

EPR, CORRÉLATIONS QUANTIQUES (INTRICATIONS QUANTIQUES), HASARD ET NON-LOCALITÉ QUANTIQUES



102-1- La conclusion délirante du Congrès de Solvay 1927

Werner Heisenberg et Max Born n'avaient pas froid aux yeux lorsque, à la conclusion du Congrès de Solvay de 1927 à Bruxelles, ils déclarent officiellement devant tous (Einstein et Schrödinger écoutaient, horrifiés) : « *Nous considérons la théorie des quanta comme une théorie close et dont les hypothèses physiques et fondamentales ne sont plus susceptibles d'être modifiées.* » C'est une véritable bombe à retardement, non seulement pour Einstein et Schrödinger, mais pour le monde de la physique dans son ensemble.

En effet, cette déclaration est fondamentalement anti-scientifique. Pourquoi ? Tout véritable scientifique sait pourquoi. En effet, pour être scientifique, une théorie doit être, au minimum, falsifiable, perfectible et reproductible. Ici, la déclaration (de deux prix Nobel) énonce une théorie non perfectible, non améliorable. C'est la définition même d'une déclaration anti-scientifique. Voir à ce sujet le livre *Rien ne va plus en Physique* du physicien Lee Smolin (épistémologie et physique de la "théorie" des cordes).

102-2- L'attitude d'Einstein

Einstein, en 1935, vit à Princeton, dans le New Jersey. Heisenberg et Max Born le considéraient comme un vieux gâteux incapable de se mettre à jour en physique quantique. Mais, à la lumière de la déclaration de Solvay 1927, on peut comprendre pourquoi.

Einstein demeure critique face à l'interprétation Copenhague de la physique quantique. Cette interprétation va devenir, dès les années 1930, l'interprétation officielle de cette physique révolutionnaire, malgré les profondes interrogations qui demeurent sans réponses. Einstein, lui, veut unifier la relativité générale et la physique quantique. Il travaille à l'élaboration d'une nouvelle physique qui unifierait la relativité restreinte, la relativité générale et la "mécanique" quantique. C'est ce qu'on appelle la théorie du champ unitaire : ramener toute la physique à une équation fondamentale, à une force fondamentale. Il n'y arrivera pas.

- Dans les années 1920, Einstein répète constamment (à Bohr et aux autres) que la mécanique quantique est incohérente, que c'est une fausse interprétation de la réalité.

- Vers 1935, il admet que la théorie quantique est cohérente; mais il affirme toujours qu'elle est incomplète et non définitive, et qu'elle ne saisit pas la réalité physique dans son intégrité. (Il est certain que sur le point de la complétude, Einstein avait absolument raison, car par définition, une théorie scientifique est perfectible et jamais close. Malheureusement, l'idée, aujourd'hui encore, est de faire croire qu'Einstein a eu entièrement tort. Il a eu tort sur certains points, nous le verrons, mais il avait totalement raison lorsqu'il refusait les conclusions incroyablement complaisantes de Max Born et d'Heisenberg et de beaucoup d'autres.)

102-3- Corrélations quantiques (intrications quantiques)

L'expression a été formulée par Shrödinger en 1935. Ici, nous entrons dans le cœur même de la nouvelle physique quantique (qu'on ne peut plus désormais appeler "mécanique" quantique, car rien n'est moins mécanique que le comportement des "objets" quantiques).

La théorie quantique prédit qu'il est possible d'établir des corrélations entre deux particules ou objets quantiques distants l'un de l'autre. Et cette "influence" ne peut être expliquée ni par une interaction (influence connue) d'un objet sur un autre ni par une cause locale qui serait commune aux deux particules avant qu'elles ne s'éloignent l'une de l'autre.

Par exemple, prenons deux photons A et B. On peut en faire des photons intriqués (corrélés) par une manœuvre de laboratoire (ce n'est pas la technique qui retient ici notre attention). Une fois intriqués, ces deux photons sont un peu comme des photons jumeaux : peu importe la distance qui les sépare, ils se comportent de manière non indépendante. Si on change la polarisation du photon A, la polarisation du photon B changera aussi, peu importe la distance qui les sépare. L'expérience va prouver (près de 50 ans plus tard !) que ces corrélations quantiques sont réelles, reproductibles, etc. L'intrication quantique est un fait, pas une théorie. Mais à l'époque d'Einstein, on n'a pas les moyens techniques de soumettre les corrélations quantiques au test de l'expérience.

