

nombre, en théorie quantique des champs, est une propriété de l'appartenance dans son ensemble ; pour le déterminer, il vous faudrait faire l'impossible et mesurer tout l'appartenance d'un seul coup, plutôt que pièce par pièce.

Un cas extrême illustrant à quel point les particules sont insaisissables est celui du vide, qui a des propriétés paradoxales en théorie quantique des champs. Vous pouvez avoir globalement un vide (par définition, c'est un état à zéro particule) tout en observant dans chaque région finie quelque chose de très différent du vide. En d'autres termes, votre appartenance peut être complètement vide même si vous trouvez des particules dans tous les coins...

Le nombre de particules, fonction de l'observateur

Une autre propriété frappante du vide en théorie quantique des champs est ce qu'on nomme l'effet Unruh. Supposons qu'un astronaute se trouve dans un vaisseau immobile, dans ce qu'il pense être le vide. On montre par la théorie, et c'est l'effet Unruh, qu'un astronaute à bord d'un vaisseau accéléré par rapport au premier aura une perception très différente du même milieu : ses mesures lui indiqueront qu'il est immergé dans un bain thermique d'innombrables particules. Ce désaccord entre points de vue se produit également aux abords des trous noirs et conduit à des conclusions paradoxales sur le sort de la matière qui tombe sur de tels astres.

Si un vide plein de particules semble absurde, c'est parce que la notion classique de vide nous induit en erreur ; ce que la théorie décrit doit être autre chose. Si le nombre de particules dépend de l'observateur, alors il semble illogique de supposer que ces particules sont fondamentales. Nous pouvons accepter que de nombreuses propriétés dépendent de l'observateur, mais pas le nombre même de briques élémentaires.

Enfin, la théorie quantique montre que les particules peuvent perdre leur individualité. Dans le phénomène déconcertant de l'intrication quantique, plusieurs particules peuvent constituer un système plus gros et perdre les propriétés individuelles qui les distinguent les unes des autres. Les particules présumées peuvent alors partager des propriétés telles que l'éventail de positions dans lesquelles elles sont susceptibles de se trouver. Quand deux particules sont intri-

L'AUTEUR



Meinard KUHLMANN est professeur de philosophie à l'Université de Bielefeld, en Allemagne. Il a une double formation, en physique et en philosophie.

Glossaire

Ontologie :

Explication ou étude de l'être, de l'essence des choses.

Structure :

Manière dont sont reliés entre eux des objets, concrets ou abstraits.

Réalisme :

Conception selon laquelle il existe un monde indépendant de soi.

Réalisme structurel :

Conception selon laquelle la réalité est caractérisée par des structures, où la nature des objets en relation importe peu.

Réalisme structurel épistémique :

Version du réalisme structurel qui considère que la nature des objets en relation est inaccessible à la connaissance.

Réalisme structurel ontologique (ou ontique) :

Version du réalisme structurel selon laquelle les structures ne sont définies que par des relations, les objets étant inexistantes.

quées, l'observateur n'a pas le moyen de les distinguer : à ce stade, peut-on vraiment encore parler de deux objets ?

Un théoricien pourrait simplement décréter que nos soi-disant deux particules sont deux individualités distinctes. Pour les philosophes, ce diktat est de l'«*eccité primitive*» (une individualité primitive, par essence). Par définition, cette *eccité* est non observable. La plupart des physiciens et philosophes sont très sceptiques à l'égard de telles approches *ad hoc*. Il semble plutôt que l'on n'ait plus affaire à deux particules : le système intriqué se comporte comme un tout indivisible et la notion de partie, et à plus forte raison de particule, perd son sens.

Ces problèmes théoriques soulevés par les particules défient l'expérience. Qu'enregistrent donc les «*détecteurs de particules*» s'il ne s'agit pas de particules ? En fait, la détection d'une particule est toujours une inférence. Tout ce qu'un détecteur enregistre, c'est un grand nombre d'excitations isolées produites dans le matériau détecteur. Les ennuis surgissent quand nous relient les points correspondant à ces excitations et que nous inférons l'existence de particules ayant des trajectoires continues dans l'espace et le temps (dans certaines interprétations minoritaires de la physique quantique, on raisonne en termes de trajectoires bien définies, mais ces interprétations ont leurs propres difficultés ; je me cantonne ici à l'interprétation habituelle de la physique quantique).

Faisons donc le point. Nous nous représentons les particules comme de minuscules boules de billard, mais les entités que les physiciens d'aujourd'hui nomment «*particules*» ne leur ressemblent en rien. Selon la théorie quantique des champs, les objets ne peuvent être localisés dans aucune région finie de l'espace, si grande ou floue soit-elle. Qui plus est, le nombre de particules putatives dépend de l'état de mouvement de l'observateur. Tous ces résultats, pris collectivement, sonnent le glas de l'idée d'un monde composé de particules qui seraient des sortes de petites billes.

Sur la base de ces considérations et d'autres, force est de conclure que la «*physique des particules*» est une expression impropre : bien que les physiciens passent leur temps à parler de particules, ces objets n'existent pas. On pourrait parler de «*particules quantiques*», mais comment justifier l'utilisation du mot «*particule*» s'il ne recouvre presque plus rien de la notion