

Supraconductivité topologique p-wave, spin-triplet, dans les supraconducteurs ferromagnétiques

Contact : Jean-pascal BRISON DRF//INAC/PHELIQS/IMAPEC jean-pascal.brison@cea.fr 0438785248

Stage pouvant se poursuivre en thèse : Oui

Résumé :

Ce projet de M2, appelé à se poursuivre en thèse, est centré sur une famille particulière de supraconducteurs à fortes corrélations électroniques, qui sont des supraconducteurs de type « triplet de spin/p-wave ». Cet état est rare mais très recherché (voir la quête des fermions de Majorana). Ce sont des systèmes à base d'uranium (URhGe, UCoGe), qui sont aussi des supraconducteurs ferromagnétiques : ces 2 systèmes deviennent tout d'abord ferromagnétiques vers 9K ou 3K respectivement, avant de devenir supraconducteur (en restant ferromagnétique), respectivement en dessous de 0.25K ou 0.5K.

Aujourd'hui, ils sont sans doute les meilleurs systèmes pour explorer l'appariement triplet : cet état triplet est admis sans contestation, et on sait en obtenir des cristaux très purs. Ce projet vise à connaître beaucoup plus en profondeur ce paramètre d'ordre p-wave (le « vecteur d »). Durant le stage, on abordera 2 points :

? L'exploration du couplage du vecteur d avec le champ magnétique, qui conduit à une supraconductivité ré-entrante (ou renforcée), par des mesures de dilatation thermique.

? La détermination des conditions d'observation des propriétés topologiques de l'état supraconducteur, par mesure d'effet Hall thermique.

Toutes les mesures seront effectuées dans des cryostats à dilution, sur des cristaux synthétisés dans le groupe. On bénéficie aussi d'un fort support théorique en interne.

Sujet détaillé :

La supraconductivité est un sujet particulièrement vivant en matière condensée, notamment grâce à la découverte continue de nouvelles familles de supraconducteurs qui bouleversent notre compréhension de ce phénomène. La plupart de ces nouvelles familles de supraconducteurs sont aussi des systèmes à fortes corrélations électroniques, comme les cuprates à Haut-Tc, les pnictures de fer, les fermions lourds? Ils partagent les mêmes questions centrales sur leur état normal ou leurs phases supraconductrices, comme l'origine du mécanisme d'appariement qui est dominé par les interactions électron-électron plutôt que par le couplage électron-phonon. Mais on a aussi réalisé dernièrement, que cette supraconductivité non-conventionnelle pouvait aussi avoir des propriétés topologiques particulières, liées à la structure de bande ou à la structure des nuds du gap supraconducteur.

Ce projet de M2, appelé à se poursuivre en thèse, est centré sur une famille particulière de supraconducteurs à fortes corrélations électroniques, qui sont des supraconducteurs de type « triplet de spin/p-wave ». Cet état est rare mais très recherché (voir la quête des fermions de Majorana). Ce sont des systèmes à base d'uranium (URhGe, UCoGe pur ce projet), qui sont aussi des supraconducteurs ferromagnétiques : ces 2 systèmes deviennent tout d'abord ferromagnétiques vers 9K ou 3K respectivement, avant de devenir supraconducteur (en restant ferromagnétique), respectivement en dessous de 0.25K ou 0.5K.

De plus, dans les 2 systèmes, la supraconductivité semble renforcée sous champ magnétique, contrairement à la situation de tous les autres composés supraconducteurs : ce renforcement apparaît pour les valeurs de champ magnétique qui coïncident avec la suppression de l'ordre ferromagnétique (voir figure).

Aujourd'hui, ils sont sans doute les meilleurs systèmes pour explorer l'appariement triplet : cet état triplet est admis sans contestation, et on sait obtenir des cristaux très purs de ces composés d'uranium. Le projet de M2 vise à connaître beaucoup plus en profondeur ce paramètre d'ordre

p-wave (le « vecteur d »). Durant le stage, on abordera 2 points :

? L'exploration du couplage du vecteur d avec le champ magnétique, qui conduit à une supraconductivité ré-entrante (ou renforcée), par des mesures de dilatation thermique.

? La détermination des conditions d'observation des propriétés topologiques de l'état supraconducteur, par mesure d'effet Hall thermique.

Grâce à la dilatation thermique, on va explorer l'état supraconducteur sous champ avec une précision inégalée : on s'attend à ce que le vecteur d évolue fortement dans la région de supraconductivité renforcée, sans doute même avec de vraies transitions de phase entre différents états supraconducteurs.

L'effet Hall thermique, quant à lui, est une sonde très sensible des excitations de basse énergie : or justement, il est prédit qu'UCoGe serait un supraconducteur « de Weyl », possédant des nœuds du gap le long de l'axe de facile aimantation, et des excitations chirales. On attend aussi des excitations de surface de très basse énergie, qui seraient concentrées dans les parois de domaines chiraux.

Toutes les mesures seront effectuées dans des cryostats à dilution, sur des cristaux synthétisés dans le groupe. On bénéficie aussi d'un fort support théorique en interne.

Compétences requises :

Goût pour l'instrumentation, la physique expérimentale, la physique quantique, capacité à discuter avec des théoriciens et à s'attaquer à des problèmes complexes.