

Magnétisme et supraconductivité en conditions extrêmes

Dans la course aux champs magnétiques pulsés non-destructifs les plus intenses, le Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses de Toulouse a établi en 2017 le record d'Europe avec 98.8 teslas, et prévoit de bientôt tenter de battre le record du monde de 100.75 teslas détenu par les américains de Los Alamos. Ces champs extrêmes sont un enjeu pour l'étude des propriétés fondamentales de nombreux matériaux, par exemple des aimants quantiques présentant des phases de supraconductivité non-conventionnelle. Parmi eux, les systèmes dits à fermions lourds, où les électrons acquièrent des masses effectives de l'ordre de 100 à 1000 fois la masse de l'électron libre - du fait de très fortes interactions électroniques -, mais aussi les nouveaux supraconducteurs à base de fer, où les masses effectives sont moindres mais les températures de supraconductivité plus élevées, sont deux exemples parmi les plus connus.

Récemment, nous avons développé une nouvelle génération de cellules de pression permettant de repousser les limites expérimentales et d'effectuer des mesures de magnétorésistivité à basse température (1.5 K) en combinant champs magnétiques pulsés de 60 T et hautes pressions de 4 GPa. L'utilisation combinée des conditions extrêmes de champ magnétique intense (H), haute pression (p) et très basse température (T) permet d'étudier systématiquement le diagramme de phase tri-dimensionnel (H,p,T) de ces systèmes. Elle permet de suivre l'évolution des différentes phases (antiferromagnétisme, supraconductivité, liquide de Fermi) et des transitions associées, mais aussi de caractériser les évolutions de la masse effective et de la surface de Fermi.

La thèse proposée consiste en l'étude expérimentale du magnétisme et de la supraconductivité induite par le champ magnétique dans les fermions lourds. Des expériences seront effectuées dans plusieurs combinaisons de conditions extrêmes : dans des champs magnétiques allant jusqu'à 100 T (à 1.5 K, pression ambiante), dans des pressions allant jusqu'à 4 GPa (400 mK, 60 T), et des températures allant jusqu'à 100 mK (60 T, pression ambiante). Des expériences de diffraction des neutrons en champ magnétique intense jusqu'à 40 T (sur le site de l'ILL Grenoble) seront planifiées pour déterminer la structure magnétique des phases induites sous champ dans une sélection de composés. Ce travail sera fait en