La question qui va se poser (et qui va alimenter le texte EPR) est celle-ci : les 2 photons, au moment où ils deviennent intriqués, partagent-ils une information qu'ils emportent ensuite avec eux et alors le photon A influence le photon B ? Si c'est le cas, la relativité restreinte dit bien que cette influence de la particule A sur la particule B doit se faire à une vitesse inférieure à celle de la lumière. En fait, "l'influence" d'intrication quantique est instantanée ou du moins, supraluminique, indépendamment de la distance. Ce qui défie la vieille raison.

102-4- L'article EPR de 1935

Cet article, rédigé par Einstein, Podolsky et Rosen en mars 1935 est probablement le papier scientifique le plus célèbre de l'histoire de la physique. Et aujourd'hui, plus que jamais, il est encore d'actualité et le sera probablement pendant très longtemps. Voici le titre (en français) du fameux texte : « *La description de la réalité physique par la mécanique quantique peut-elle être considérée comme complète ?* » Einstein revient à la charge, il n'a pas digéré Solvay 1927, et il y a de quoi. Ce papier est le cœur même du fameux duel Bohr-Einstein. Voici l'essentiel.

C'est une expérience de pensée sur 2 particules corrélées (en 1935 on n'a pas encore la capacité technique de faire une telle expérience. Il faudra attendre en fait 1982 et Alain Aspect et son équipe pour que l'expérience sorte au grand jour). Voici la synthèse logique de ce que dit (disent) EPR :

- 1- Par effet de corrélation, la mesure d'un état sur la particule A donne la valeur de l'état de la particule B (pour des électrons on parle d'état de spin : inutile d'en dire plus ici).
- 2- L'état de A ne peut pas influencer l'état de B (relativité restreinte qui limite la vitesse d'une telle influence à une vitesse inférieure à celle de la lumière).
- 3- Alors, le fait de connaître l'état de B (déduite de la mesure sur A) et donc sans mesure sur B, contredit l'interprétation de Copenhague qui dit : « Une particule n'a pas d'état déterminé avant la mesure. »

4- La mécanique quantique est donc incomplète (à cause du point 3) et la particule B a une variable (un paramètre) cachée, et cela, avant la mesure (c'est le principe de localité).
5- S'il n'y a pas de variable cachée locale, on doit envisager une influence instantanée de A sur B (ou au moins une influence supraluminique) ce qui contredit la relativité restreinte. C'est ce qu'Einstein appellera "action fantomatique à distance" !

Conclusion de l'article EPR

La mécanique quantique est incomplète, car il doit exister une variable (paramètre) bien définie pour la particule B (donc, qui détermine l'état de la particule B), parce que A ne peut pas avoir sur B une influence supraluminique. **Einstein défend le principe de localité et de séparabilité.** Autrement dit, selon Einstein une variable cachée locale existe pour la particule B; et A ne peut pas influencer B. Il faudra attendre 1964 puis 1982 pour prouver qu'Einstein se trompait. On peut comprendre pourquoi, lui le père principal de la relativité restreinte (1905).

Réponse de Niels Bohr à EPR

Cette fois c'est Heisenberg qui étouffe à la lecture de l'article. Pour lui, Einstein est dépassé et bon pour les antiquités. Bohr lui, donne une réponse assez vague en objectant une notion mal définie de *la réalité* chez EPR. Il continue à dire (le croyait-il vraiment ? – c'est peu probable – voir la boîte de lumière) que la mécanique quantique est complète, mais n'arrive pas à réfuter EPR. Et l'affaire EPR ne va pas s'arrêter là ; elle n'est en fait pas du tout terminée, même aujourd'hui, contrairement à l'opinion de plusieurs. (Une opinion n'est pas de la science).

Même si on dit aujourd'hui que deux particules intriquées A et B ne forment qu'un seul système (non-séparabilité), cela n'explique rien du tout et constitue plutôt une forme de langage qui dit beaucoup, mais n'explique rien. En réalité, les intrications quantiques défient totalement l'espace-temps tel que nous les connaissons à la lumière des théories officielles actuelles.

102-5- Conclusion du duel Bohr-Einstein

Cela se termine avec les décès d'Einstein en avril 1955. « Ce que nous appelons science a pour but de déterminer ce qui est » disait-il (cela rejoint les mots d'Henri Poincaré, voir la page 1 de ce site). Bohr, lui, dira toujours : « Il n'y a pas d'univers quantique, il n'y a qu'une description abstraite appelée mécanique quantique. » (!) L'interprétation Bohr-Copenhague devient alors l'interprétation officielle de la "mécanique quantique" (qui n'a, en fait rien, mais vraiment rien de mécanique, rappelons-le). Pourtant cette expression de "mécanique quantique" continue d'être utilisée. Les mots forgent les esprits... (à suivre)

Marc Saint Hilaire