



101-1- La fin du dogme déterministe

Le déterminisme classique dit que toute cause génère un effet et que la cause précède l'effet. L'effet est fonction de la cause et l'effet est parfaitement prévisible lorsque la cause est identifiée. Tout l'édifice de la physique newtonienne et de la physique relativiste (restreinte et générale) est construit sur le postulat déterministe. Or tout cela s'effondre avec l'arrivée de la physique quantique. On a déjà vu – avec les sauts quantiques – qu'une certaine cause (l'impact d'un photon sur un électron) génère un effet : l'électron saute d'un niveau d'énergie 1 à un niveau 2 (par exemple).

Mais quand l'électron va-t-il redescendre à son niveau 1 ? Et où va-t-il "atterrir" (quelle direction prendra-t-il ?) On ne le sait pas, comme si l'électron décidait lui-même (ou, qu'une cause inconnue agissait à notre insu). Il y a une indétermination du résultat, une incertitude qui est inhérente au phénomène lui-même et qui ne provient pas d'une imprécision de la mesure.

C'est toute cette histoire de sauts quantiques qui va conduire le jeune physicien Werner Heisenberg à énoncer une physique de l'incertitude, appelée principe d'incertitude ou principe d'indétermination. Attention : indétermination ne veut pas dire sans cause ! Cette incertitude des sauts quantiques ne dit pas qu'il n'y a pas de causes à cette indétermination, à ce hasard quantique, mais seulement que les causes sont inconnues et actuellement non identifiables (dans notre espace-temps) avec la physique actuelle. Certains ont tendance à oublier cela et identifient pur hasard à "sans cause". C'est une distorsion intellectuelle, pour le moins.

101-2- Le principe d'incertitude d'Heisenberg

Il s'énonce à peu près ainsi : on ne peut pas connaître simultanément et avec précision la position d'une particule et sa vitesse (en fait sa quantité de mouvement). Ceci est révolutionnaire. A-t-on déjà vu un train ou un avion dont on ne peut connaître simultanément et avec précision la vitesse et la position ? Jamais. Quand vous conduisez votre voiture, il vous suffit de noter l'heure précise de votre départ, et à l'aide d'une carte ou d'une borne kilométrique, vous déterminez votre position après deux heures de route, par exemple. Simultanément, vous regardez votre montre et vous en déduisez aussitôt votre vitesse moyenne (vitesse = distance / temps).

En physique quantique ce genre de mesure est impossible, non pas à cause de la limite des instruments de mesure, mais à cause de la nature même des objets quantiques. La nature du monde des particules élémentaires est ainsi faite que si la position est mesurée avec précision, la mesure de la vitesse sera imprécise, et inversement.

Rappelons-nous le fondement même de la nature des objets quantiques : elle est double. Nature ondulatoire et nature corpusculaire. On estime que c'est cette dualité étonnante qui provoque cette incertitude dans les mesures, ou cette indétermination. Et cela s'applique non seulement au couple "position-vitesse (en fait p)" mais aussi au couple "énergie-temps". Chacun peut approfondir en consultant les 2 inégalités d'Heisenberg correspondantes, s'il le désire.

101-3- Un duel qui dura près de trente ans

C'est le fameux duel (non sanglant) Bohr-Einstein qui va durer de 1925 à 1955, année du décès d'Einstein. Cette confrontation entre ces deux géants de la physique moderne est une source encore inépuisée (peut-être même inépuisable) d'inspiration pour de nombreux physiciens, penseurs, chercheurs, et gens de toutes conditions. Niels Bohr (le père de l'atome quantique) défend l'interprétation de Copenhague qui se résume à ceci :

- a- Les réalités ondulatoire et corpusculaire d'un objet quantique (électron, photon, etc.) sont complémentaires (principe de complémentarité). Ce sont deux aspects mutuellement exclusifs de la même réalité (un chat peut être à la fois mort et vivant dans une boîte fermée ! Voir le chat le plus célèbre de la physique, le chat de Schrödinger, bien entendu).
- b- C'est la mesure – donc le type d'appareillage et la méthode utilisée par l'observateur - qui définit la réalité et la nature de la réalité. (Là, Einstein ne va pas aimer, du tout...).
- c- Tant qu'il n'y a pas de mesure, il n'y a pas de photons ou d'électrons, etc. (Einstein n'aime vraiment pas).
- d- Bohr parle d'un principe de complémentarité et d'un principe d'inconnaissabilité.
- e- Les objets quantiques n'ont pas de trajectoires dans le sens de continuité des positions instantanées.
- f- La « mécanique quantique » - comme si c'était de la mécanique ! On dira plus physique quantique, aujourd'hui - établit l'échec final de la causalité disent Niels Bohr, Heisenberg, Max Born, Pauli.
- g- En un mot, c'est l'observation qui définit la réalité.

