant la présence de sulfures (pyrite, mackinawite) avec de la sidérite imbriquée.