

Non séparabilité

Hervé Zwirn. *Les limites de la connaissance*. Ed. Odile Jacob – Philosophie. 2000. Chap. 4

[...] En mécanique quantique, lorsque deux systèmes ont interagi, seul le système global constitué des deux systèmes est dans un état défini. Il n'est possible d'attribuer un état à aucun des sous-systèmes composant le système global. C'est ce qu'on appelle « la non-séparabilité » ou « l'inséparabilité quantique ». Il est bien sûr hors de question d'avoir une représentation intuitive ou imagée d'une telle propriété, elle est trop radicalement en dehors de notre expérience macroscopique. [...]

Comme nous l'avons vu, la non-séparabilité exprime **le fait qu'il est impossible d'attribuer des propriétés individuelles et une existence indépendante à deux systèmes ayant interagi avant qu'une mesure ait été faite sur l'un d'eux**. Les expériences comme celle d'Aspect ont montré que sous des hypothèses très générales, supposer que deux objets quantiques ayant interagi (comme des paires de photons émis par un atome qui se désexcite) constituent des systèmes séparés et indépendants conduit à des conséquences contraires à l'observation. Il faut donc accepter, aussi contre-intuitif que cela soit, que la non-séparabilité est une propriété des systèmes quantiques.

https://fr.wikipedia.org/wiki/Exp%C3%A9rience_d%27Aspect

En mécanique quantique, **l'expérience d'Aspect** est la première expérience montrant la violation des inégalités de Bell, établissant un résultat irréfutable en vue de la **validation du phénomène d'intrication quantique** et des hypothèses de non-localité. Elle apporte ainsi une réponse expérimentale au paradoxe EPR proposé une cinquantaine d'années plus tôt par Albert Einstein, Boris Podolsky et Nathan Rosen. Cette expérience a été réalisée par le physicien français Alain Aspect à l'Institut d'Optique à Orsay entre 1980 et 1982. Il a reçu pour cela le prix Nobel de physique en 2022. Son importance a été immédiatement reconnue par la communauté scientifique, valant même à cette expérience la couverture du magazine de vulgarisation *Scientific American*. [...]

Intrication quantique

L'intrication quantique est un phénomène qui a été pour la première fois théorisé par Erwin Schrödinger en 1935. La mécanique quantique stipule que deux systèmes quantiques différents (deux particules par exemple) ayant interagi, ou ayant une origine commune, ne peuvent pas être considérés comme deux systèmes indépendants. Dans le formalisme quantique, si le premier système possède un état $|\psi\rangle$ et le second un état $|\phi\rangle$, alors le système intriqué résultant est représenté par une superposition quantique du produit tensoriel de ces deux états : $|\psi\rangle|\phi\rangle$. Dans cette notation, il apparaît nettement que l'éloignement physique des deux systèmes ne joue aucun rôle dans l'état d'intrication (car il n'apparaît aucune variable de position). L'état quantique intriqué reste identique — toutes choses étant égales par ailleurs — quel que soit l'éloignement des deux systèmes. Par conséquent, si une opération de mesure est effectuée sur ce système quantique intriqué, alors cette opération est valable pour les deux systèmes composant l'intricat : **les résultats des mesures des deux systèmes sont corrélés**.

Paradoxe EPR

[...] Toujours en 1935, Albert Einstein, Boris Podolsky, et Nathan Rosen (E.P.R.) ont alors imaginé une expérience de pensée qui, si on estimait que les états intriqués existent réellement, mène à un paradoxe : soit une influence se déplace plus vite que la lumière (non-causalité), soit la physique quantique est incomplète. Aucun des deux termes de l'alternative n'était acceptable à l'époque, d'où le paradoxe. Ce paradoxe était d'une grande importance historique, mais n'a pas eu de retentissement immédiat. Seul Niels Bohr a pris au sérieux l'objection apportée par ce paradoxe, et a tenté d'y répondre. Mais cette réponse était d'ordre qualitatif, et rien ne permettait de trancher de manière indubitable entre les deux points de vue. Ainsi, *la réalité de l'intrication restait alors une question de point de vue sans support expérimental direct*, l'expérience EPR n'étant pas réalisable (à cette époque) en pratique. [...]

Inégalités de Bell

Les choses sont restées à peu près en l'état jusqu'en 1964. Le physicien irlandais John Stewart Bell publia alors un article dans lequel il mit en évidence *des effets quantitatifs et mesurables* des expériences de type EPR. Ce sont les fameuses inégalités de Bell. Ces inégalités sont des relations quantitatives que doivent vérifier les corrélations de mesures entre systèmes qui respectent totalement la causalité relativiste. [...]