

Des photons à la demande

Les progrès de l'optique ont permis de fabriquer des sources de lumière émettant des photons aux propriétés bien contrôlées. À la clef, des applications qui exploitent la nature quantique de la lumière.

PAR Benoît Boulanger,

professeur à l'université Joseph Fourier, chercheur à l'Institut Néel, Grenoble,

Sara Ducci,

professeure à l'université Paris-Diderot, chercheuse au Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques, université Paris-Diderot,

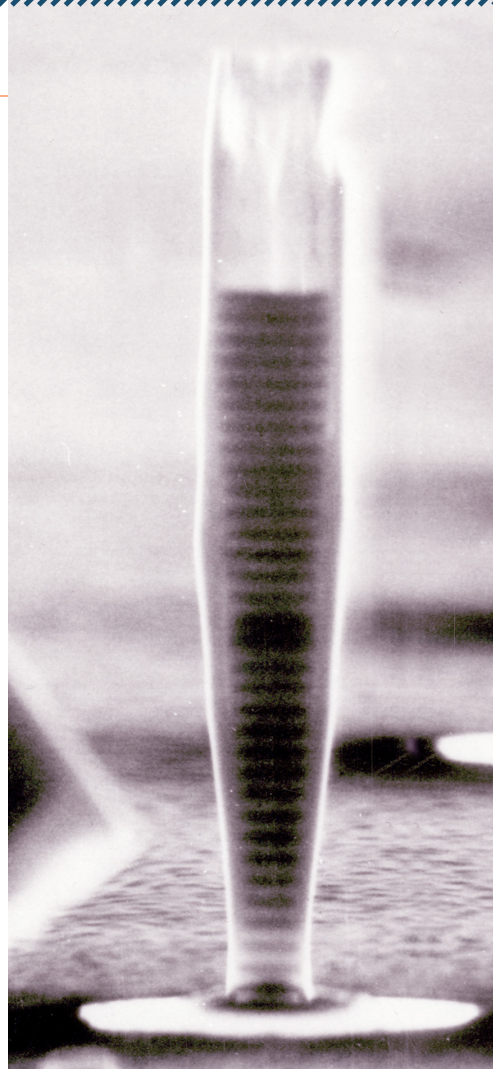
ET Jean-Michel Gérard,

ingénieur-chercheur, Institut Nanosciences et Cryogénie, CEA et université Joseph Fourier, Grenoble.

Tous trois sont membres du Labex Laboratoires d'Alliances Nanosciences-Énergies du Futur.

La lumière est une onde électromagnétique qui se propage dans le vide. C'est ce que nous enseigne la physique dite « classique », symbolisée notamment par les équations de Maxwell formulées à la fin du XIX^e siècle. Mais les travaux d'Einstein, au début du XX^e siècle, ont montré que la lumière est également constituée de grains, les photons, dont l'énergie dépend de la longueur d'onde. Le développement de la mécanique quantique a permis d'affiner notre compréhension de cette double nature de la lumière, à la fois onde et particule.

Les photons sont émis par la matière. Ils sont caractérisés par leur longueur d'onde mais aussi par leur direction de propagation et leur polarisation (la direction selon laquelle leurs champs électriques vibrent tout en se déplaçant). Le défi des physiciens qui cherchent à produire de nouveaux états de la lumière est de contrôler ces trois paramètres pour concevoir des sources lumineuses capables d'émettre des photons « à la demande ». Ce qui n'est pas le cas des sources lumineuses



Cage à photons en forme de micro-pilier réalisé avec la technique de lithographie. Le pilier, dont le diamètre est de 1 micromètre, contient, en son centre, un atome artificiel (boîte quantique). © JEAN-MICHEL GÉRARD, CEA/INAC

L'essentiel

- > UN LASER ne permet pas d'émettre une impulsion de lumière contenant un nombre défini de photons.
- > DES LABORATOIRES développent donc des sources lumineuses capables de générer des photons uniques, des paires de photons ou des triplets de photons.
- > L'ÉMISSION de photons à la demande, par exemple, peut être exploitée dans des protocoles de cryptographie quantique.

qui nous sont familières : le Soleil ou les lampes à incandescence émettent un grand nombre de photons aux propriétés très disparates. La polarisation et la direction de propagation de chacun de ces grains de lumière sont aléatoires. De plus, leurs longueurs d'onde sont réparties sur tout le spectre visible, raison pour laquelle la lumière du Soleil ou celle des lampes nous apparaît blanche.

La mise au point des lasers au milieu du XX^e siècle fut une première révolution dans le contrôle de la lumière : tous les photons que les lasers émettent sont dans le même état, c'est-à-dire qu'ils possèdent la même fréquence, la même polarisation et la même direction de propagation. Ce comportement permet de générer un grand nombre de photons identiques, ce qui est très utilisé, notamment pour >>>