

Cela vous semble étrange ? C'est normal. Il n'est pas évident que les lois de la physique vous permettent de le faire. Mais comme le mathématicien Walter Craig, de l'Université McMaster au Canada, et le philosophe Steven Weinstein, de l'Université de Waterloo (Canada), l'ont récemment montré, c'est possible, du moins dans certaines situations simples.

Bien qu'en principe, les deux méthodes de découpage de l'espace-temps soient possibles, elles diffèrent profondément. Dans le découpage usuel, du passé vers le futur, les données qu'il est nécessaire de recueillir sur une tranche sont, en théorie, assez faciles à obtenir. Par exemple, si l'on mesure les vitesses de toutes les particules, la vitesse d'une particule en un endroit est indépendante de la vitesse d'une autre particule ailleurs. Mais dans la seconde méthode de découpage, les propriétés des particules ne sont pas indépendantes ; elles sont entremêlées de façon très particulière. Il faudrait combiner des mesures extrêmement compliquées sur ces particules pour obtenir les informations nécessaires. Et encore, ces mesures ne permettraient de reconstituer l'espace-temps entier que dans des cas particuliers, comme ceux découverts par W. Craig et S. Weinstein.

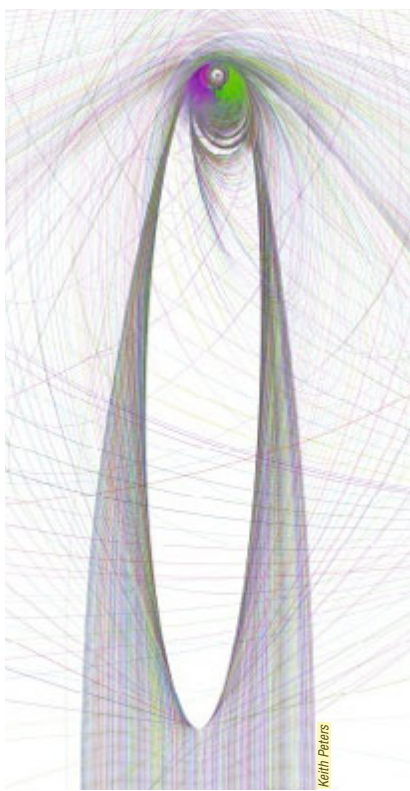
Le temps, une direction qui simplifie les choses

Dans un sens bien précis, le temps est la direction de l'espace-temps dans laquelle de bonnes prédictions sont possibles, la direction dans laquelle nous pouvons raconter les histoires les plus informatives. Le récit de l'Univers ne se déroule pas dans l'espace ; il se déroule dans le temps.

L'un des objectifs les plus ambitieux de la physique moderne est de réunir la relativité générale et la physique quantique en une théorie unique qui prenne en compte les aspects tant gravitationnels que quantiques de la matière : une théorie quantique de la gravitation. Cette ambition se heurte à plusieurs écueils ; en particulier, la mécanique quantique impose au temps certaines propriétés qui contredisent ce que j'ai dit jusqu'ici.

La mécanique quantique affirme que les objets ont un répertoire de comportements bien plus riche que ce que nous pouvons saisir avec des grandeurs classiques telles que position et vitesse. La description complète d'un objet est donnée par une entité mathématique nom-

mée état quantique. Cet état évolue de façon continue dans le temps, et les physiciens sont capables de calculer la probabilité que tel ou tel résultat expérimental soit obtenu à tel ou tel instant. Si l'on envoie un électron à travers un dispositif qui le défléchit soit vers le haut, soit vers le bas, la mécanique quantique peut ne pas être en mesure de nous dire avec certitude à quel résultat s'attendre. Au lieu de cela, l'état quantique ne donne que la probabilité des différents résultats possibles ; par exemple, 25 pour cent de chances que l'électron parte vers le haut, et 75 pour cent de chances qu'il soit dévié vers le bas. Deux systèmes décrits par des



états quantiques identiques peuvent ainsi donner des résultats différents.

Les prédictions probabilistes de la théorie exigent du temps certaines caractéristiques. Tout d'abord, le temps est ce qui rend les contradictions possibles. Quand on lance un dé, il ne peut pas tomber sur 3 et sur 5 en même temps. Il ne peut le faire qu'à des instants différents. Cette caractéristique est liée au fait que la probabilité de tomber sur chacune des six faces doit être égale à 100 pour cent, sinon le concept de probabilité perdrait tout son sens. Les probabilités s'additionnent à un instant donné, pas à un endroit donné. Il en va de même des probabilités que les particules

quantiques aient une position ou une quantité de mouvement données.

Ensuite, l'ordre temporel des mesures quantiques importe. Supposons que l'on fasse passer un électron à travers un dispositif qui le défléchit d'abord verticalement, puis horizontalement, et que l'on mesure son moment cinétique lorsqu'il sort du dispositif. On répète l'expérience, cette fois en déviant l'électron horizontalement, puis verticalement, et l'on mesure à nouveau le moment cinétique. Les valeurs obtenues seront très différentes.

Un écueil quantique

Enfin, un état quantique fournit les probabilités pour tout l'espace à un instant donné. Si l'état englobe une paire de particules, alors le fait de mesurer l'une des particules affecte instantanément l'autre, indépendamment de l'endroit où elle se trouve ; c'est la célèbre « fantomatique action à distance » qui troublait tant Einstein à propos de la mécanique quantique. Cette corrélation instantanée le chagrina pour la bonne raison que si les particules réagissent en même temps, alors cela signifie que l'Univers est muni d'une horloge maîtresse, ce que la relativité interdit expressément.

Bien que certaines de ces questions restent controversées, le temps en mécanique quantique est essentiellement une régression au temps de la mécanique newtonienne. Les physiciens se préoccupent de l'absence de temps en relativité, mais le rôle central du temps en mécanique quantique pose peut-être un problème plus grave. C'est pour cette raison profonde que l'unification de la relativité générale et de la physique quantique est si difficile.

De nombreux programmes de recherche ont visé à unir la relativité générale et la physique quantique. Ils se répartissent schématiquement en deux groupes. Les physiciens qui pensent que la mécanique quantique offre le fondement le plus solide, comme les théoriciens des supercordes, ont pour point de départ un temps pur et dur. Ceux qui croient que la relativité générale fournit le meilleur point de départ démarrent avec une théorie où le temps est déjà déchu et sont donc plus ouverts à l'idée d'une réalité atemporelle.

Certes, la distinction entre ces deux approches est floue. Les théoriciens des supercordes ont récemment envisagé des théories dépourvues de temps. Mais pour