

la détermination des facteurs premiers d'un énorme entier N . Supposons que N soit si énorme que, même si toute la matière de l'Univers avait été utilisée pour construire un ordinateur classique qui calculerait depuis que l'Univers existe, cette machine ne serait toujours pas capable de factoriser N . Or un ordinateur quantique pourra fournir les facteurs premiers rapidement, clef sans laquelle le problème mathématique resterait sans solution. Autrement dit, la physique quantique permettrait aux mathématiques de repousser leurs limites.

Puisque de nouveaux types de calculs sont possibles grâce aux phénomènes quantiques, pourquoi les physiciens ont-ils craint que la théorie quantique limite le progrès scientifique ? La réponse remonte à l'époque où cette théorie est née sous le nom de mécanique quantique. Erwin Schrödinger (1887-1961), l'un de ses pères, puisqu'il est l'auteur de son équation fondamentale, prévint un jour son auditoire qu'il allait dire quelque chose qui pouvait être considéré comme insensé : il déclara alors que son équation décrit toutes les évolutions possibles d'une particule, lesquelles ne sont « pas des alternatives, mais se produisent vraiment toutes simultanément ». Ce lauréat du prix Nobel de physique de 1933 ne faisait en fait qu'affirmer que son équation décrit la réalité ! Pour autant, Schrödinger éprouvait par avance le besoin de se défendre du risque qu'on le prenne pour un fou.

Une philosophie qui s'est égarée

Pourquoi en était-il ainsi ? Parce qu'au début du XX^e siècle, la plupart des physiciens étaient sous l'influence de doctrines philosophiques entravant l'acquisition de nouveaux savoirs. La physique fondamentale est en fait si intimement liée à la philosophie qu'au début du XX^e siècle, l'influence de cette dernière a pu avoir des effets nocifs sur des parties entières de la physique. Ces doctrines problématiques sont l'empirisme logique (« Si ce n'est pas vérifiable par l'expérience, cela n'a pas de sens. »), l'instrumentalisme (« L'essentiel est que les prédictions marchent, inutile de se préoccuper de ce qui les amène. ») et le relativisme philosophique (« Les affirmations ne sont pas objectivement vraies ou fausses, elles ne sont que légitimes ou illégitimes dans une culture particulière. »).

Tous ces courants ont en commun de s'opposer au réalisme philosophique, à savoir à l'idée pleine de bon sens que le monde physique existe et que la méthode scientifique permet d'accumuler des connaissances sur lui.

C'est dans cette atmosphère philosophique que le physicien Niels Bohr a développé son influente interprétation de la théorie quantique, qui nie la possibilité de parler de phénomènes comme s'ils existaient objectivement. On n'y est pas autorisé à se demander quelles valeurs prennent les grandeurs physiques tant qu'on ne les mesure pas. Les physiciens, qui, par vocation, ne peuvent s'empêcher de se poser de telles questions, ont essayé de ne plus le faire, et la plupart d'entre eux ont formé leurs étudiants à ne pas le faire. La théorie à la pointe du domaine scientifique le plus fondamental semblait contredire l'existence même d'une réalité physique connaissable objectivement.

Certains philosophes, tels Bertrand Russell et Karl Popper, n'ont pas abandonné le réalisme. Tous les physiciens non plus : Einstein (1879-1955) et David Bohm (1917-1992) se sont opposés au courant dominant, puis Hugh Everett (1930-1982) a proposé que les quantités physiques prennent réellement plus d'une valeur à la fois (ce qui est notre vision des choses). Toutefois, dans l'ensemble, les philosophes ne se sont pas intéressés vraiment à la réalité, et même si les physiciens ont continué à se servir de la théorie quantique dans un grand nombre de leurs domaines, la recherche sur la nature exacte des phénomènes physiques s'est égarée.

La situation s'améliore depuis deux ou trois décennies, et l'on peut dire que c'est la physique qui a remis la philosophie sur les rails. Les gens veulent de toute façon comprendre la réalité, et nous dépassons enfin les limites assignées par des points de vue philosophiques néfastes.

