

### Polarisation des vallées de Dirac du bismuth par le champ magnétique

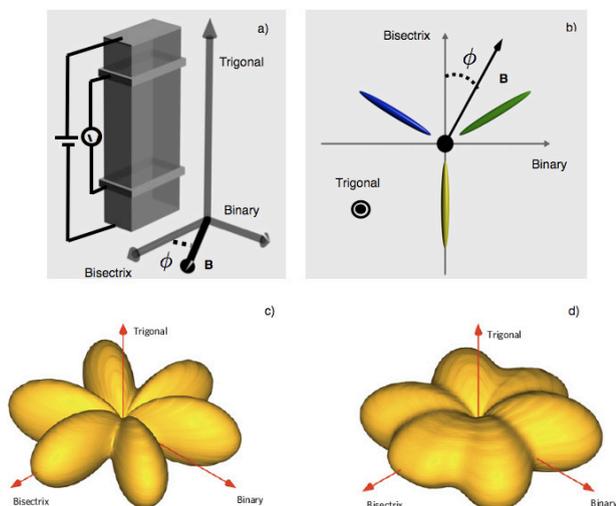
Juin 2012

Dans des matériaux tels que le graphène ou le bismuth, les électrons qui assurent la conduction électrique peuvent se trouver dans des états distincts de même énergie, qui se différencient uniquement par leurs propriétés de phase. Dans une étude théorique et expérimentale sur le bismuth, des physiciens du laboratoire de Physique et d'Etude des Matériaux (CNRS / ESPCI / UPMC) viennent de montrer qu'en utilisant un faible champ magnétique, il est possible d'obtenir un courant électrique pour lequel près de 80% des électrons mis en mouvement proviennent d'un seul des trois états possibles pour ce matériau. Ce travail ouvre la possibilité d'utiliser ce nouveau degré de liberté pour réaliser de nouvelles fonctions électroniques.

Chaque électron possède une rotation propre, que l'on appelle « spin ». La valeur du spin est quantifiée : lorsqu'on le mesure selon un axe, il pointe soit vers le haut (up) soit vers le bas (down). On sait maintenant réaliser des dispositifs électroniques extrêmement performants mettant cette propriété à profit : c'est la spintronique qui repose sur la création

de courant électrique pour mettre en jeu uniquement des électrons de spin donné. Plus récemment, les physiciens ont essayé de manipuler un degré de liberté pouvant jouer un rôle analogue à celui du spin. Pour un électron, passer de l'un à l'autre de ces états nécessiterait une énergie bien supérieure à l'énergie d'agitation thermique, même pour des températures de plusieurs dizaines de Kelvin. Pour décrire cette situation, les physiciens utilisent l'image de vallées d'énergie au fond desquelles les électrons sont confinés. Dans le bismuth, du fait de la très grande anisotropie des vallées, la circulation du courant électrique le long de l'axe trigonal est extrêmement sensible à l'orientation du champ magnétique dans le plan (Binaire-Bissectrice). En collaboration avec Pr. Kang (Département de Physique, Ewha Womans University) les physiciens du LPEM ont mis en évidence le fait que le champ magnétique permet de contrôler la contribution de chacune des vallées dans la conduction totale. Quand le champ magnétique est orienté suivant l'axe bissectrice, et aux températures d'environ 40 K, la contribution d'une vallée à la conductivité totale peut atteindre 4/5.

Ce travail a également mis en évidence deux régimes : à haute température et bas champ, les trois vallées sont équivalentes ou autrement dit interchangeables et la symétrie d'ordre 3 du cristal est respectée. En revanche, à mesure que la température diminue ou que le champ magnétique augmente, la symétrie disparaît. Cet effet pourrait être une manifestation expérimentale d'un nouvel état fondamental électronique dit "valley-nematic Fermi liquid state".



a) Configuration de mesure de la magnétorésistance de bismuth : le courant et la tension sont mesurés le long de l'axe trigonal. b) Projection de la surface de Fermi de bismuth dans le plan (Binaire, Bissectrice). c) Représentation stéréographique de  $\rho_{zz}$  at  $T=30K$  et  $B=0.5T$ . d) Même chose que c) pour  $T=1.5K$  et  $B=0.5T$ .

### En savoir plus

Field-induced polarization of Dirac valleys in bismuth, Zengwei Zhu, Aurélie Collaudin, Benoît Fauqué, Woun Kang et Kamran Behnia, *Nature Physics*, 8, 89 (2012)

### Contact chercheur

Kamran Behnia, chercheur

### Informations complémentaires

- Laboratoire de Physique et d'Etude des Matériaux, UMR 8213 CNRS / ESPCI / UPMC