

La première téléportation quantique entre de la lumière et de la matière.

La mécanique quantique a révolutionné la conception de la physique, et même de la science, depuis le début de sa découverte par Niels Bohr ou Max Planck à la fin du XIX^e siècle. Deux concepts récents sont en passe de transformer notre vision du monde en amenant des innovations dignes de roman de science-fiction (SF) ou de série télévisée : la téléportation et l'ordinateur quantique.

La téléportation est d'abord née dans l'imagination des auteurs de la série de SF Star Trek. Pour combler un manque de budget qui aurait permis de donner à l'équipage de l'*USS Enterprise*, le vaisseau de Star Trek, des navettesⁱ, les auteurs ont inventé un processus qui permettrait de transformer le capitaine Kirk en énergie pour le transporter instantanément à distance. Si l'idée à germée dans l'esprit de scientifiques très sérieux, ce n'est que récemment que l'expérience et la pratique ont rejoint la théorie. La téléportation quantique entre deux rayons de lumières puis la téléportation d'une propriété emmagasinée dans un ionⁱⁱ vers un autre objet du même genre, ont été réalisées ces dernières années. C'est une réussite incroyable d'un point de vue pratique car la téléportation quantique, c'est-à-dire la transmission d'information quantique, cache un problème fondamental. D'après les principes d'incertitudes d'Heisenberg, il est en effet impossible de connaître deux propriétés complémentaires, comme la localisation et la vitesse, d'une particule simultanément. Transmettre toute l'information contenue dans une particule (ce qui est donc nécessaire pour que la téléportation soit effective) semble donc une difficulté insurmontable. Car toute copie devient interdite. Hors, la téléportation est une forme de copie à distanceⁱⁱⁱ.

Cependant, les particules élémentaires possèdent une propriété qui apporte une solution à ce problème : une particule a la possibilité de s'entrelacer avec une autre particule, de telle sorte qu'elle partage des informations. C'est un peu comme si nous pouvions prendre deux personnes et faire de l'un le jumeau identique de l'autre afin que l'ADN des deux soit partagé. Pour simplifier, disons qu'alors, lire l'état d'une particule entrelacée permet de connaître instantanément l'état de sa particule jumelle. Comment cela ? Mais c'est magnifique direz-vous ? On a téléporté de l'information instantanément... Oui certes. Mais téléporter de l'information entre une particule et une autre peut-être amusant, mais on est loin de téléporter un objet. De plus, un objet macroscopique, à notre échelle, possède des milliards de milliards de particules.

C'est dans ce cadre où les récents travaux ont été des succès. D'abord la téléportation a été réussi sur des objets composés de nombreuses particules, mais dernièrement, l'institut Max Planck et l'institut Niels Bohr ont réussi mieux que cela, en transférant de l'information d'un rayon lumineux vers une structure composée de 10^{12} atomes de césium^{iv}. Ce résultat est doublement intéressant. D'une part, il confirme la possibilité de transférer de l'information sur des structures macroscopiques. D'autre part, il permet d'envisager une autre invention digne de la SF que nous avons mentionné précédemment. Je veux parler de l'ordinateur quantique.

L'ordinateur quantique propose de remplacer les *bits*^v des ordinateurs par des *qbits*. L'intérêt est qu'un *qbit*, qui est une abréviation de *quantum bit*, permet d'emmagasiner une multitude de possibilités avec un seul *qbit*. Disons qu'au lieu de valoir 0 ou 1, un *qbit* vaut 0 et 1... en même temps... avec une certaine probabilité l'un et une certaine probabilité l'autre. Suivez-vous toujours ? Alors ne nous perdons pas plus dans des détails techniques. Cependant il est important de comprendre que la possibilité d'être dans deux états en même temps, ce qui est une caractéristique des objets quantiques, permet d'envisager une puissance de calcul qui n'est pas imaginable avec les ordinateurs actuels.

Mais revenons donc à l'expérience dont nous parlions tantôt. Celle-ci est un résultat important car l'information d'un faisceau lumineux a pu être transmise à un objet « solide ». En d'autres termes, c'est un peu comme la possibilité de sauvegarder des données sur un médium qui vient d'être réussi pour le futur ordinateur quantique. En effet, c'est bien beau de faire des calculs, mais si on ne peut les sauvegarder, ceux-ci perdent rapidement de l'intérêt. Dans un ordinateur classique, le flux électrique contenant les données (les *bits*) est stocké sur un support magnétique, par exemple, comme une mémoire flash ou un disque dur en utilisant les propriétés entre l'électricité et les champs magnétiques. L'expérience précédente, réussie entre l'institut allemand et l'institut suédois, ouvre enfin la porte de la sauvegarde des données, sans laquelle un ordinateur est inutile.

Cette expérience n'est d'ailleurs pas passée inaperçue et a fait l'objet d'une parution dans la prestigieuse revue *Nature* du mois d'octobre 2006. Si nous sommes encore loin de la conception de la téléportation comme dans *Star Trek*^{vi}, c'est cependant une avancée fondamentale qui semble se profiler à l'horizon pour la cryptographie quantique, c'est-à-dire la transmission d'information sans aucune possibilité d'interception par un tiers, et l'avènement du tant attendu ordinateur quantique.

ⁱ L'*USS Enterprise* peut être comparé à un galion et nécessiterait donc une navette, c'est-à-dire un plus petit moyen de transport comme une barque, qui permettrait d'embarquer sur le navire.

ⁱⁱ Un ion est un atome qui n'est pas électriquement neutre.

ⁱⁱⁱ La téléportation pourrait être comparée à un fax.

^{iv} Ce qui correspond environ à un cube faisant 1/100000 mm de côté. Trop petit pour être vu à l'œil nu, il peut cependant être observé par des microscopes.

^v Un *bit* est un *Binary digiT*, c'est-à-dire un chiffre binaire qui est le moyen de conserver l'information dans les ordinateurs actuels. Originellement, ceci correspondait à une lampe éteinte, qui représentait un 0, ou allumé, qui représentait un 1.

^{vi} Il faut, en effet, comprendre que la téléportation quantique ne déplace pas réellement des objets, mais transmet l'information d'un objet à un autre objet. « La téléportation quantique constitue [un ensemble de] méthodes de communication pour l'application de la cryptographie quantique, le décodage de données, et non des nouvelles méthodes de transport » précise le Dr Klemens Hammerer. On parle de téléportation car le transfert d'informations est instantané et s'affranchit de toute distance.