

# L'intrication quantique validée par un prix Nobel

**C'était le 4 octobre 2022. Le français Alain Aspect recevait (avec deux autres chercheurs) la plus haute distinction scientifique, le prix nobel de physique, pour ses travaux sur la physique quantique et plus précisément sur l'intrication quantique, un des phénomènes les plus mystérieux de la physique quantique, qui avait hanté Einstein et que Alain Aspect valide définitivement.**

**Par Marc Luyckx**

Alain Aspect, originaire d'Agen, dans le sud de la France, est directeur de recherche émérite du CNRS, professeur à l'Institut d'Optique Graduate School et à l'Université Paris-Saclay et professeur associé à l'École polytechnique. Il est co-lauréat de cette distinction avec deux autres chercheurs, l'Autrichien Anton Zeilinger et l'Américain John F. Clauser.

Aspect a réitéré, mais de manière plus rigoureuse, l'expérience „EPR“. Il a brillamment éclairé ce paradoxe qui, à l'époque, avait plongé Einstein lui-même dans l'incompréhension et qui confirme l'intrication quantique, un mécanisme où deux particules quantiques sont parfaitement corrélées, quelle que soit la distance qui les sépare. L'expérience d'Aspect confirme la nouvelle logique de la physique quantique, sans pour cela annuler la théorie d'Einstein.

## **EPR et intrication quantique**

Le phénomène d'intrication quantique apparaît avec la célèbre expérience « EPR » qu'Albert Einstein, aidé de Boris Podolsky et Nathan Rosen ont proposée en 1935. Ils ont découvert une situation différente. Ils ont séparé par une distance maximale deux particules qui étaient en interaction au sein d'un système quantique. Et ils ont constaté que malgré leur éloignement, et quelle que soit la distance qui les sépare, si on agit sur la première particule, la seconde réagit instantanément. Pour Einstein, dans le cadre de la Relativité Générale qu'il avait lui-même conçue, il était impensable qu'un signal quelconque aille plus vite que la vitesse de la lumière. C'était strictement inacceptable. Cette expérience le plongeait donc dans l'incompréhension et signifiait la mise en question des bases mêmes de sa théorie. Comme il le disait lui-même : « Ou bien ma théorie est fausse ou bien la physique quantique de Bohr, Planck et Heisenberg est fausse! ». Et on le comprend, car l'intrication quantique a vraiment des caractéristiques étranges, comme celle de « non-localité quantique » : deux objets distants peuvent s'influencer instantanément.

## **L'interprétation de Copenhague**

Mise en forme par Niels Bohr en 1927, à partir des travaux de Werner Heisenberg et Max Planck, l'interprétation de Copenhague part de l'évidence qu'il n'y a pas moyen en physique quantique de connaître en même temps la vitesse et la position d'une particule. Ou bien on connaît sa position, ou bien on connaît sa vitesse. Mais jamais les deux à la fois. Donc on ne peut jamais prédire la trajectoire d'une particule. Et donc cette interprétation conclut que les particules **n'ont pas de position réelle** avant d'être mesurées. On ne peut donner qu'une **approximation statistique de leur position**. Par exemple : Il y a 35% de chances que la particule X soit à l'endroit Y.

### **Le chat de Schroedinger**

Le phénomène d'intrication a ensuite été identifié par Erwin Schroedinger avec le chat mort et vivant.

Schroedinger, auteur de l'équation de base de la physique quantique, a imaginé l'expérience du chat (1935). Un des principes de la physique quantique est la superposition : un objet peut être à deux endroits en même temps. Imaginons qu'une particule quantique puisse passer par deux fentes distinctes. On construit donc une machine qui est reliée aux deux fentes. Si la particule passe par la 1<sup>o</sup> fente le chat sera tué par une pique. Si la particule passe par la 2<sup>o</sup> fente le chat restera vivant. Et Schroedinger conclut que le chat est en même temps mort et vivant. Car il a 50% de chances de rester vivant et 50% de chances de mourir. Mais personne ne connaît la réponse car elle n'existe pas encore.

