

accepter, mais pas à comprendre. S'agissant de notre perception du monde, il n'existe aucun moyen de supprimer l'observateur – c'est-à-dire nous.

Les développements de la physique sont tels que le réalisme devient difficile à défendre. En physique classique (la physique newtonienne, qui décrit bien nos expériences quotidiennes), l'interprétation de termes tels qu'« objet » et « position » est pour l'essentiel en harmonie avec notre compréhension « réaliste », de bon sens, de ces concepts. Mais nous sommes des instruments de mesure grossiers. Les physiciens ont découvert que les objets qui nous entourent et la lumière grâce à laquelle nous les voyons sont constitués d'objets (tels les électrons et les photons) que nous ne percevons pas directement. Ces objets ne sont pas régis par les lois de la physique classique, mais par celles de la théorie quantique.

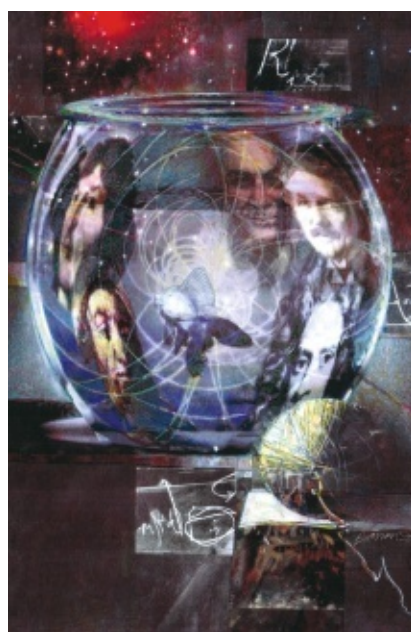
La réalité de la théorie quantique est en rupture radicale avec celle de la physique classique. En théorie quantique, les particules n'ont ni position définie ni vitesse définie avant qu'un observateur ne mesure ces quantités. Dans certains cas, des objets individuels n'ont même pas d'existence indépendante, mais existent seulement en tant que partie d'un ensemble. La physique quantique a aussi des implications importantes sur notre conception du passé. Alors que la physique classique voit le passé comme une série définie d'événements, en physique quantique le passé, comme le futur, n'existent qu'en tant qu'éventail de possibilités. Même l'Univers dans son ensemble n'a pas de passé unique. La physique quantique implique donc une réalité différente de celle de la physique classique, même si cette dernière correspond à notre intuition et nous est fort utile pour construire des immeubles ou des ponts.

Ces exemples nous amènent à une conclusion importante : il n'y a pas de concept de réalité indépendant de toute représentation ou théorie. C'est pourquoi nous préconisons plutôt un « réalisme dépendant du modèle ». Dans cette vision, une théorie physique ou une représentation du monde n'est qu'un modèle et un ensemble de règles qui relient les éléments du modèle aux observations. Il est alors vain de se demander si un modèle est réel ; il importe seulement qu'il soit en accord avec les observations. Si deux modèles sont compatibles avec les

observations, aucun des deux ne peut être considéré plus réel que l'autre.

Plusieurs réalités selon le point de vue ?

L'idée de réalités alternatives est l'un des piliers de la culture populaire moderne. Par exemple, dans le film *Matrix*, les hommes vivent sans le savoir dans une réalité virtuelle créée par des ordinateurs intelligents ; le but de ces machines est de maintenir les humains dans une léthargie satisfaite et paisible, afin de pouvoir pomper leur « énergie bioélectrique » (allez savoir ce que c'est...). Le film pose une



COMME UN POISSON ROUGE dans son bocal, nous sommes enfermés dans un point de vue sur l'Univers. Nous pouvons modéliser ce qui se passe hors du bocal, mais sans nous affranchir de notre point de vue. Dès lors, il est peut-être inévitable que la quête d'une théorie du Tout produise plusieurs solutions, impossibles à unifier sans la possibilité d'un regard... extérieur à l'Univers ?

bonne question : comment pouvons-nous être sûrs que nous ne sommes pas des êtres peuplant un monde factice ?

