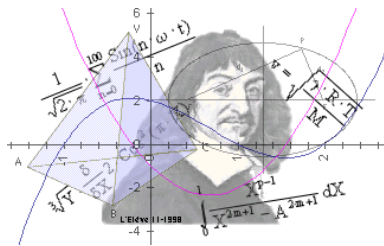


<https://www.ameSSI.org/Choix-retarde-quand-la-mecanique>



# Choix retardé : quand la mécanique quantique « agit » sur le passé

- SCIENCES-RECHERCHES SCIENTIFIQUES



Date de mise en ligne : dimanche 26 août 2007

---

Copyright © AMESSI.Org® Alternatives Médecines Évolutives Santé et

Sciences Innovantes ® - Tous droits réservés

---

**La magie de la mécanique quantique semble inépuisable si on la prend vraiment au sérieux. Une expérience récente, effectuée par Jean François Roch et ses collègues de l'ENS Cachan, a permis de réaliser, bien mieux qu'auparavant, l'expérience dite du choix retardé proposée il y a moins de 30 ans par le grand John Wheeler. Tout en vérifiant les prédictions de la mécanique quantique, elle montre que celle-ci est encore plus folle que ses créateurs avaient pu l'imaginer en 1927.**

## Sommaire

- [Choix retardé : quand la mécanique quantique « agit » sur le passé](#)

# Choix retardé : quand la mécanique quantique « agit » sur le passé

Par Laurent Sacco, Futura-Sciences

De gauche à droite Einstein, Yukawa et John Wheeler

De quoi s'agit-il ?

Pour le comprendre, il faut revenir à l'expérience de la double fente avec des électrons et qui sert d'introduction aux concepts quantiques dans tous les bons ouvrages comme ceux de Landau, Penrose et évidemment Feynman. On considère, pour cela, une fente double séparant une source d'électrons en haut et un écran en bas. Si les électrons étaient des ondes, et passaient donc simultanément par les deux fentes, on aurait sur l'écran une alternance de bandes claires et sombres, les fameuses franges d'interférence que l'on obtient aussi avec de la lumière dans le cas de l'expérience des trous d'Young. Cette situation est représenté sur le schéma ci-dessous.

Crédit : Doris Jeanne Wagner

Si les électrons étaient comme des balles tirées par une mitrailleuse et passant par une seule fente ouverte, on aurait une série d'impacts discrets distribués selon une courbe continue. L'ouverture d'une autre fente ne changeant que peu cette courbe mais donnant un résultat très différent du cas ondulatoire comme on le voit sur le schéma suivant.

Crédit : Doris Jeanne Wagner

En réalité, comme l'expérience le démontre dans des conditions appropriées et en reprenant les mots de Feynman,

## Choix retardé : quand la mécanique quantique « agit » sur le passé

---

les électrons et les photons sont complètement cinglés. Si les deux fentes sont ouvertes, et que l'on s'assure que les électrons passent un par un au travers, on enregistre sur l'écran une série d'impacts discrets mais dont la distribution avec suffisamment d'électrons se fait selon les franges d'interférence d'une onde !

Crédit : Doris Jeanne Wagner

Enregistrement des impacts d'électrons créant au final une figure d'interférence

C'est la fameuse fonction d'onde  $\psi$  de Schrödinger qui permet de décrire quantiquement un système physique et dont le carré donne la probabilité d'observer un état donné de ce système. La conclusion semble inévitable. Bien qu'indivisible, l'électron est passé par les deux fentes à la fois ! Maintenant, si l'on essaye de savoir par quelle fente l'électron est passé, en fermant l'une d'entre elles, par exemple, ou en essayant de détecter avec une faible lumière un électron sortant des fentes, ceci afin de le perturber le moins possible, les franges d'interférence disparaissent et on retrouve un comportement purement corpusculaire pour l'électron.

Le carré de la fonction d'onde  $\psi$  donne la probabilité d'observer une particule en un point. A gauche on a déterminé par quelle fente est passée la particule, à droite non.

Crédits : nanotech.sc.mahidol.ac.th

Ceci est bien sûr une conséquence des inégalités de Heisenberg et du principe de Complémentarité de Bohr. Les électrons et autres « particules » quantiques ne sont en réalité ni des ondes ni des particules mais quelque chose d'autre dont les attributs classiques, trajectoire, vitesse, localisation, n'apparaissent qu'en fonction du dispositif expérimental donné. Pour être provocateur, la réalité n'existerait donc fondamentalement pas dans l'espace et le temps et les objets au sens classique n'existeraient pas sans un observateur (peut-être pas nécessairement humain) pour les observer ! C'est en tous cas une interprétation possible de la mécanique quantique.

