

- Le Nobel récompense les expériences sur un phénomène étrange de la physique quantique.
- L’“intrication quantique” est cruciale pour l’ordinateur et la cryptographie quantiques.

Les trois Nobel de physique ont ouvert la voie à l’ordinateur quantique

Bienvenue dans cet univers bizarre qu’est le monde quantique! Ici, plus rien à voir avec la physique de Newton que nous observons dans notre vie quotidienne, tout est contre-intuitif: une même particule peut simultanément se trouver à un endroit et à un autre (superposition), deux particules envoyées à des endroits différents peuvent se comporter de la même façon, comme si elles communiquaient entre elles...

Le prix Nobel de physique 2022 a récompensé ce mardi l’une de ces étrangetés qui nous mettent la tête à l’envers, l’intrication quantique, et ceux qui l’ont prouvée par des expériences. L’intrication quantique est le mécanisme, cité plus haut, où deux particules sont parfaitement corrélées, quelle que soit la distance qui les sépare. Un élément fondamental de la physique quantique, qui étudie le monde à l’échelle de l’infiniment petit. Le Français Alain Aspect, l’Américain John Clauser et l’Autrichien Anton Zeilinger sont couronnés pour leurs “*expériences avec des photons intriqués*”, “*établissant les violations des inégalités de Bell*” et “*ouvrant une voie pionnière vers l’informatique quantique*”.

“Un mystère de la physique quantique”

Ces trois chercheurs ont en fait réalisé et perfectionné, chacun à leur tour, l’expérience (au départ, de pensée) proposée par le physicien John Bell dans les années 1960 sur l’intrication quantique. Jusque-là, on ne trouvait pas d’explication simple à ce phénomène prédit par la théorie d’Einstein. Bell, à présent décédé, pensait qu’on ne pouvait l’expliquer que par la physique quantique. L’idée de l’expérience est en gros d’amener un atome à émettre deux photons (deux grains de lumière). Ces deux photons partent dans deux directions. On mesure ensuite leur polarisation (+ ou -). Le résultat: les mesures des deux photons sont toujours corrélées. Si on mesure l’état de polarisation du photon de gauche, par exemple, le photon de droite donnera ensuite toujours la même réponse.

Mais comment? “On pourrait éventuellement expliquer cela par le fait qu’ils communiquent, commente Stefano Pironio, professeur de physique quantique à l’ULB et directeur de recherches FNRS. Mais pourtant ces photons sont éloignés l’un de l’autre et il n’y a aucun canal de communication visible entre eux, aucun processus physique connu à travers lesquels ils communiqueraient. C’est un des mystères de la physique quantique: on ne peut expliquer ces corrélations autrement que par le fait que ces deux photons forment un seul et même objet. C’est pour cela que quand l’on en mesure l’un, cela influence directement l’autre. On ne peut pas les considérer comme séparés même s’ils nous paraissent séparés. C’est contre-intuitif et bizarre, et beaucoup de gens n’acceptaient pas cette explication, mais les expériences d’Aspect et Zeilinger ont montré que c’était bien comme cela que cela se passait!” La coordination entre les

deux particules est si parfaite qu’on parle de téléportation. “Rien à voir avec *Star Trek*, l’intrication a trait à la transmission d’informations entre deux éléments corrélés”, a précisé Anton Zeilinger, qui a aussi montré comment on pouvait exploiter cette intrication dans le domaine de l’information quantique, où les applications potentielles sont nombreuses.

“L’intrication quantique est à l’origine de la puissance des ordinateurs quantiques. Et dans beaucoup de protocoles de communication quantique, c’est l’intrication qui est exploitée, souligne Stefano Pironio. L’intrication quantique est en effet utilisable en cryptographie et c’est déjà une réalité. Dans le cas de l’intrication, les résultats de mesures d’une particule seront toujours aléatoires, or la ‘production d’aléatoire’ est fondamentale en cryptographie. Imaginons une première personne, Alice, qui a cette particule quantique et une seconde personne, Bob, qui a la particule corrélée. S’ils font des mesures, les résultats seront aléatoires et ne pourront donc être prédits par un espion potentiel. En revanche, les résultats seront corrélés. Bob et Alice se retrouveront chacun avec une copie partagée, ce qui peut ensuite être employé pour chiffrer des messages.”

