

Espace-temps quantique

Carlo Rovelli. *Par-delà le visible*. 2014.

Extraits

[...] La mécanique quantique ne décrit pas des objets, mais des processus et des faits qui sont des interactions entre des processus. En résumé, la mécanique quantique est la découverte de trois aspects du monde :

La granularité. L'information qui est dans l'état d'un système est finie et limitée par la constante de Planck.

L'indéterminisme. Le futur n'est pas déterminé de manière univoque par le passé. Même les régularités les plus rigides parmi celles que nous voyons sont en réalité seulement statistiques.

Le relationnisme. Les événements de la nature sont toujours des interactions. Tous les événements d'un système sont en relation avec un autre système.

La mécanique quantique nous enseigne à ne pas penser au monde en termes de choses qui sont dans tel ou tel état, mais **en termes de processus**. Un processus est le passage d'une interaction à une autre. Les propriétés des choses se manifestent de façon *granulaire* seulement au moment de l'interaction, c'est-à-dire aux bords du processus, et ne sont telles qu'*en relation* à d'autres choses ; elles ne peuvent pas être prévues de façon univoque, mais seulement de façon *probabiliste*. Telle est la plongée dans les profondeurs de la nature des choses accomplie principalement par Bohr, Heisenberg et Dirac.

Mais comprenons-nous vraiment ?

Certes, la mécanique quantique est un triomphe d'efficacité. Mais... es-tu sûr, astucieux lecteur, d'avoir bien compris ce que dit la mécanique quantique ? Un électron n'est nulle part quand il n'interagit pas... Hmm... Cela ne te paraît-il pas plutôt absurde ? Cela paraissait absurde aussi à Einstein.

[...]

L'ESPACE - TEMPS QUANTIQUE

[...] Mais le problème est plus profond encore. Einstein a compris que l'espace et le temps sont des manifestations d'un champ physique : le champ gravitationnel. Bohr, Heisenberg et Dirac ont compris que **tout champ physique est quantique, granulaire, probabiliste, et qu'il se manifeste dans les interactions**. Il s'ensuit que l'espace et le temps aussi doivent être des objets quantiques doués de ces étranges propriétés. Qu'est-ce, alors, qu'un espace quantique ? un temps quantique ? C'est le problème que nous appelons « gravité quantique ».

[...]

Au-dessous d'une certaine échelle, il n'y a plus rien d'accessible. Ni même plus rien d'existant. Quelle est cette échelle ? C'est simple : il suffit de calculer la taille minimale d'une particule avant qu'elle tombe dans son trou noir. La longueur minimale qui existe est d'environ

$$L_P = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$$

À droite de cette égalité, sous la racine carrée, on retrouve les trois constantes de la nature que nous avons rencontrées : la constante de Newton G , dont j'ai parlé au chapitre 2, qui détermine l'échelle de la force de gravité ; la vitesse de la lumière c , rencontrée au chapitre 3 à propos de la relativité, qui donne l'ouverture du « présent étendu » ; et la constante de Planck \hbar , rencontrée au chapitre 4 à propos de la mécanique quantique, qui fixe l'échelle de la granularité quantique. La présence de ces trois constantes confirme que nous regardons quelque chose qui a à voir avec la gravité (G), la relativité (c) et la mécanique quantique (\hbar). La longueur L_P ainsi déterminée s'appelle « longueur de Planck ». Il conviendrait de l'appeler « longueur de Bronstein », mais ainsi va le monde. Elle vaut à peu près un millionième d'un milliardième d'un milliardième d'un milliardième de centimètre (10^{-33} centimètre). Autrement dit, elle est très petite. **C'est à cette échelle microscopique que se manifeste la gravité quantique. À cette échelle, l'espace et le temps changent de nature.** [...]