

Igor Goncharenko et Olga Makarova (DRECAM/LLB)
L. Ulivi (Istituto di Fisica applicata, Sesto Fiorentino, Italy)

Une nouvelle phase magnétique a été découverte au laboratoire Léon Brillouin (CEA-CNRS, Saclay) dans l'oxygène solide, grâce à des progrès techniques récents dans les hautes pressions et la diffraction de neutrons. Le type d'ordre magnétique, non prédit par la théorie, offre des perspectives nouvelles pour comprendre l'évolution des propriétés magnétiques et électroniques dans l'oxygène de haute densité.

Alors qu'il s'agit de l'élément le plus commun et le plus vital de notre planète, l'oxygène présente des propriétés tout à fait anormales sous haute pression et à basse température. C'est la seule molécule élémentaire qui possède des propriétés magnétiques. A basse température, l'oxygène présente un état magnétiquement ordonné. Contrairement à tous les autres solides, les interactions magnétiques dans l'oxygène solide sont du même ordre de grandeur que les forces intermoléculaires et peuvent influencer ses propriétés fondamentales comme sa structure cristalline. C'est pourquoi l'oxygène peut être appelé un "cristal contrôlé par le spin". Sous pression extrême (100 GPa*), l'oxygène devient supraconducteur. Récemment, une nouvelle phase magnétique a été découverte dans l'oxygène solide sous très haute pression au Laboratoire Léon Brillouin (LLB). Un échantillon polycristallin de 1 mm³ de volume a été comprimé entre deux enclumes à la pression de 10 GPa. Sa structure magnétique a été étudiée par diffraction de neutrons au réacteur ORPHEE.

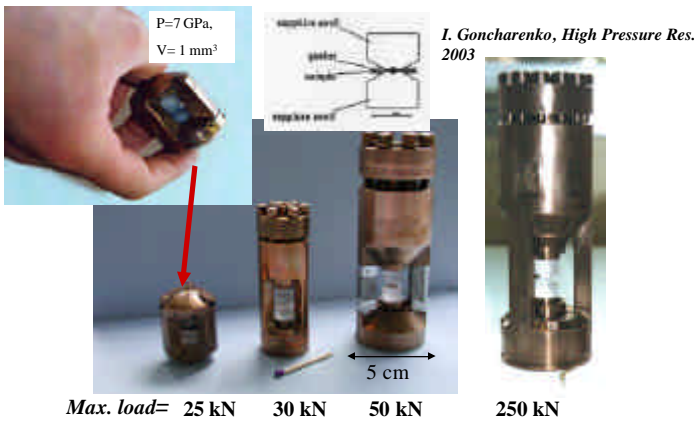


Fig 1 : Les cellules haute pression et basse température.



La structure des phases α , β , δ (Fig. 2) ont été étudiées, la phase γ est l'état liquide. La phase δ (6.2 GPa) présente une nouvelle structure magnétique avec un couplage ferromagnétique** inhabituel entre les plans d'O₂. Cette structure inattendue, non prévue par les prédictions théoriques, est peut-être le premier signe de l'effondrement du magnétisme qui doit précéder la transition vers l'état supraconducteur.

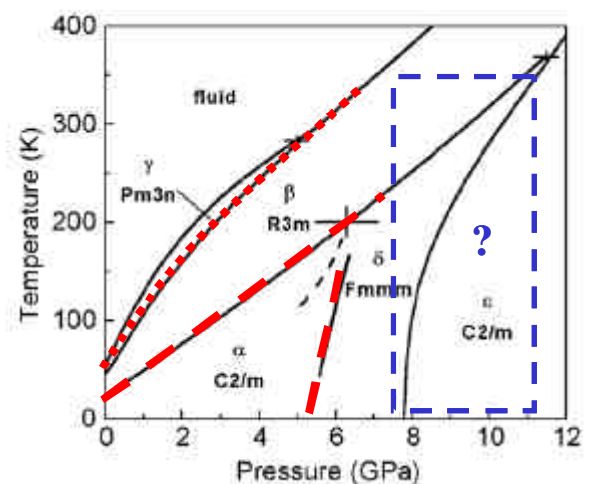


Fig. 2 : Diagramme de phase de O₂. En noir : lignes de transition de phase structurales, en rouge transition de phase magnétique.

Notes:

*1GPa =10 000 bars

**dans une structure ferromagnétique, les moments magnétiques (ou “spins”) sont orientés parallèlement, alors que dans une structure antiferromagnétique, ils sont antiparallèles.

Référence :

I.N. Goncharenko, O.L. Makarova, L. Ulivi, « Direct Determination of the Magnetic Structure of the Delta Phase of Oxygen », Phys. Rev. Lett. 93 (Juillet 30, 2004), 055502.

Contact chercheur:

Igor Goncharenko,

Laboratoire Léon Brillouin,

Tel : 01 69 08 96 84

Mél : gonch@llb.saclay.cea.fr