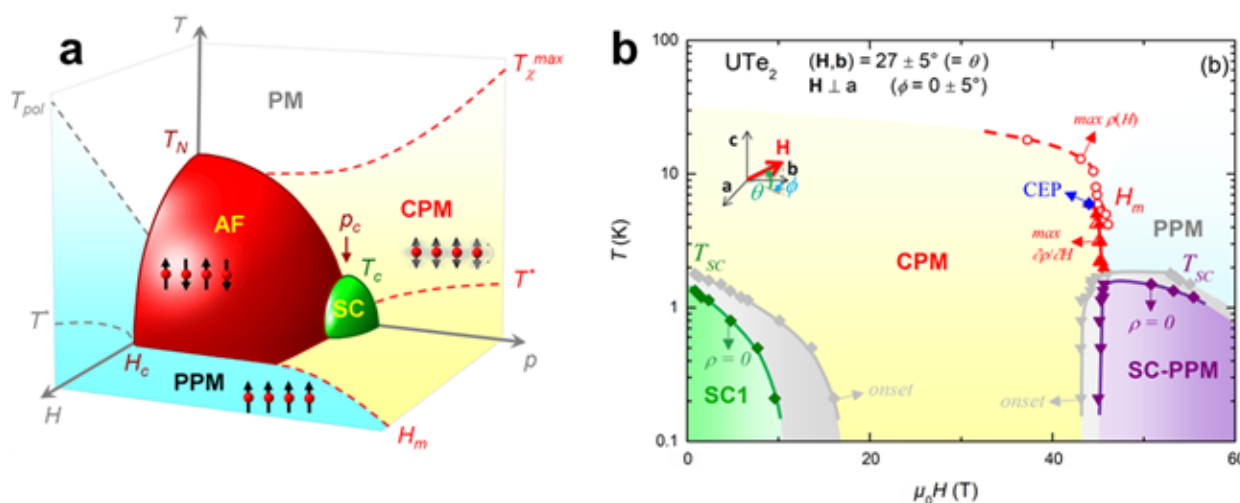


Figure 1: (a) Diagramme de phase 3D (H,p,T) schématisant les systèmes à fermions lourds (AF = antiferromagnétisme, SC = supraconductivité, PPM = paramagnétisme polarisé, CPM = paramagnétisme corrélé, PM = paramagnétisme). (b) Diagramme de phase à fort champ du supraconducteur réentrant UTe_2 (SC-PPM = supraconductivité induite par un champ magnétique).

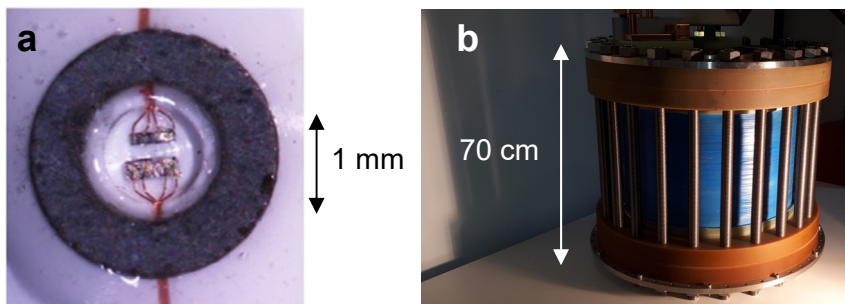


Figure 2:
 a. Echantillons dont la résistivité électrique est mesurée sous pression et champ magnétique intense combinés
 b. Aimant 100-T du LNCMI

collaboration étroite avec le CEA-Grenoble et l'Université de Tohoku au Japon. Des missions à Grenoble et au Japon seront prévues.

Cette thèse demande un goût prononcé pour la physique expérimentale (montages fins faits sous microscope, expériences en conditions extrêmes, etc.), mais aussi une volonté d'approfondir des notions théoriques passionnantes en magnétisme et supraconductivité.

Le LNCMI a de très bonnes chances d'avoir une bourse de thèse MESRI de l'École doctorale des Sciences de la Matière de Toulouse cette année. Si ce financement est confirmé, le directeur du LNCMI a prévu de l'attribuer à ce projet de thèse.

Contact: William Knafo
 Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses
 143 avenue de Rangueil, Toulouse, France

E-mail: william.knafo@lncmi.cnrs.fr

Quelques références:

1. "Destabilization of hidden order in URu_2Si_2 under magnetic field and pressure", W. Knafo *et al.*, accepted in Nature Physics.
2. "Field-reentrant superconductivity close to a metamagnetic transition in the heavy-fermion superconductor UTe_2 ", G. Knebel *et al.*, [J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 063707 \(2019\)](#).
3. "Three-dimensional critical phase diagram of the Ising antiferromagnet $CeRh_2Si_2$ under intense magnetic field and pressure", W. Knafo *et al.*, [Phys. Rev. B **95**, 014411 \(2017\)](#).
4. "Field-induced spin-density wave beyond hidden order in URu_2Si_2 ", W. Knafo *et al.*, [Nature Commun. **7**, 13075 \(2016\)](#).
5. "Pressure cell for transport measurements under high pressure and low temperature in pulsed magnetic fields", D. Braithwaite *et al.*, [Rev. Sci. Instrum. **87**, 023907 \(2016\)](#).
6. "Heavy fermions in a high magnetic field", D. Aoki *et al.*, [C. R. Physique **14**, 53 \(2013\)](#).

Sur le web:

http://www.toulouse.lncmi.cnrs.fr/spip.php?page=rubrique&id_rubrique=8

<http://www.cnrs.fr/inp/spip.php?article3837>

<http://objectifnews.latribune.fr/innovation/recherche-et-developpement/2015-10-15/toulouse-capitale-mondiale-de-la-recherche-sur-les-champs-magnetiques.html>