

Excitations magnétiques et phases magnétiques induites par le champ dans le système géométriquement frustré TbB₄

Laboratoire National des Champs Magnétiques intenses – UPR CNRS 3228
143 Avenue de Ranguéil- 31400 Toulouse

Directeurs de thèse : F. Duc – CNRS, LNCMI Toulouse (fabienne.duc@lncmi.cnrs.fr)
F. Bourdarot – CEA Grenoble (bourdaro@ill.fr)

Le tétraborure de terre rare TbB₄ est un matériau fascinant qui illustre toute la complexité du magnétisme géométriquement frustré. Sa structure cristalline, analogue au réseau de Shastry-Sutherland, est marquée par des interactions antiferromagnétiques concurrentes qui donnent naissance à un diagramme de phases magnétiques particulièrement riche. En l'absence de champ, TbB₄ subit deux transitions antiferromagnétiques à 44 K et 24 K, tandis que l'application d'un champ magnétique selon l'axe *c* induit à basse température une cascade de plateaux d'aimantation, évoquant une structure en escalier du diable. Ces observations suggèrent une interaction subtile entre les moments magnétiques, les distorsions du réseau et le champ appliqué. Malgré les nombreuses études menées, les mécanismes microscopiques à l'origine de ces phénomènes, notamment le rôle des distorsions structurales, de l'anisotropie magnétique et des interactions d'échange, restent mal compris.

Ce projet de thèse vise à élucider les liens entre l'ordre magnétique, la dynamique du réseau et les champs externes dans TbB₄. En combinant des expériences de diffusion de neutrons, des mesures d'aimantation et des études de dilatation thermique et de chaleur spécifique sous champ intense, ce travail permettra d'approfondir notre compréhension du diagramme de phases magnétiques et des excitations de ce matériau. S'appuyant sur des données existantes de diffraction des neutrons obtenues sous champ pulsé, de nouvelles expériences de diffusion de neutrons seront menées pour analyser plus finement les excitations et les structures magnétiques. Des mesures d'aimantation sous champ intense seront à nouveau réalisées pour étudier la stabilité des phases induites par le champ, tandis que les réponses thermodynamiques et structurales, sondées par des mesures de dilatation thermique et de chaleur spécifique sous champs, devraient permettre de révéler les interactions délicates entre les degrés de liberté magnétiques et structuraux.

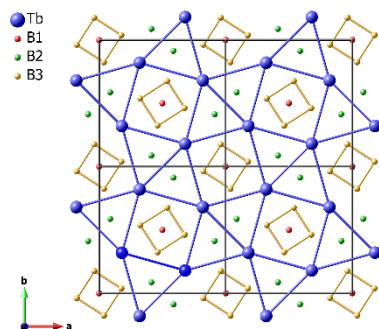


Fig. 1: Projection de la structure du TbB₄ perpendiculairement à l'axe quadratique *c*. Les ions Tb forment un réseau analogue au réseau Shastry-Sutherland.

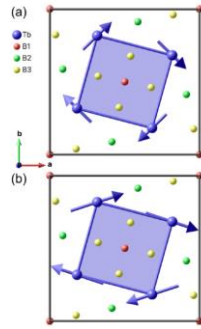


Fig. 2: Structure magnétique du TbB₄ pour : a) $24 \text{ K} < T < 44 \text{ K}$ et b) $T < 24 \text{ K}$, d'après la ref. [3]

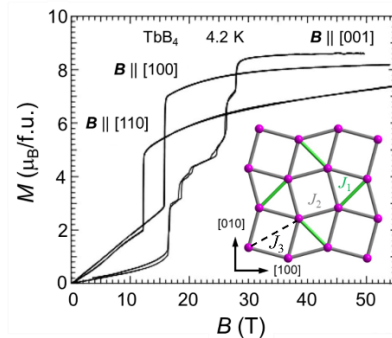


Fig. 3 : Courbes d'aimantation du TbB₄ mesurées à 4.2 K pour des champs magnétiques appliqués selon [100], [110] et [001], d'après la ref. [2].

Nous recherchons un/une candidat(e) motivé(e), désireux/se de mener des expériences de pointe dans des conditions extrêmes et d'approfondir ses connaissances en magnétisme et

en physique quantique. La personne retenue évoluera dans un environnement international et collaboratif, où elle développera une expertise en techniques expérimentales avancées tout en abordant des questions fondamentales sur la physique des systèmes géométriquement frustrés.

Ce projet sera mené au Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses (LNCMI) à Toulouse, en collaboration avec l'Institut Laue-Langevin (ILL), l'Institut Néel, le CEA et le LNCMI à Grenoble. Le ou la doctorant(e) bénéficiera d'un accès à des installations de diffusion de neutrons et de champs intenses de premier plan, offrant un cadre idéal pour des recherches innovantes.

Contact: Fabienne Duc (fabienne.duc@lncmi.cnrs.fr)
Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses
CNRS, UPR 3228, site de Toulouse
143, avenue de Rangueil F-31400 Toulouse, FRANCE
tel : +33-5 62 17 28 69

Quelques références bibliographiques :

1. *Exact ground state of a quantum mechanical antiferromagnet*, B. S. Shastry and B. Sutherland, *Physica B+C* 108, 1069 (1981).
2. *Multistep Magnetization Plateaus in the Shastry-Sutherland System TbB_4* , S. Yoshii, T. Yamamoto, M. Hagiwara, S. Michimura, A. Shigekawa, F. Iga, T. Takabatake, and K. Kindo, *Phys. Rev. Lett.* 101, 087202 (2008).
3. *Possible stripe phases in the multiple magnetization plateaus in TbB_4 from single-crystal neutron diffraction under pulsed high magnetic fields* ([hal-03795428](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03795428)), N. Qureshi, F. Bourdarot, E. Ressouche, W. Knafo, F. Iga, S. Michimura, L.-P. Regnault, and F. Duc., *Phys. Rev. B* 106, 094427 (2022)
4. *40-Tesla pulsed-field cryomagnet for single crystal neutron diffraction* ([hal-01802055](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01802055)), F. Duc, X. Tonon, J. Billette, B. Rollet, W. Knafo, F. Bourdarot, J. Béard, F. Mantegazza, B. Longuet, J. E. Lorenzo, E. Lelièvre-Berna, P. Frings and L.-P. Regnault, *Rev. Sci. Instrum.* **89**, 053905 (2018)
5. *Neutron diffraction study on the multiple magnetization plateaus in TbB_4 under pulsed high magnetic field*, Yoshii S., Ohoyama K., Kurosawa K., Nojiri H., Matsuda M., Frings P., Duc F., Vignolle B., Rikken G.L.J.A., Regnault L.-P., Michimura S., Iga F., *Phys. Rev. Lett.* **103**, 077203 (2009)