Si nous vivions dans un monde synthétique imaginaire, les événements s'y déroulant n'auraient pas nécessairement de logique ou de cohérence, ou n'obéiraient pas forcément à des lois. Les maîtres nous contrôlant pourraient trouver intéressant ou amusant de tester nos réactions, par exemple en nous faisant brus-

quement décider de tous haïr le chocolat, ou que la guerre est inévitable, mais rien de cela n'est arrivé. Si ces maîtres supposés imposaient des lois cohérentes, nous n'aurions aucun moyen de savoir qu'il existe une autre réalité derrière la réalité simulée. Il est facile d'étiqueter le monde des maîtres comme « réel », et le monde engendré par ordinateur comme « faux ». Mais, si (comme nous), les êtres du monde virtuel ne pouvaient voir dans leur univers depuis l'extérieur, quelles raisons auraient-ils de mettre en doute leur propre vision de la réalité ?

Les poissons rouges sont dans une situation identique. Depuis leur bocal courbe, ils ne voient pas la même chose que nous qui regardons du dehors, mais ils pourraient néanmoins formuler des lois gouvernant le mouvement des objets extérieurs au bocal. Par exemple, puisque la lumière est défléchie en passant de l'air à l'eau, un objet qui est pour nous sur une trajectoire rectiligne serait perçu par le poisson rouge comme décrivant une trajectoire courbe. Depuis leur référentiel déformé, les poissons savants pourraient formuler des lois toujours vérifiées et autorisant des prédictions sur le mouvement des objets extérieurs au bocal. Leurs lois seraient plus compliquées que dans notre référentiel, mais la simplicité est une question de goût ! Si les poissons rouges formulaient une telle théorie, nous devrions admettre que leur vision est une représentation valable de la réalité.

Un exemple concret et célèbre de représentations différentes de la réalité est le contraste entre le modèle du cosmos de Ptolémée (centré sur la Terre) et celui de Copernic (centré sur le Soleil). On a beau dire que Copernic a donné tort à Ptolémée, cela n'est pas vrai. Comme dans le cas de notre vision opposée à celle du poisson rouge, on peut utiliser l'une ou l'autre représentation comme modèle de l'Univers, parce que nous pouvons expliquer nos observations de la voûte céleste indifféremment en supposant que la Terre ou que le Soleil est au repos. En dépit de son rôle dans les débats philosophiques sur la nature de notre Univers, le véritable avantage du système copernicien est que les équations du mouvement sont beaucoup plus simples dans le référentiel où c'est le Soleil qui est au repos.

Le réalisme dépendant du modèle s'applique non seulement aux modèles scientifiques, mais aussi aux modèles men-

taux conscients et subconscients que nous créons tous pour interpréter et comprendre le monde de tous les jours. Par exemple, le cerveau humain traite les données brutes du nerf optique, combinant les données des deux yeux, augmentant la résolution et comblant les lacunes telles que celle du point aveugle de la rétine. De plus, il crée l'impression d'un espace tridimensionnel à partir des données bidimensionnelles de la rétine. Quand vous voyez une chaise, vous avez simplement utilisé la lumière diffusée par la chaise pour construire une image mentale, c'est-à-dire un « modèle » de la chaise. Le cerveau est tellement doué pour construire des modèles que si l'on équipe les gens de lunettes qui renversent l'image, leur cerveau change le modèle de telle sorte qu'ils voient à nouveau les choses dans le bon sens... et, avec un peu de chance, avant qu'ils aient le temps d'essayer de s'asseoir !

Cinq théories ultimes ?