101-4- Résumé sur l'entrée du hasard en physique

L'interprétation probabiliste de la fonction d'onde (ψ) de Schrödinger par Max Born (cerner le hasard quantique par le calcul) remet en question le dogme fondamental de la physique classique (et relativiste), à savoir, le déterminisme. L'univers de la physique classique est totalement déterministe : il ne laisse aucune place au hasard (principe de causalité).

Niels Bohr affirme qu'avant la mesure, l'électron n'existe nulle part et n'a pas d'existence en dehors de possibilités abstraites données par la fonction d'onde (ψ). Quand on effectue la mesure, la fonction d'onde s'effondre pour manifester un seul état quantique parmi les états possibles. À ce moment-là, la probabilité de présence devient égale à 1 et 0 pour les autres états. C'est le paradoxe de la mesure : avant la mesure on avait une superposition d'états.

Après la mesure, il n'y a qu'un seul état de l'objet quantique mesuré. (Revoir l'expérience de pensée du célèbre chat de Schrödinger qui existe simultanément dans 2 états : mort et vivant !).

101-5- Le cœur du duel Bohr - Einstein

Albert Einstein est totalement consterné en voyant ces jeunes physiciens qui déclarent haut et fort que la mécanique quantique fournit une description complète et définitive de la réalité. (C'est surtout Max Born qui émet ce postulat – Solvay 1927 et ensuite).

Pour Einstein, le but de la science est de « déterminer ce qui est. » Il est convaincu de l'existence d'une réalité du monde indépendante de l'observateur, contrairement à Bohr et à l'école de Copenhague Voir l'autre texte .pdf sur ce site. Pour ce dernier, la physique est simplement une description « de ce que nous pouvons dire de la nature », pas une description de la nature indépendante de l'observateur. Ce sont deux interprétations diamétralement opposées et qui semblent très difficiles – sinon impossibles – à réconcilier.

Einstein va produire plusieurs expériences de pensées en vue de démolir l'interprétation de Copenhague. Chaque fois, Bohr va donner tort à Einstein. L'expérience de la boîte de lumière (1930) est extraordinaire. Mais même s'il semble que Bohr ait encore gagné sur ce point, il n'empêche que lorsqu'on a trouvé Bohr mort dans son lit en novembre 1962, il avait dessiné – la veille – sur le tableau noir du bureau de sa chambre la fameuse boîte de lumière d'Einstein, preuve évidente que pour lui tout n'était pas encore aussi clair et certain qu'on voudrait bien le dire, même au dernier jour de sa vie terrestre.

C'est avec l'expérience de pensée dite expérience EPR (1935) que ce duel de gentlemen va prendre son véritable envol et sa réelle signification, et déboucher avec John Bell puis Alain Aspect sur le cœur même de la seconde révolution quantique. (Voir les autres textes .pdf sur la page de ce site).

Marc Saint Hilaire

NDE : il y a certaines répétitions dans ces textes sur le hasard quantique, cela est voulu. En effet, le sujet est tellement contraire aux raisonnements habituels de l'intellect, qu'il n'est pas inutile de le présenter sous différents angles, quitte à se répéter un peu.

Copyright Éditions du Nouveau Monde, 2013. Tous droits réservés. Impression autorisée pour usage personnel à condition de n'en faire aucune duplication mécanique, informatique ou numérique ni aucune distribution pour des groupes privés ou des organisations. Les adaptations, lectures publiques et les publications non autorisées sont illégales. Les diffusions sur internet (blogs, pages web, etc.) et la récupération informatique, numérique ou mécanique ainsi que la lecture publique ou l'usage avec des groupes sont illégaux. (Authentification : rejjh3suo9)