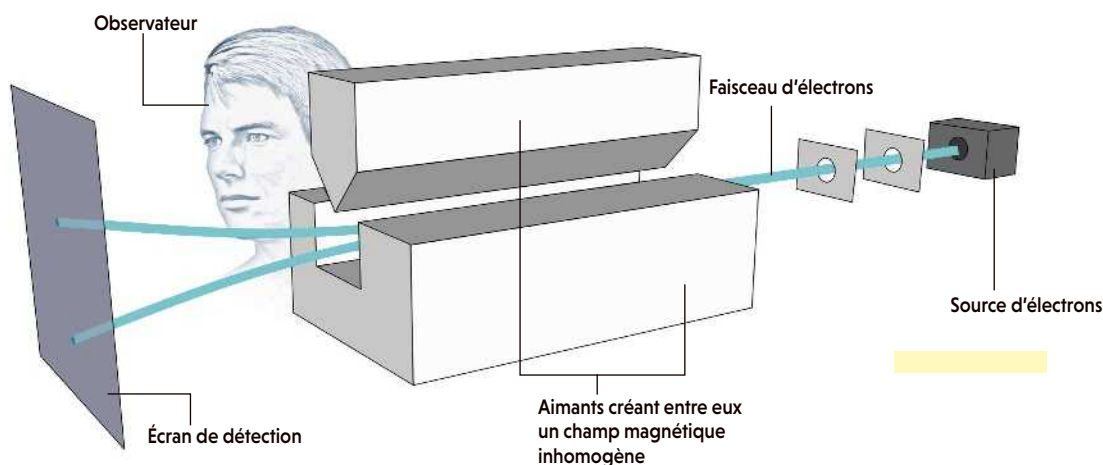




> enregistrée était définie avant son enregistrement par l'appareil de mesure, ni de comprendre comment l'interaction avec cet appareil conduit à une valeur définie. La mécanique quantique prédit au contraire qu'après avoir interagi avec le système mesuré, l'appareil de mesure lui-même se retrouve dans un état dit « intriqué » avec le système, ce qui signifie que son état s'est corrélié de manière indissociable avec celui du système (qui est une superposition) et qu'il ne correspond plus à une valeur bien définie de ce que l'appareil de mesure est censé afficher.

UNE RÉALITÉ INDÉPENDANTE DE L'OBSERVATEUR ?

Physiciens et philosophes ont fait un grand nombre de propositions pour tenter de résoudre la question en préservant une objectivité stricte, c'est-à-dire une réalité indépendante de ceux qui l'observent. La plus connue, l'« interprétation de Copenhague », est celle que soutenaient deux des principaux fondateurs de la théorie quantique, le Danois Niels Bohr et l'Allemand Werner Heisenberg. Elle a dominé pendant un demi-siècle.

Schématiquement, cette interprétation dite aussi « orthodoxe » consiste à établir une démarcation entre le monde microscopique, où la physique quantique s'applique, et le monde macroscopique, où elle ne s'appliquerait pas. La difficulté évoquée disparaît donc, car l'appareil de mesure, étant macroscopique, n'obéirait pas aux lois quantiques. Mais cette dichotomie microscopique-macroscopique paraît très artificielle et, de nos jours, ce point de vue fait de moins en moins consensus.

C'est pour tenter de rendre compte du fait que l'appareil de mesure finit bien par afficher une valeur définie que le chercheur allemand Dieter Zeh a proposé en 1970 un mécanisme nommé « décohérence ». Étudié plus avant dans les années 1980 par le physicien polonais Wojciech Zurek, du Laboratoire national de Los Alamos, aux États-Unis, ce mécanisme fait

intervenir l'environnement dans lequel sont plongés à la fois le système mesuré et l'appareil de mesure : les interactions avec les très nombreux degrés de liberté du milieu environnant seraient supposées perturber les superpositions d'états au point que celles-ci disparaîtraient en un temps extrêmement court.

Mais en fait, l'idée de décohérence explique seulement pourquoi l'appareil macroscopique ne peut apparaître dans une superposition d'états à aucun observateur, car elle repose essentiellement sur les limites pratiques de nos moyens d'observation, à savoir que nous sommes concrètement incapables de faire toutes les mesures concernant les corrélations du système et de l'appareil avec tous les degrés de liberté de l'environnement. Il faudrait par exemple mesurer toutes les positions de toutes les molécules d'air de la pièce qui contient l'appareil, ce qui est bien entendu totalement irréalisable en pratique.

Le mécanisme de décohérence n'élimine donc nullement le rôle de l'observateur, puisqu'il explique comment apparaît le monde à un observateur dont les moyens sont limités, et non pas comment est « réellement » le monde en l'absence d'un observateur.

En fait, il paraît logiquement inévitable que, sauf à modifier le cadre de la mécanique quantique usuelle, il soit impossible de définir rigoureusement et de façon strictement objective ce qu'est une mesure. L'observateur doit être pris en compte d'une manière ou d'une autre, et il semble que ce ne soit qu'au moment où un observateur prend connaissance du résultat que celui-ci se détermine.

Cela ne devrait pas paraître si choquant. Après tout, la science n'est rien d'autre qu'une description du monde tel qu'ultimement il nous apparaît. Le fait que la mécanique classique qui décrit le monde macroscopique soit compatible avec l'hypothèse que le monde est « réellement » tel qu'il nous apparaît n'est pas une preuve que cela soit encore vrai dans des domaines étrangers à notre expérience quotidienne.

UN EXEMPLE DE MESURE

L'expérience schématisée ici, similaire à la célèbre expérience de Stern-Gerlach réalisée en 1922 et qui a révélé l'existence du spin (un moment cinétique intrinsèque) des électrons, a deux résultats possibles : chaque électron est, selon son état de spin, dévié par le champ magnétique du dispositif soit vers le haut, soit vers le bas, avec la même amplitude. Observer le point d'impact de la particule sur l'écran phosphorescent revient alors à mesurer le spin de cette particule selon la direction verticale. Les règles de la mécanique quantique déterminent sans ambiguïté les probabilités d'observer tel ou tel résultat en fonction de l'état des particules. Mais cette théorie ne définissant pas précisément ce qu'est une mesure, les rôles que tiennent dans le processus l'appareil de mesure et l'observateur restent l'objet d'interprétations divergentes.