

Vide relativiste et vide quantique

Trinh Xuan Thuan - "Le vide est la matrice de tout" - Interview - 2016.

https://www.sciencesetavenir.fr/fondamental/trinh-xuan-thuan-le-vide-est-la-matrice-de-tout_23515

Les physiciens ont alors définitivement renoncé à l'éther ?

Cette idée a resurgi avec Newton et, plus tard, avec James Maxwell au XIX^e siècle. Quand Newton propose sa théorie de la gravitation universelle (c'est la gravité qui fait tomber la pomme dans le verger ou qui fait tourner la Lune autour de la Terre) il a besoin de « quelque chose » pour transmettre cette force et il invoque... l'éther ! Une substance qui baigne tout l'univers, reprenant le mot d'Aristote. Mais cette notion a disparu au XX^e siècle à cause d'Einstein. S'il y avait un éther, et sachant que la terre est en mouvement dans cet éther, on devrait pouvoir mesurer des variations de la vitesse de la lumière selon la direction dans laquelle on l'observe. Or, deux officiers américains, Michelson et Morley, qui avaient effectué ces mesures à la fin du XIX^e siècle avec un interféromètre, s'étaient aperçus, à leur grande surprise, qu'ils ne trouvaient aucune différence, à 1 km/s près. Quelle que soit la direction dans laquelle la Terre bouge à travers l'espace, la vitesse de la lumière est donc constante. Ce qui sera au cœur de la théorie de relativité restreinte d'Einstein, en 1905, où la vitesse de la lumière devient une constante de la nature, quel que soit le mouvement de l'observateur. Ce qui change, c'est le temps et l'espace. Dans la théorie de la relativité, l'espace y est complètement dénué de substance, il est vide.

La mécanique quantique n'a-t-elle pas changé la donne ?

Bien sûr ! A cause du principe d'incertitude de Heisenberg*, il peut exister des particules d'une durée de vie extrêmement courte et à l'énergie très variable. Ces particules peuvent "emprunter" de l'énergie à la nature et apparaître mais elles doivent tout de suite la rembourser car leur durée de vie est très petite. On les appelle particules virtuelles.

Ce sont des particules qui émergeraient du vide et y retourneraient tout de suite?

Oui, dans un cycle extrêmement court (10^{-33} s). A l'échelle de Planck (10^{-33} cm), l'espace peut donc être vu comme une sorte de mousse quantique constamment en fluctuation. C'est tout à fait différent de l'espace totalement vide et calme de la théorie de la relativité à grande échelle ! Il existe ainsi une incompatibilité fondamentale entre la mécanique quantique et la relativité et il nous faudrait une théorie unifiée, ce qu'on ne sait pas encore faire.

Le vide est donc une des clés de compréhension ?

Oui, mais comme je viens de vous le dire, ces deux théories sont incompatibles, elles sont comme l'eau et le feu. Pour comprendre l'évolution de l'état de l'Univers, à partir de l'explosion primordiale du big-bang, état très chaud et très dense, où l'infiniment petit a donc généré l'infiniment grand, il faut vraiment unifier les deux théories.

Et donc unifier leur vision du vide...

Oui, comment le vide quantique se réconcilie avec le vide de la relativité générale. Dans la cosmologie moderne, le vide est rempli d'énergie, c'est lui qui exerce une force répulsive à l'origine de l'inflation exponentielle de l'espace, au tout début de l'univers. Selon la théorie de l'inflation, l'Univers a pu connaître un passage par un « faux vide », avant de dégringoler vers un « vrai vide », en libérant une pression négative qui l'a fait éclater de toutes parts, en une expansion vertigineuse. L'énergie pouvant générer la matière ($E = mc^2$, la fameuse formule d'Einstein !) le vide est responsable de tout le contenu matériel de l'Univers. De surcroît, depuis 1998, on a constaté que l'expansion de l'Univers est en accélération, sous l'effet d'une force répulsive (une anti-gravité) et cela pourrait venir aussi du vide. [...]

* Sous sa forme de « produit de l'incertitude sur l'énergie par l'incertitude sur la durée de vie », produit qui doit toujours être supérieur à la constante de Planck.