“Exponentiellement plus rapide”

Quant à l’ordinateur quantique, il permet en quelque sorte de faire du calcul en parallèle, et grâce à l’intrication, de résoudre un problème en une seule fois à partir de séries de données distinctes. Alors qu’un ordinateur classique, un bit (unité qui code l’information) peut se retrouver dans un état 0 ou 1, dans un ordi quantique, le qbit (bit quantique) peut être à la fois 0 et 1 (état de superposition). En outre, les qbits, ou plus précisément les orientations de deux électrons, peuvent être aussi corrélés. “Si par exemple, les deux électrons 00 encodent une certaine donnée d’entrée pour un problème que je veux résoudre et 11 une autre donnée d’entrée, alors un ordinateur quantique se trouvant initialement dans l’état intriqué correspondant à la superposition de 00 et 11 résoudra en une seule fois le problème pour les deux jeux de donnée de départ. Ce genre d’avantage est exploité à plus grande échelle (en utilisant n bits quantiques) par les ordinateurs quantiques pour résoudre des problèmes exponentiellement plus rapidement que permis par les ordis classiques actuels. Si un jour, on construit des ordinateurs quantiques qui permettent de résoudre des problèmes qu’on ne peut pas résoudre avec les actuels, ce sera grâce à l’intrication”, souligne le P^r Pironio.

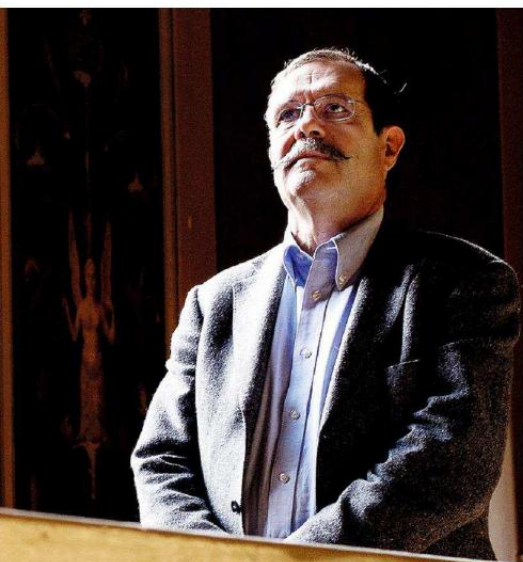
À travers le monde, de nombreux chercheurs et industriels, dont Google ou IBM, travaillent à faire une réalité de ce qui est encore au stade de balbutiements. “Nous avons appris à ramper, mais nous sommes encore très loin d’apprendre à marcher, courir ou sauter”, résume Daniel Lidar, expert en systèmes quantiques à l’Université de Californie du Sud.

So. De.

1981

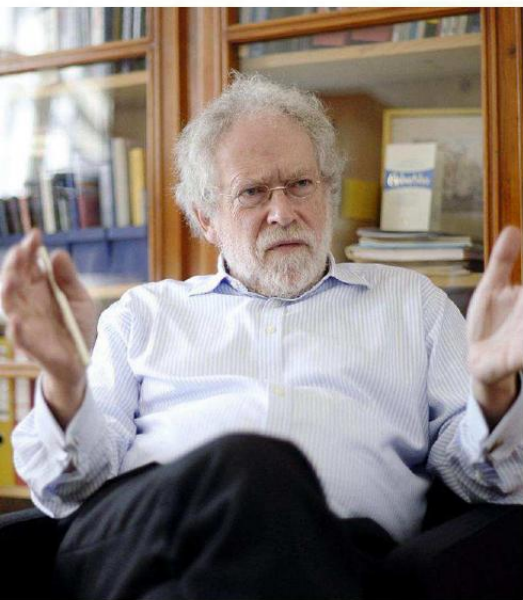
Photons intriqués

Alain Aspect était parvenu à intriquer pour la première fois deux photons à 12 mètres de distance, en 1981.



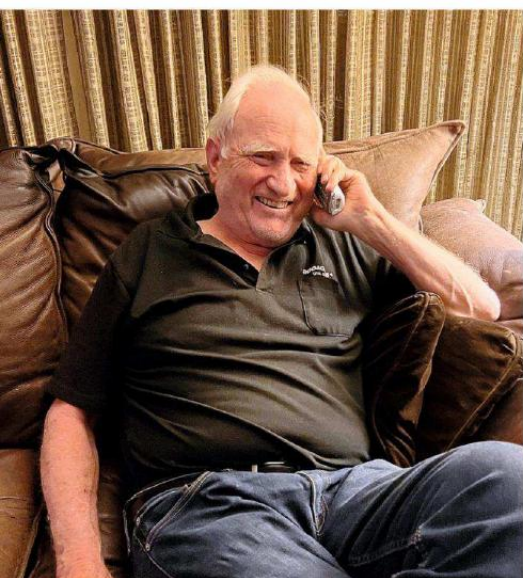
RITZAU SCANPIX VIA AP

Le Français Alain Aspect (Université Paris-Saclay, Paris, France, École polytechnique, Palaiseau).



HANS KLAUS TECHT/AP/AFAP

L'Autrichien Anton Zeilinger (Université de Vienne).



TERRY CHEA/AP

L'Américain John F. Clauser (J.F. Clauser&associés., Californie).

Pourquoi un cancer du sein ne métastase-t-il jamais dans l'orteil ?

Santé Une équipe de l'UCLouvain a identifié un senseur (capteur) responsable de l'arrêt dans le cerveau des cellules tumorales.