Dans la quête pour découvrir les principes ultimes de la physique, aucune approche n'a suscité autant d'espoirs que la théorie des cordes. Cette théorie a été proposée dans les années 1970 comme tentative d'unification des quatre interactions fondamentales de la nature en un cadre cohérent ; elle visait particulièrement à faire entrer la gravitation dans le cadre de la théorie quantique. Toutefois, dès le début des années 1990, les physiciens se sont aperçus que la théorie des cordes souffrait d'un malencontreux défaut : en fait, il y en a cinq différentes ! Pour ceux qui poussaient « la » théorie des cordes en tant que « théorie du Tout », c'était pour le moins embarrassant.

Au milieu des années 1990, les chercheurs ont commencé à découvrir que ces différentes théories (à laquelle s'ajoutait désormais la supergravité) décrivent en fait le même phénomène, ravivant leur espoir d'en faire finalement une théorie unifiée. Ces théories sont effectivement reliées par ce que les physiciens nomment des dualités, qui sont une sorte de dictionnaire mathématique pour traduire les concepts dans un sens ou dans l'autre. Malheureusement, chaque théorie n'est une bonne description des phénomènes que dans un ensemble donné de conditions (par exemple, uniquement pour les basses énergies). Aucune ne peut décrire à elle seule tous les aspects de l'Univers.

Les théoriciens des cordes sont maintenant convaincus que les cinq théories des cordes différentes sont juste différentes approximations d'une théorie plus fondamentale qui serait la « théorie M » (personne ne semble savoir à quoi correspond ce M. Il pourrait désigner le terme « maîtresse », « miracle » ou « mystère », ou les trois). On essaye encore de déchiffrer la nature de la théorie M, mais il semble que l'attente habituelle d'une théorie unique de la nature ne soit pas tenable, et que pour décrire l'Univers, il nous faudra appliquer différentes théories dans différentes situations.

Un réseau de théories

Ainsi, la théorie M n'est pas une théorie au sens classique du terme, mais un réseau de théories. Elle est comparable à une carte géographique. Pour représenter fidèlement l'ensemble de la Terre sur une surface plane, on doit recourir à un ensemble de cartes, qui couvrent chacune une région limitée. Les cartes se recouvrent à certains endroits, et là où il y a chevauchement, elles montrent le même paysage. De même, les différentes théories de la famille de la théorie M peuvent sembler très différentes, mais on peut les considérer comme des versions de la même théorie sous-jacente. Elles prédisent toutes les mêmes phénomènes là où elles se chevauchent, mais aucune ne fonctionne bien dans toutes les situations.

À chaque fois que nous développons un modèle de l'Univers qui fonctionne bien, nous avons tendance à attribuer à ce modèle la qualité de réalité ou de vérité absolue. Mais la théorie M, comme dans l'exemple du poisson rouge, montre qu'une même situation physique peut être modélisée de différentes façons, utilisant chacune des éléments fondamentaux et des concepts différents.

Il se pourrait que pour décrire l'Univers, nous ayons à appliquer différentes théories dans différentes situations. Chaque théorie peut avoir sa propre version de la réalité, mais d'après le réalisme dépendant du modèle, cette diversité est acceptable, et on ne peut dire d'aucune version qu'elle est plus réelle qu'une autre. Ce n'est pas ce que les physiciens attendaient *a priori* d'une théorie de la nature, et cela ne correspond pas non plus à l'idée que l'on se fait d'ordinaire de la réalité. Mais l'Univers est peut-être ainsi. ■

LES AUTEURS



Stephen HAWKING, professeur émérite de mathématiques à l'Université de Cambridge, en Grande-Bretagne, est l'auteur de travaux essentiels à la compréhension moderne des trous noirs et des débuts de l'Univers. Leonard MLODINOW est physicien théoricien à l'Institut de technologie de Californie.

✓ BIBLIOGRAPHIE

S. Hawking et L. Mlodinow, *The Grand Design*, Bantam Books, 2010.

J. Maldacena, *La gravité est-elle illusion ?*, *Pour la Science*, n° 339, janvier 2006.

M. J. Duff, *Les nouvelles théories des cordes*, *Pour la Science*, n° 246, avril 1998.