### **David BOHM : deux réalités coexistent**

Ce physicien de génie, chercheur et professeur de physique quantique à l'université de Princeton puis au Birbeck College à Londres, va faire une transposition de la théorie EPR. Selon les recherches de Massimo Teodorani, professeur de Physique théorique à l'Université de Bologne, la physique quantique de David Bohm ne s'oppose pas à la relativité générale d'Einstein. Il a cherché pendant des années à faire la synthèse entre l'expérience EPR et l'interprétation de Copenhague qui semblaient inconciliables - leurs concepteurs eux-mêmes ne se parlaient plus. C'est une des seules personnes à avoir continué à dialoguer d'une part avec Einstein, et d'autre part avec Heisenberg Bohr et Max Planck. Tous les quatre ont reçu le prix Nobel dans les années 1920-30.

#### **1. La réalité explicite et la réalité impliquée/intriquée**

Vers la fin de sa vie, après des années de réflexion et de dialogue avec le penseur indien Jiddu Krishnamurti (qu'il rencontre en 1959) Bohm trouve une solution originale. Selon lui, il faut distinguer deux réalités en physique quantique.

1. La première est la « **réalité explicite** » qui est **dans le temps et dans l'espace** et qui est la réalité que nous connaissons tous les jours. Et c'est dans cette réalité que fonctionne la science physique classique. **Mais cette réalité est une illusion!!**
2. La seconde est la réalité qu'il appelle **la « réalité IMPLIQUEE ou INTRIQUEE » qui est en dehors du temps et de l'espace, et c'est la seule qui soit réelle.**

L'expérience EPR d'Einstein et celle d'Alain Aspect montrent clairement que puisque la connexion est instantanée quelle que soit la distance, la connexion entre les

particules séparées ne peut se faire **qu'en dehors du temps et de l'espace, et donc dans l'espace impliqué.**

C'est à dire dans l'unique réalité, que nous avons beaucoup de peine à concevoir et à appréhender, mais qui est réelle et confirmée dans son existence justement par l'expérience d'Aspect, qui lui a valu le prix Nobel en 2022.

## **2. Le Potentiel Quantique Q guide les particules.**

La théorie quantique de David Bohm se distingue de l'« Interprétation de Copenhague » car elle propose une **explication physique du comportement des particules** à l'échelle quantique, plutôt que de se contenter de les décrire mathématiquement par des statistiques.

Bohm postule l'existence d'un **champ Q de guidance qui influence le mouvement des particules**, tout en conservant les lois de la mécanique quantique. Et il fait apparaître l'existence de ce champ par une extension mathématique<sup>1</sup> de l'équation de Schrödinger. Bohm appelle cet élément **Q, le potentiel quantique.**

Le potentiel quantique est un champ de guidance « intelligent » qui influence le mouvement des particules quantiques. Il est présent même dans les systèmes isolés et n'est pas influencé par les observations ou les mesures. **Et ce potentiel quantique agit à partir de l'espace impliqué, qui est en dehors de l'espace-temps.**

### **ENCADRE**

**Le chat de Schroedinger est donc réellement mort ou réellement vivant, mais nous ne le savons pas.**

Reprenons l'expérience du chat de Schroedinger. Le potentiel quantique guide la particule soit dans la fente 1 soit dans la fente 2. La position de la particule est donc définie. Le sort du chat est donc décidé. Mais cette décision se fait à partir de l'espace impliqué qui est hors de l'espace-temps. **Et donc cette connaissance existe mais elle ne nous est pas accessible puisque nous sommes limités par notre espace-temps.**

## **3. Vers une nouvelle métaphysique**

Cette théorie propose une **interprétation objective** de la réalité physique, où les particules **ont des positions réelles** même si nous ne pouvons pas les mesurer directement. Bohm contredit donc l'« Interprétation de Copenhague » de Bohr et Heisenberg. Il fut malheureusement de plus en plus marginalisé jusqu'à la fin de sa vie.

Cette nouvelle métaphysique a été clairement définie par un autre génie de la Silicon Valley des années 90-99, **Willis Harman** qui explique que la nouvelle métaphysique (M3) qui va transformer notre manière mondiale de penser, est celle qui affirme que **la conscience est plus importante que la matière, puisqu'elle la fait advenir. Qui vous lisez bien. C'est la conscience qui fait advenir la matière.** Et cela change notre civilisation mondiale.

<sup>1</sup> Pour le développement mathématique voir Massimo Teodorani : « David Bohm La physique de l'infini », p.114