C'est une question que l'on peut se poser et à laquelle le Pr Pierre Sonveaux et son équipe de l'Institut de recherche expérimentale et clinique de l'UCLouvain viennent d'apporter un nouvel élément de réponse: pourquoi un cancer du sein métastase-t-il dans le cerveau, les poumons, le foie et les os, et non dans le lobe de l'oreille ou l'orteil ?

Dans un article publié dans la revue scientifique *Cancers*, les chercheurs de l'UCLouvain expliquent avoir identifié un senseur, ou sorte de capteur, responsable de l'arrêt dans le cerveau des cellules tumorales de cancer du sein, ce qui leur permet de développer des métastases cérébrales. L'intérêt ? *"Sans ce senseur, les cellules tumorales ne s'arrêtent pas dans le cerveau et ne développent donc pas de métastases cérébrales"*, expliquent les auteurs dans un communiqué. *"Nos cellules contiennent des mitochondries, sortes d'usines énergétiques assurant leur survie, rappellent-ils. Lorsque ces usines sont sous-alimentées dans les cellules tumorales, elles se comportent comme un senseur."* À savoir ? *"Elles génèrent un signal, donnant l'ordre à la cellule de partir pour trouver une nouvelle source d'alimentation."* Car que sont, à la base, les métastases sinon *"des cellules cancéreuses affamées qui se sont détachées de la tumeur d'origine pour créer des colonies ailleurs dans le corps, là où la nourriture qu'elles recherchent est abondante"*. Parvenir à limiter, voire à bloquer, la survenue des métastases est évidemment crucial, sinon vital le plus souvent.

Sachant que, *"lorsqu'une cellule cancéreuse atteint la circulation sanguine, il lui faut un autre type de senseur pour lui indiquer où elle se trouve et, donc, où elle devrait s'arrêter"*, il semble, selon la théorie du Pr Pierre Sonveaux, que *"chaque cellule cancéreuse circulante a ses préférences métaboliques (ou alimentaires) qui lui dictent quel organe coloniser. Certains organes ne sont jamais touchés (orteils, lobes d'oreille)"*. Pourquoi ? C'est précisément ce que vient de comprendre l'équipe.

"Les métastases sont des cellules cancéreuses affamées qui se sont détachées de la tumeur d'origine."

Pr Pierre Sonveaux

Chercheur à l'Institut de recherche expérimentale et clinique de l'UCLouvain

Comment ont-ils fait cette découverte ? Dans un modèle de cancer du sein humain chez la souris, ils ont identifié une protéine qui sert de senseur à la cellule cancéreuse pour s'arrêter et envahir le cerveau. *"Sans ce senseur (protéine Cox7b), la cellule ne s'arrête plus, précisent-ils. Résultat, on évite les métastases cérébrales."*

En mettant au jour ce senseur, l'équipe de l'UCLouvain est donc parvenue à identifier la stratégie mise en place par les cellules cancéreuses pour coloniser certains organes en particulier (et pas d'autres) et ainsi créer des métastases. La prochaine étape consistera à tester cette stratégie sur d'autres types de cancer (foie, poumon, etc.) et d'autres organes de destination. *"Si le senseur identifié apparaît malheureusement difficile à cibler en thérapie anticancéreuse, la compréhension de ce nouveau mécanisme permettra de systématiser la découverte de familles de senseurs"*, concluent les auteurs.

L. D.

EN BREF

Santé

Un plan d'action pour vaincre la méningite en Belgique

À l'occasion de la journée mondiale de lutte contre la méningite, ce mercredi 5 octobre, la Société belge de pédiatrie présente un plan d'action en six étapes visant à diminuer progressivement les cas en Belgique. De la sensibilisation du personnel de santé et du public à la maladie et aux vaccins, à l'optimisation des recommandations de vaccination pour les groupes à risque, en passant par un projet de remboursement des vaccins et par l'attribution d'un rôle proactif aux pédiatres et médecins généralistes, le plan couvre des étapes clés et réalistes pour tendre vers une société "sans méningite".

1,5

milliard de femmes n'ont pas accès aux examens de santé essentiels

Plus de 1,5 milliard de femmes dans le monde ne bénéficient pas de dépistages de cancers, de maladies cardiaques, de diabète ou de maladies/infections sexuellement transmissibles, alors qu'ensemble ces pathologies touchent des milliards d'entre elles. Ce constat est tiré de l'une des plus grandes études au monde sur le bien-être des femmes : la deuxième édition annuelle du Hologic Global Women's Health Index.

Handicap visuel

La technologie s'invite à la Ligue Braille

La Semaine des technologies, le grand événement annuel organisé par la Ligue Braille, aura lieu du 10 au 15 octobre 2022, en son siège. Ce rendez-vous incontournable consacré aux nouveautés technologiques développées spécifiquement pour les personnes atteintes d'un handicap visuel est accessible gratuitement à tous les malvoyants ou aveugles, à leurs proches et aux professionnels du secteur.

→ Infos : www.braille.be