Ce trop court aperçu des phénomènes quantiques suffit déjà pour se rendre compte à quel point la mécanique quantique choque l'intuition et soulève d'importantes questions presque métaphysiques. John Wheeler et d'autres, comme Bryce De Witt, W.H Zurek et John Bell, ont beaucoup réfléchi sur les paradoxes de la mécanique quantique. Il en est sorti le livre suivant, « J. Wheeler and W. Zurek, (eds.) Quantum Theory and Measurement, 1983 », où l'on peut trouver la proposition de Wheeler d'une expérience avec double fente mais choix retardé. Tournons-nous donc maintenant vers celle-ci.

A la base, il s'agit de reprendre l'expérience de la double fente, dans les conditions les plus idéales possibles, et de ne considérer que le passage d'un électron ou d'un photon à travers cette double fente. On prendra le cas avec des photons. Au lieu de déterminer le passage d'un photon au moment où il traverse les fentes, on attend que l'onde lumineuse du photon ait largement dépassé celles-ci. Au dernier moment, l'observateur se donne le choix soit de laisser l'écran E pour obtenir des franges d'interférence, soit de le remplacer par une série de deux télescopes T1 et T2 focalisés sur chacune des fentes. Dans ce dernier cas, on peut montrer que cela revient à observer une trajectoire pour le photon.

Schéma de l'expérience de Wheeler. Au dernier moment on choisit soit un écran E soit deux télescopes T.

Crédits : [www.npl.washington.edu](http://www.npl.washington.edu) [http://www.npl.washington.edu]

C'est là que l'expérience devient stupéfiante. Bien qu'ayant dépassé les deux fentes, c'est le choix de l'observateur qui va déterminer dans le passé par quelle fente le photon a voyagé, par une ou par les deux en même temps ! Si vous vous sentez pris de vertige, tant mieux ! C'est le critère que Niels Bohr avait adopté pour déterminer si quelqu'un avait vraiment pris conscience de ce qu'est la mécanique quantique.

Si vous pensez que c'est complètement absurde alors il va vous falloir rendre les armes. De telles expériences avaient déjà été faites par le passé mais elles souffraient toujours d'imperfections. Elles donnaient toujours raison à la mécanique quantique cependant. Or, dans le papier aujourd'hui publié par Jean François Roch et Alain Aspect (dont on se souvient qu'il avait été l'auteur d'une expérience retentissante sur l'effet EPR) ceux-ci et leurs collègues décrivent une variante de l'expérience de Wheeler avec cette fois-ci un interféromètre de Mach-Zender. Bien qu'apparemment différente, cette expérience conserve le principe de choix retardé de Wheeler, et surtout elle permet d'obtenir des mesures beaucoup plus proches d'une situation idéale.

Le résultat est tombé, la mécanique quantique fonctionne impeccablement et donne exactement ce que John Wheeler avait prédit !

Au vertige va peut-être maintenant succéder la folie, alors accrochez-vous !

Jusqu'à présent, les notions de temps et d'espace viennent de se briser avec cette expérience, à l'échelle humaine. C'est peut être encore acceptable. Passons maintenant avec John Wheeler à l'échelle des galaxies ! Plus précisément, observons avec deux télescopes un effet de lentille gravitationnelle où une galaxie à un milliard d'années-lumière dédouble l'image d'un quasar situé à deux milliards d'années-lumière. On est encore dans un cas avec deux trajectoires possibles pour les photons émis par le quasar. En répétant l'expérience de Wheeler c'est, cette fois-ci, au niveau des galaxies et à un milliard d'années dans le passé qu'un observateur humain va déterminer le chemin pris par un photon !

Plus fort encore, et toujours selon Wheeler. Si j'imagine qu'il y a une fonction d'onde de l'Univers, alors, peut être que ce qui a provoqué sa réduction, et la naissance de notre Univers classique à partir d'une « particule quantique » de la taille de la longueur de Planck il y a 13,7 milliards d'année, c'est justement le fait qu'il y aurait plus tard des systèmes classiques collecteurs d'informations, comme les êtres humains, et effectuant une observation sur celui-ci ! Après tout, EPR nous avait déjà habitué à une non-localité dans l'espace, dans un Univers avec espace-temps il est somme toute logique que la non-localité soit aussi dans le temps !

Cette théorie peut sembler complètement folle, mais elle l'est assez pour être exacte, et comme le fait remarquer Andrei Linde, qui peut savoir le rôle exact de la conscience dans la structure physique de l'Univers ?