

2.11

L'interprétation relationnelle de la physique quantique

Les origines et les principes de l'interprétation relationnelle de Rovelli ¹

C'est en posant qu'il n'existait pas de temps absolu dans l'univers et que toute description de l'espace et du temps devait se faire *en référence à un observateur* que naquit la relativité restreinte. Cette « simple » remarque permit un changement de point de vue qui fut révolutionnaire pour la physique.

C'est une remarque du même ordre qui a permis à Carlo Rovelli de proposer l'interprétation relationnelle de la physique quantique (appelée également physique quantique relationnelle). Selon ce dernier c'est parce que l'on considère que l'« état » d'un système est indépendant de l'observateur que naissent les difficultés d'interprétation de la physique quantique.

L'une des idées essentielles de la physique quantique relationnelle est que différents observateurs peuvent faire des comptes-rendus différents des mêmes événements. En effet, selon la physique quantique, toute la connaissance concernant un objet physique peut être représentée par un vecteur d'état $|\psi\rangle$. Et, selon les différentes interprétations de la physique quantique, le vecteur d'état est considéré soit comme une *description de la réalité* (Everett), soit comme *l'information que nous possédons sur la réalité* (Bohr). L'interprétation relationnelle de la physique quantique de Rovelli appartient clairement à cette deuxième catégorie. De plus, Rovelli fait un pas de plus en posant que le vecteur d'état est *l'information* que possède *un observateur donné* sur un objet quantique. Par conséquent, une description quantique de la réalité doit toujours être donnée en référence à un observateur. Et il n'existe pas par conséquent de « méta-observateur » de la réalité qui contemplerait la réalité d'un point de vue privilégié. Il n'existe donc pas de vecteur d'état de l'univers.

¹ Rovelli C. Relational Quantum Mechanics. *International Journal of Theoretical Physics* 35; 1996: 1637–78; <http://arXiv:quant-ph/9609002>.

Rovelli C, Smerlak M. Relational EPR. <http://arXiv:quant-ph/0604064>.

Laudisa F and Rovelli C. Relational Quantum Mechanics; *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. <http://plato.stanford.edu/archives/fall2005/entries/qm-relational/>

Le vecteur d'état de la physique quantique « classique » devient donc dans le cadre de la physique classique relationnelle une description des *corrélations* de certains états de l'observateur et du système observé.

De plus, selon l'interprétation relationnelle de Rovelli, la physique quantique relationnelle s'applique à *tous les objets* qu'ils soient *microscopiques ou macroscopiques*, qu'ils soient *conscients ou non*, car ce sont *tous des systèmes quantiques*. Toute « mesure » est considérée comme une simple interaction physique et toutes les interactions physiques sont donc des interactions quantiques.

Il n'existe par conséquent pas de distinction entre monde microscopique et monde macroscopique. Ainsi la physique quantique relationnelle ne fait pas de distinction fondamentale entre l'interaction de deux particules et l'interaction d'une particule avec un appareil de mesure macroscopique.

Enfin il n'y a *pas de « réduction » de la fonction d'onde* au sens où on l'entend dans l'interprétation de Copenhague. La raison pour laquelle un observateur qui mesure un système ne perçoit qu'un aspect de la « réalité » (et non pas une superposition des différentes issues possibles) est liée au fait qu'il a une *information incomplète* sur l'ensemble qu'il forme avec le système ; il ne perçoit pas en effet *les variables d'interaction* entre lui-même et ce système.

