



Institut de physique
Résultat scientifique

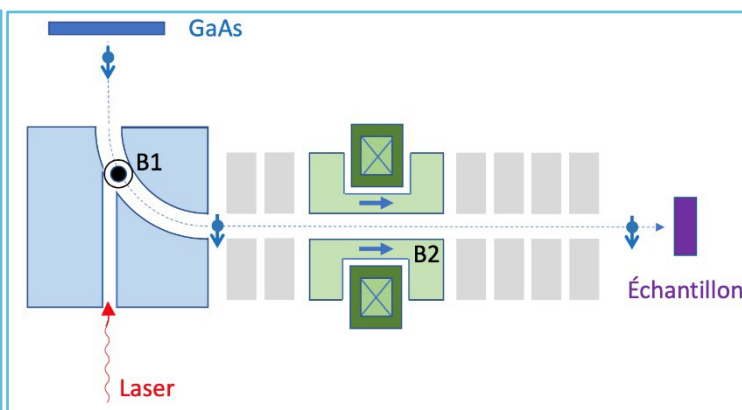
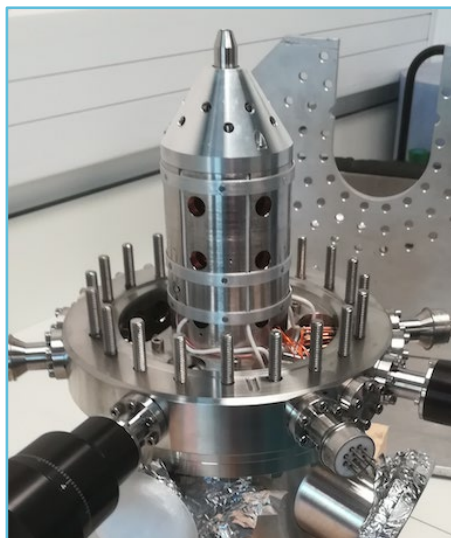
Le spin dans toutes ses orientations

Pour développer les applications de nouveaux matériaux, il est précieux de connaître l'énergie des électrons en fonction de leur quantité de mouvement et aussi en fonction de toutes les orientations possibles de leur spin. Les physiciens viennent de développer un nouveau dispositif capable pour la première fois de sonder de façon indépendante et complète ces deux paramètres.

La bande de conduction des matériaux décrit la façon dont l'énergie des électrons qui participent à la conduction électrique est reliée à leur quantité de mouvement et à leur spin. Tout ou partie de cette bande est occupée par des électrons, suivant le caractère conducteur ou isolant du matériau. Il s'avère que les états électroniques inoccupés de la bande de conduction sont beaucoup moins connus que les états occupés, mais tout aussi importants pour les applications. Pour sonder les états occupés, il est possible d'exciter les électrons avec des photons et de mesurer l'énergie cinétique des électrons émis, c'est la technique appelée photoémission. Pour sonder les états inoccupés, on utilise la technique appelée photoémission inverse. Elle consiste à envoyer des électrons occuper ces états et à détecter les photons émis lorsque les électrons se désexcitent. Afin de décrire complètement les états inoccupés de la bande de conduction, il est nécessaire de faire varier de façon précise et indépendante la direction d'incidence des électrons sur le matériau ainsi que l'orientation de leur spin. Or il est délicat de produire des électrons polarisés avec une orientation de spin bien contrôlée, les dispositifs de photoémission inverse polarisée en spin et résolus en angle d'incidence sont rares dans le monde et ne permettent pas un contrôle total du spin.

Grâce à une combinaison appropriée de champs magnétiques, les physiciens du Laboratoire de physique des solides d'Orsay ([LPS](#), CNRS / Université Paris-Saclay) ont conçu un dispositif de photoémission inverse nouveau, dont le cœur est une source d'électrons polarisés usinée et assemblée au laboratoire, qui assure un contrôle total du spin des électrons en offrant la possibilité de l'orienter dans une direction arbitraire (figure). Cette approche ouvre des nouvelles perspectives pour les études de la bande de conduction, en particulier dans le cas des matériaux de l'électronique de nouvelle génération (spintronique) pour laquelle la connaissance du spin est cruciale. Ce travail est publié dans *Review of Scientific Instruments*.





(À

gauche) Source d'électrons polarisés en spin développée au Laboratoire de physique des solides (Crédit : LPS CNRS/U. Paris-Saclay)

(Ci-dessus) Schéma de principe de la source d'électrons. Un laser infrarouge circulairement polarisé (flèche rouge) est envoyé sur une cible de GaAs, qui produit des électrons polarisés (la flèche bleue représente la direction des spins) à partir d'une transition optique de GaAs. La surface de la cible a été préparée de manière à avoir une affinité électronique négative, pour extraire plus facilement les électrons. Une fois les électrons polarisés en spin produits, leur orientation est contrôlée complètement grâce à deux champs magnétiques B1 et B2. Les électrons sont en effet d'abord déviés dans un secteur circulaire où règne le champ B1 qui permet de choisir la direction de polarisation dans le plan de la figure, et donc en particulier d'aligner la direction des spins sur la direction d'incidence. Après le secteur circulaire, un rotateur où règne le champ B2 permet de choisir la direction de polarisation dans le plan perpendiculaire à l'incidence. En jouant sur les champs B1 et B2, il est ainsi possible d'obtenir une polarisation dans une direction arbitraire (le schéma correspond à $B1 = B2 = 0$).

Référence

Spin- and angle-resolved inverse photoemission setup with spin orientation independent from electron incidence angle. A F. Campos, P. Duret, S. Cabaret, T. Duden, A. Tejeda. *Review of Scientific Instruments*, paru le 21/09/2022.

DOI : [10.1063/5.0076088](https://doi.org/10.1063/5.0076088)

Archives ouverte [HAL](#) et [arXiv](#)

Contacts

Antonio Tejeda | Chercheur CNRS | LPS | antonio.tejeda@cnrs.fr

Communication **INP-CNRS** | inp.com@cnrs.fr