

Un microlaser émettant de la lumière hélicoïdale

Des physiciens ont réalisé un laser intégré dont l'architecture innovante permet d'émettre de la lumière dans des états chiraux, produisant ainsi comme des « tire-bouchons » de lumière. Cette technique devrait notamment permettre d'améliorer l'encodage de l'information.

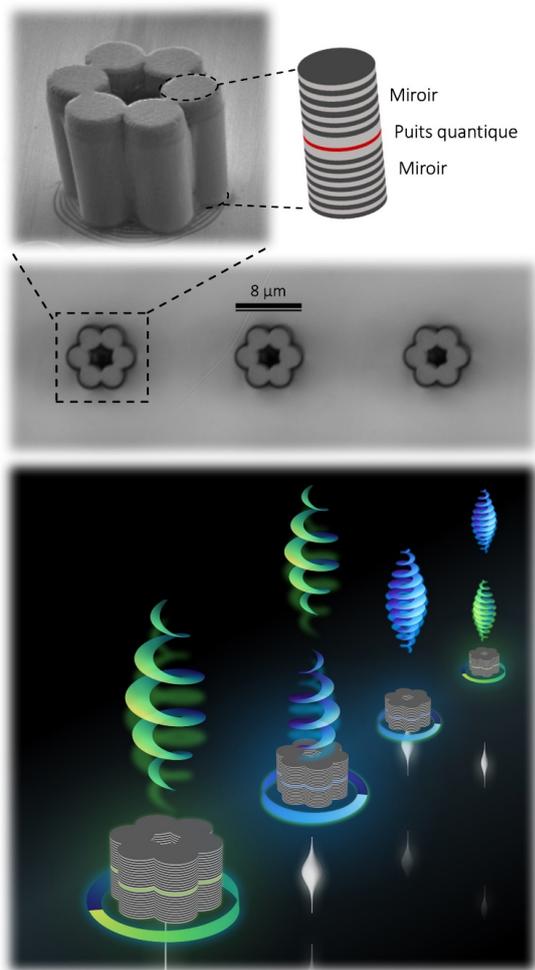
Un objet est dit chiral s'il est possible de le distinguer de son image miroir. Avec leur forme hélicoïdale, les tire-bouchons en sont un excellent exemple. De tels objets chiraux sont omniprésents dans la nature, des galaxies en rotation à la double hélice de l'ADN. La chiralité de la lumière peut être définie lorsque la phase de son front d'onde s'enroule autour de l'axe de propagation. Dès les années 90, il a été reconnu qu'une telle caractéristique chirale de la lumière, appelée le moment cinétique orbital (MCO), pourrait être avantageuse technologiquement. En effet, le MCO représente un degré de liberté illimité, puisque la phase du front d'onde peut théoriquement s'enrouler un nombre arbitrairement grand de fois au cours d'une période optique. Il offre donc une base plus grande pour encoder l'information par rapport aux états de polarisation habituellement utilisés, qui sont limités à une base bidimensionnelle. Encoder l'information dans une telle base de grande dimension permettrait d'augmenter de beaucoup l'efficacité des protocoles de communication, à la fois classiques et quantiques. En outre, transférer de grandes valeurs de moment cinétique à des objets massifs représente un avantage très puissant pour les techniques de manipulation optique à l'échelle atomique, comme les pinces optiques.

Des chercheurs du Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N, CNRS/Univ. Paris-Sud) à Palaiseau, avec des collaborateurs du laboratoire Physique des lasers, atomes et molécules (PhLAM, CNRS/Univ. Lille) à Lille et de l'Institut Pascal (CNRS/SIGMA Clermont/Univ. Clermont Auvergne) à Clermont-Ferrand, ont récemment réalisé un laser intégré dont l'architecture novatrice permet d'émettre la lumière dans des états chiraux, produisant ainsi des tire-bouchons de lumière (voir l'image ci-contre). L'avantage de leur design est qu'il permet de contrôler la chiralité de ces tire-bouchons (d'horaire à antihoraire) à l'aide de techniques optiques simples. Leurs travaux ont été publiés dans la revue *Nature Photonics*.

Pour générer ces états de lumière chiraux, les scientifiques ont utilisé une approche fondée sur deux principaux éléments. Premièrement, ils ont fabriqué une cavité laser hexagonale formée de six micropiliers couplés. Grâce à la symétrie de rotation de la cavité, les modes résonants présentent des valeurs bien précises de MCO. Deuxièmement, pour favoriser l'émission uniquement dans un mode horaire ou antihoraire, ils ont tiré profit d'un couplage, induit par l'architecture de leur cavité, entre la polarisation et le MCO de la lumière. Ce nouveau type de microlaser permet ainsi de contrôler la chiralité de l'émission (d'horaire à antihoraire) simplement en changeant la polarisation du laser de pompe, contrairement à d'autres dispositifs qui ne peuvent produire que des chiralités horaires, ou antihoraires selon la façon dont ils sont réalisés. L'autre atout majeur est sa taille : il n'existait pas jusqu'à présent de dispositifs « micros » permettant cette chiralité « à la demande ».

Cette démonstration ouvre la voie vers la réalisation d'une nouvelle génération de micro lasers intégrés et émettant de la lumière chirale à la demande. Les applications potentielles sont nombreuses, par exemple pour le codage dans la base du moment cinétique orbital de l'information classique ou quantique, ou encore pour la manipulation de nano-objets grâce à des pinces optiques.





(en haut) Image en microscopie électronique à balayage de cavités laser hexagonales formées de six micropiliers couplés fabriquées au C2N ; l'image en haut à droite représente schématiquement les couches en semiconducteurs au sein de chaque micropilier avec deux miroirs et un matériau actif, le puits quantique ; (en bas) représentation graphique de la lumière émise dans des états chiraux dans les cavités lasers hexagonales, produisant des « tire-bouchons » de lumière. © C2N (CNRS/Univ. Paris-Sud) / N. Carlon Zambon

Bibliographie

Optically controlling the emission chirality of microlasers, N. Carlon Zambon, P. St-Jean, M. Milicevic, A. Lemaître, A. Harouri, L. Le Gratiet, I. Sagnes, O. Bleu, D. D. Solnyshkov, G. Malpuech, S. Ravets, A. Amo et J. Bloch, *Nature Photonics*, le 18 mars 2019. DOI: 10.1038/s41566-019-0380-z

Contacts

Chercheuse C2N | Jacqueline Bloch | jacqueline.bloch@c2n.upsaclay.fr
Chercheur C2N | Philippe St-Jean | philippe.st-jean@c2n.upsaclay.fr
Communication INP | inp.com@cnrs.fr