

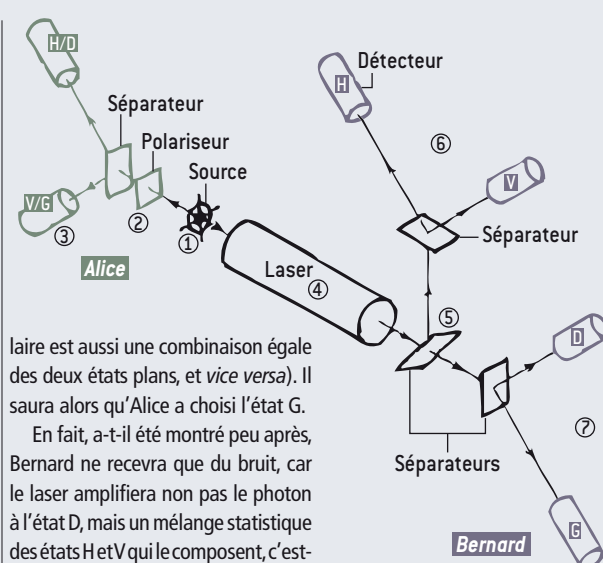
Un télégraphe plus rapide que la lumière ?

Le commutateur supraluminique FLASH imaginé par Nick Herbert en 1981 était inspiré de l'expérience de pensée d'Einstein, Podolsky et Rosen. Une source ① envoie des paires de photons intriqués dans des directions opposées. La propriété considérée est la polarisation des photons, c'est-à-dire la direction d'oscillation du champ électrique associé : la polarisation d'un photon peut être plane, avec un champ électrique oscillant soit horizontalement (H) soit verticalement (V), ou circulaire, où le champ décrit une hélice orientée vers la droite (D) ou vers la gauche (G).

À gauche, à l'aide de polariseurs ②, Alice choisit de donner au photon reçu une polarisation plane ou circulaire, qu'elle contrôle avec des détecteurs ③. Les deux photons étant intriqués, la polarisation du second, qui se dé-

place vers Bernard, est alors instantanément imposée : si l'un est dans l'état H, l'autre doit être dans l'état V (*idem* avec les états D et G). Reste à décoder l'information, et elle aura été transmise plus vite que la lumière.

Pour ce faire, N. Herbert ajoute un laser ④ sur le chemin du photon destiné à Bernard. Les lasers ont la propriété de produire en sortie un faisceau de photons de même polarisation que le signal entrant. En séparant le faisceau de photons en deux ⑤, Bernard peut en envoyer une moitié vers un détecteur mesurant la polarisation plane ⑥ et l'autre vers un détecteur mesurant la polarisation circulaire ⑦. Et si Alice a choisi une polarisation G, conclut N. Herbert, Bernard trouvera que la moitié des photons sortants sont dans l'état D, aucun dans l'état G, un quart dans l'état H et un quart dans l'état V (car un état circu-



laire est aussi une combinaison égale des deux états plans, et vice versa). Il saura alors qu'Alice a choisi l'état G.

En fait, a-t-il été montré peu après, Bernard ne recevra que du bruit, car le laser amplifiera non pas le photon à l'état D, mais un mélange statistique des états H et V qui le composent, c'est-à-dire que les photons produits seront soit dans l'état H, soit dans l'état V, avec une probabilité de 50 pour cent...

D'après N. Herbert, *Foundations of Physics*, vol. 12, n° 12, pp. 1171-1179, 1982

question. C'est à cause de cette propriété, connue depuis sous le nom de théorème de non-clonage, que le système FLASH ne fonctionnait pas. Ce théorème rend impossible l'utilisation de la théorie quantique pour construire des télégraphes plus rapides que la lumière. La corrélation de deux particules n'est pas une action à distance, mais la manifestation du fait que deux systèmes quantiques couplés ne sont pas séparables et doivent être considérés comme un tout. Intrication quantique et relativité d'Einstein ne sont donc pas incompatibles...

Très vite, quelques autres physiciens s'aperçoivent que le théorème de non-clonage offre plus qu'une simple réponse à l'article de N. Herbert ou qu'une base de conciliation de l'intrication et de la relativité. En 1984, l'Américain Charles Bennett et le Canadien Gilles Brassard s'en inspirent pour concevoir le tout premier protocole de cryptage quantique, une nouvelle méthode pour protéger les signaux numériques contre d'éventuels systèmes espions. Le fait que la mécanique quantique interdise à quiconque de faire des copies d'un état quantique inconnu signifie que des partenaires pourraient encoder

des messages secrets dans des photons intriqués et les transmettre en envoyant ces photons. Si quelqu'un interceptait un photon au passage et en faisait une copie, il détruirait immédiatement le signal recherché et trahirait en même temps sa présence.

Aujourd'hui, le cryptage quantique connaît un essor mondial. Plusieurs équipes, telles celles d'Anton Zeilinger en Autriche, Nicolas Gisin en Suisse et Philippe Grangier en France, ont réalisé des démonstrations en situation réelle de transferts de données sécurisés avec cryptage quantique. Un héritage plus qu'honorable du projet impossible de N. Herbert...

Qu'est-ce qu'un gène ?

Notre second exemple concerne les travaux de Max Delbrück (1906-1981), professeur à l'Université Vanderbilt puis à l'Institut de technologie de Californie, aux États-Unis. Ancien élève de Bohr, Delbrück avait tiré d'une conférence de son maître, en 1932, l'idée que la compréhension des processus biologiques engendrerait de nouveaux paradoxes dont la résolution pourrait conduire à la découverte de nouvelles lois de la physique.

Qu'est-ce qu'un gène ? Telle est l'une des questions majeures que l'on se pose dans les années 1940. Au début du XX^e siècle, à la suite de la redécouverte des lois de l'hérédité énoncées en 1866 par le moine morave Gregor Mendel, les biologistes sont convaincus que l'hérédité est portée par des facteurs – des gènes – dotés de deux propriétés : la capacité de se dupliquer et celle de produire des variations ou mutations qui se dupliquent aussi fidèlement que le gène original. Cependant, dans les années 1940, on ne sait toujours pas de quoi les gènes sont constitués, ni comment ils se dupliquent. On ne connaît aucun système physique qui s'autoréplice, écrit Erwin Schrödinger, pionnier de la physique quantique, dans son ouvrage *Qu'est-ce que la vie ?* (1944). Cette capacité des gènes paraît défier les lois de la thermodynamique.

Delbrück cherche le gène atomique, le système physique indivisible responsable des mystères de l'hérédité. En bon physicien, il pense que l'approche la plus fructueuse serait d'étudier les organismes les plus petits et les plus simples connus, les virus. Il choisit les bactériophages (ou phages). Ces virus qui infectent des bactéries sont parmi les