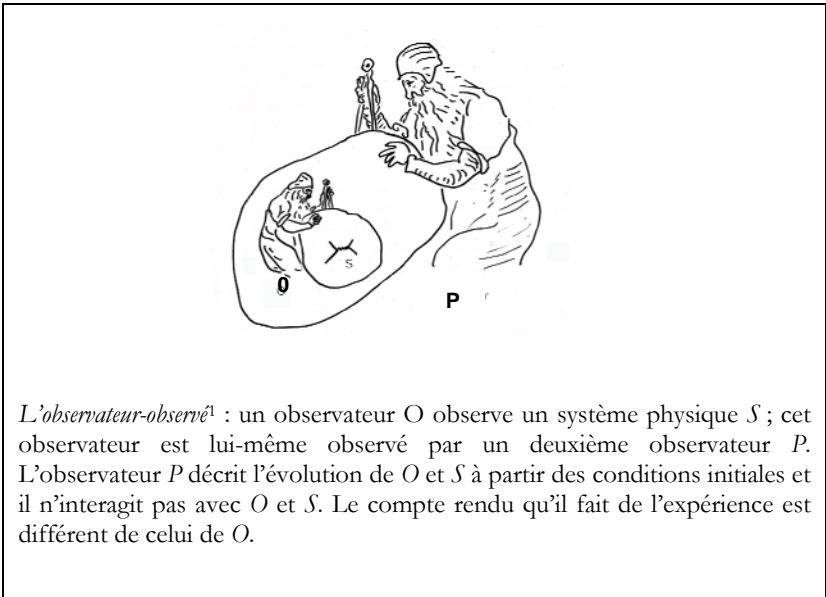
L'observateur observé

Rovelli suppose un observateur (appelé *O*) qui réalise la mesure d'une observable d'un système quantique *S* pour lequel deux valeurs sont possibles, à savoir « 1 » et « 2 ». Après une mesure, *O* observe en effet que le système est dans soit l'état « 1 », soit dans l'état « 2 ».

Nous pouvons également imaginer qu'il existe un observateur *P* qui décrit l'évolution du système formé par *S* et *O* (voir dessin ci-dessous). Nous supposons que *P* a toute l'information disponible concernant l'état initial de ce système mais qu'il ne fait pas d'observation sur ce système au cours de son évolution. Pour *P*, qui n'est pas impliqué dans la mesure, une valeur définie a été obtenue après la mesure de *S* par *O* (« 1 » ou « 2 »). *P* sait qu'une valeur définie a été obtenue, mais il ne sait pas laquelle.

O et *P* font deux comptes-rendus différents des mêmes événements. Pour l'observateur *O*, le système a une valeur définie tandis que pour *P*, le système est dans un état qui n'est pas défini. Bien entendu, si *P* interagit *physiquement* avec *S-O* pour faire une mesure (observation), il constate que l'état de *S* et l'état de *O* sont corrélés (l'état de *P* est corrélé à ceux de *O* et *S*). C'est ce que Rovelli appelle l'« observation principale » sur laquelle repose l'ensemble de l'interprétation relationnelle : « *En physique quantique, des observateurs différents peuvent donner des comptes rendus différents de la même séquence d'événements* ».

Il est important de souligner que l'on ne peut pas résumer cette interprétation en disant que la différence entre O et P est que O sait quel est l'état de S et que P ne le connaît pas. Cette description, en effet, suggère implicitement qu'il existerait un état « absolu » de S , à savoir celui que O a mesuré, et que P n'a tout simplement pas connaissance de cet état. Dans l'interprétation relationnelle, un « état » doit toujours être compris de façon relative à un observateur. Nous pouvons en effet imaginer un autre observateur Q qui décide de décrire S , O et P sans interagir avec eux et qui a une connaissance complète des conditions initiales. Tout ce que Q peut dire est que des corrélations ont été établies entre S , O et P mais Q ne peut pas dire quel résultat est observé.



Grâce à cette interprétation, le « paradoxe » EPR se dissout car *chaque mesure est relative à chacun des observateurs*. La vérification des corrélations se fait après coup (par un moyen classique, en respectant par conséquent la relativité restreinte) et le formalisme garantit ces corrélations.

¹ Image extraite de "Quantum Gravity" par C. Rovelli (*licence GFDL*).

Dans l'un des chapitres précédents, nous avons vu que les résultats des expériences sur la « mémoire de l'eau » violent une loi qui est un des piliers des probabilités classiques. En conséquence, toute description reposant sur une conception « classique » est vouée à l'échec. Dans le chapitre suivant, nous tenterons de donner un cadre formel et logique aux expériences de J. Benveniste, y compris pour décrire leurs aspects les plus paradoxaux en nous inspirant des principes de l'interprétation relationnelle.

