

Antinomies quantiques et Réalité

Colloque à la Fondation des Treilles

1 juin 2015 au 6 juin 2015

RESUME

La mécanique quantique qui est une des théories physiques les plus fécondes et les mieux confirmées, pose toujours, depuis plus de quatre-vingt-dix ans maintenant, des problèmes conceptuels importants quant à ses fondements et à la manière dont il convient de comprendre ce qu'elle nous dit sur le monde. Les vifs débats qu'elle continue de susciter entre physiciens et philosophes sont riches de réflexions profondes qui renouvellent bien des questions anciennes concernant la nature de la réalité, la portée des théories scientifiques et le rôle des observateurs dans la connaissance humaine. Ce colloque organisé sous l'égide du Collège de Physique et de Philosophie a eu pour but d'explorer certaines questions précises liées au réalisme, à la localité et à la conscience dans le cadre de la théorie quantique. Il a réuni quinze participants, physiciens quantiques et philosophes spécialistes de la physique quantique, dont deux jeunes chercheurs.

Mots clés : Réalisme, Localité, Observateur, Conscience, Décohérence, Problème de la mesure

1. Le contexte du colloque

La mécanique quantique, née en 1925 sous l'influence principale de Planck, Einstein, Bohr, Schrödinger, Heisenberg, Pauli, Dirac, Born et Jordan est l'un des deux piliers fondamentaux de la physique moderne (l'autre étant la relativité restreinte). Ses prédictions sont vérifiées sans cesse dans des domaines aussi différents que la solidité des corps, la conductivité des métaux, la couleur des objets, la super fluidité, la supra conductivité, les lasers etc. Elle s'applique aussi bien aux particules sub nucléaires isolées que pour comprendre le cœur des étoiles à neutrons. Aucune de ses prédictions n'a jamais été mise en défaut. Pourtant, depuis sa naissance, la mécanique quantique suscite des débats qui n'ont jamais été tranchés de manière satisfaisante et consensuelle pour l'ensemble des physiciens. La raison en est que, contrairement à la physique classique que l'on peut interpréter comme étant une description du monde tel qu'il est, c'est-à-dire d'une réalité en soi indépendante de tout observateur et ressemblant à ce que nous en percevons de manière passive, la mécanique quantique semble nécessiter dans sa formulation même, la présence d'observateurs jouant un rôle essentiel d'acteurs qui, d'une certaine manière, créent le monde qu'ils perçoivent. Bien sûr, cela est choquant pour les physiciens habitués à construire des théories dont la fonction essentielle est de pouvoir faire des prédictions en s'appuyant sur des explications basées sur une image du monde qui ne dépend en rien d'eux. Pour un physicien classique, la physique décrit le monde tel qu'il est et tel qu'il serait même en l'absence de tout observateur pour en témoigner. Les objets physiques sont censés exister par eux-mêmes et ils sont dotés de propriétés leur appartenant en propre que les mesures des physiciens ne font que révéler de manière neutre, comme lorsqu'on regarde un coucher de soleil sans jamais supposer que le fait de le regarder va modifier aussi peu que ce soit, la course de l'astre lumineux. Or, la situation est toute différente en physique quantique et presque un siècle après sa naissance, il n'a toujours pas été possible d'en trouver une formulation qui puisse s'interpréter aussi simplement que celle de la physique classique, sauf à en modifier le formalisme initial, d'une manière que beaucoup de physiciens refusent.

2. Les difficultés de la mécanique quantique

Une première difficulté provient de ce que le formalisme quantique n'autorise pas à considérer en général que la valeur d'une propriété que le physicien mesure sur un système lors d'une expérience pré existait à la mesure. Si par exemple, on mesure la position d'un électron grâce à un détecteur approprié, il n'est en général pas possible de considérer que l'électron était déjà à cette position avant la mesure. Le formalisme quantique indique plutôt que l'électron n'avait pas de position définie et que la position s'est déterminée lors de la mesure. Il en va de même pour toutes les propriétés physiques (vitesse, spin, énergie, etc.). Une mesure n'est donc pas le constat passif d'une valeur pré existante mais est plutôt un processus lors duquel les propriétés physiques acquièrent leurs valeurs. Par ailleurs, la mécanique quantique interdit à certaines propriétés dites conjuguées, d'avoir simultanément des valeurs définies. La vitesse et la position d'un électron ne peuvent être simultanément déterminées et sont soumises à ce qu'on appelle les relations d'incertitude d'Heisenberg qui limitent le degré auquel chacune d'entre elles peut être définie. D'autres conséquences de la physique quantique sont encore plus étranges comme par exemple, l'influence instantanée que semble exercer à distance la mesure d'une particule sur une autre particule qui lui est corrélée. Il est hors de question de détailler ici tous les aspects énigmatiques de la mécanique quantique mais il est bon de savoir qu'ils sont à l'origine de controverses sans fin et de propositions multiples pour tenter sinon de les éliminer, au moins de les rendre compréhensibles. Ce colloque avait pour objet de présenter et de discuter certaines de ces propositions.

3. Les points de vue présentés lors du colloque

Ce colloque a été organisé sous l'égide du Collège de Physique et de philosophie, association créée en 2009 par Bernard d'Espagnat, Michel Bitbol, Jean Petitot et Hervé Zwirn ayant pour but l'étude approfondie des apports de la physique contemporaine à la théorie de la connaissance, particulièrement en ce qui concerne l'examen de la notion de "réel". Il a réuni quinze participants (physiciens quantiques et philosophes spécialistes de physique quantique) dont deux juniors (Stefano Osnaghi et Alexei Grinbaum). Il n'est évidemment pas possible ici de présenter les interventions qui ont été faites durant ce colloque de manière assez détaillée pour leur être fidèle. Nous nous contenterons donc d'une énumération sommaire. Bernard d'Espagnat a présenté son analyse des raisons pour lesquelles la mécanique quantique ne peut pas être considérée comme une théorie réaliste au sens naïf du terme. Chris Fuchs a présenté la position connue sous le nom de QBism et qui consiste à mettre en avant l'aspect subjectif des probabilités utilisées en mécanique quantique par les agents. Michel Le Bellac a exposé ses critiques au QBism. Richard Healey a défendu un point de vue pragmatiste qui partage un certain nombre de points avec le QBism. Rom Harré a montré comment le concept « d'affordance » pouvait être utile dans ce contexte. Hervé Zwirn a décrit son interprétation, le solipsisme convivial qui met l'observateur conscient au centre même de la démarche. Yan Faye et Patricia Kauark ont présenté des analyses fines de la position de Bohr et de l'interprétation connue sous le nom d'Ecole de Copenhague. Alexei Grinbaum a décrit un modèle basé sur la théorie de l'information. Caslav Brukner a repositionné dans son analyse le problème de la mesure et Thomas Ryckman a présenté une critique de l'inflation éternelle en cosmologie. Frank Laloe a montré comment il est possible de combiner l'approche de Bohm et celle de la localisation spontanée. Enfin Philippe Grangier a présenté son interprétation contextuelle réaliste du formalisme.

Toutes ces interventions ont donné lieu à de vives discussions dont certaines se poursuivent au-delà du colloque qui aura donc joué parfaitement son rôle de catalyseur de la pensée et de moteur pour la confrontation des idées.