

Lacune

<https://www.pourlascience.fr/theme/physique-quantique/peut-on-tester-la-nature-quantique-de-l-espace-temps-26945.php>

Carlo Rovelli et Nick Huggett. Peut-on tester la nature quantique de l'espace-temps ? Pour la science. 2024

Extrait

Notre connaissance du monde physique souffre d'une lacune importante : aucune de nos théories parmi les plus efficaces pour décrire nos observations et nos expériences n'inclut la nature quantique de la gravité. Toutefois, une grande majorité des physiciens s'accordent à penser que celle-ci est **essentielle pour représenter correctement des situations extrêmes telles que l'Univers primordial et l'intérieur des trous noirs.**

En attendant de résoudre le problème de la « gravité quantique », la gravité est décrite par une théorie classique, celle de la relativité générale d'Albert Einstein. Cette dernière a été éprouvée de nombreuses façons avec un succès spectaculaire. Elle a prévu des phénomènes, tous observés, tels que la déviation de la lumière, l'avance du périhélie de Mercure, les trous noirs et les ondes gravitationnelles. Elle stipule que la géométrie de l'espace-temps – la réunion de l'espace et du temps – est forgée par la gravité. Ainsi, lorsque nous parlons du comportement quantique de la gravité, nous parlons en réalité du **comportement quantique de l'espace-temps**. Nous ne disposons pas actuellement d'une théorie solide de la gravité quantique, mais nous avons quelques pistes. Parmi elles, la gravité quantique à boucles (que l'un d'entre nous, Carlo Rovelli, a contribué à développer) et la théorie des cordes sont les deux principales prétendantes. La première prévoit que le tissu de l'espace-temps est constitué d'un réseau de minuscules boucles, tandis que la seconde postule que les particules sont fondamentalement des cordes vibrantes et non des objets ponctuels.

<https://www.pourlascience.fr/sd/physique-theorique/et-si-la-gravite-n-était-pas-quantique-15534.php>

Antoine Tilloy. Et si la gravité n'était pas quantique ? Pour la science. 2018.

Extraits

La quatrième interaction fondamentale, la gravitation, est décrite par une théorie très différente de la physique quantique : la relativité générale, introduite en 1915 par Albert Einstein. Dans cette théorie, la matière et l'espace-temps interagissent pour donner ce que l'on perçoit comme la force gravitationnelle : la matière (et l'énergie) courbe l'espace-temps et son mouvement est, en retour, déterminé par le « relief » de l'espace-temps. La relativité générale est utile dans les situations où la gravitation domine, c'est-à-dire principalement en astrophysique et en cosmologie. La physique quantique, plus précisément le modèle standard, s'applique plutôt dans des situations où la gravitation est négligeable en comparaison des autres forces, ce qui est le cas dans les expériences menées dans les accélérateurs de particules.

DES THÉORIES INCOMPATIBLES

Ainsi, à son niveau le plus fondamental, l'Univers semble régi par deux mécaniques distinctes, deux ensembles de lois *a priori* incompatibles tant les notions et objets de ces théories sont différents. Dans leurs domaines d'application respectifs, ces deux théories sont d'une efficacité redoutable. Mais relativité générale et physique quantique ne semblent pas pouvoir être utilisées simultanément, en tout cas pas sans modification. Que se passe-t-il, par exemple, dans une situation où les effets dus à la physique quantique sont importants, mais où la force gravitationnelle domine ? La réponse simple est que l'on ne sait pas. Le problème n'est pas que l'on ne sait pas effectuer les calculs, mais que l'on n'a même pas de cadre théorique approprié.

Les situations où il faudrait utiliser à la fois la physique quantique et la relativité générale sont rares dans la nature. Nous n'avons donc pas de résultats expérimentaux pour nous indiquer ce qui s'y passe. Cette situation est due au fait que la gravitation est une force extrêmement faible, qui ne domine les trois autres que pour les objets massifs et étendus. Or les effets quantiques tendent, eux, à se brouiller lorsque la taille des objets considérés augmente.

Néanmoins, au moins **deux situations motivent la recherche d'une théorie quantique de la gravitation**. Sans une telle théorie, il semble impossible de savoir ce qui s'est passé **au début de l'Univers**, au moment du Big Bang, ou **au centre des trous noirs**, ces objets d'une extrême densité qui déforment l'espace-temps au point que même la lumière ne peut s'en échapper. Dans ces deux cas, où la gravitation est très forte, la relativité générale prévoit l'existence de singularités, c'est-à-dire des grandeurs physiques infinies. C'est là un signal clair que cette théorie est insuffisante, à elle seule, pour décrire ces situations : les effets de la physique quantique y sont importants et doivent être pris en compte.