Et si la théorie quantique finit par être réfutée, de sorte que des barrières plus fondamentales empêchent la construction d'ordinateurs quantiques ? Ce serait stimulant, car cela nous permettra non seulement de faire évoluer la physique fondamentale, mais aussi sans doute d'envisager des techniques de calcul encore plus fascinantes. La théorie de « ce qui met la théorie quantique en défaut » ne peut qu'être prometteuse, de sorte que, d'une façon ou d'une autre, il n'y aura pas de limite au savoir et au progrès. ■



LA GRAVURE DE FLAMMARION, qui date du XIX^e siècle, soulève la question des limites à la connaissance et de la possibilité de les franchir.

■ BIBLIOGRAPHIE

D. Deutsch, *The Beginning of Infinity : Explanations That Transform the World*, Penguin, 2011.

Le monde quantique, *Dossier Pour la Science* n° 68, juillet-septembre 2010.

C. Monroe et D. Wineland, *Calcul quantique avec des ions*, *Pour la Science*, n° 374, décembre 2008.

S. Aaronson, *Les limites du calcul quantique*, *Pour la Science*, n° 367, mai 2008.

J. Horgan, *L'ordinateur en mathématiques*, *Pour la Science*, n° 194, décembre 1993.

Des animaux

L'ESSENTIEL

■ Récemment encore, les spécialistes du comportement animal renonçaient à attribuer aux animaux des émotions humaines, tel le chagrin.

■ Un nombre croissant d'indices suggèrent que des animaux aussi variés que les dauphins ou les canards sont affectés par la mort de congénères proches.

■ Ces observations soulèvent la question du deuil chez l'animal.

Tim Flach, Getty Images

en deuil ?

Barbara King

Selon un nombre croissant de témoignages, le comportement de multiples animaux, sauvages ou domestiques, est perturbé par la mort d'un proche. Ces animaux éprouveraient-ils du chagrin ?

Au large du golfe d'Arta, en Grèce, à bord d'un navire de recherche, Joan Gonzalvo observe un grand dauphin femelle, à l'évidence en détresse. Inlassablement, à contre-courant, elle pousse de son rostre et de ses nageoires pectorales un nouveau-né, sans doute le sien. Le petit est mort. Flottant en plein soleil, il ne tarde pas à se décomposer. De temps à autre, la mère ôte des lambeaux de chair et de peau du corps sans vie. Le deuxième jour, la femelle n'a pas abandonné son petit. Son cas commence à inquiéter J. Gonzalvo et ses collègues. Non seulement elle s'agite toujours autour du cadavre, mais elle ne s'alimente pas normalement, ce qui est risqué pour sa santé, car les dauphins ont un métabolisme élevé. Parmi les 150 dauphins du golfe d'Arta, trois de ses congénères s'approchent, mais aucun ne vient perturber la mère, ni ne la suit.

On est en 2007. Biologiste marin à l'Institut de recherche Tethys, à Milan en Italie, J. Gonzalvo décide de ne pas récupérer le corps du petit pour effectuer une autopsie, comme il l'aurait fait en temps ordinaire dans le cadre de ses recherches. « Je ne suis pas intervenu par respect », m'a-t-il raconté. « Nous avons été les témoins privilégiés de

ce lien évident qui unit les mères et leurs petits chez les grands dauphins. Je les étudie depuis plus de dix ans et il était beaucoup plus intéressant pour moi d'observer ce comportement naturel que de l'interrompre en interférant de façon abrupte et en troublant cette mère visiblement plongée dans un grand désarroi. Selon moi, elle était en train de faire le deuil de son enfant. »

Définir le deuil

La mère ressentait-elle vraiment de la douleur face à la mort de son petit ? Ou était-elle seulement perturbée par le fait de ne plus le voir bouger ? Nombre d'histoires de ce type, rapportées ces dernières années sur des animaux variés – cétacés, grands singes, éléphants et quantités d'autres espèces allant des animaux d'élevage à ceux de compagnie –, témoignent de comportements altérés en réaction à la mort d'un proche et soulèvent la question du deuil chez les animaux. Toutefois, le sujet est délicat. Il est aisé de projeter sur des animaux des émotions humaines, tel le chagrin, et de laisser ces interprétations anthropomorphiques et sentimentales prendre le pas sur la démarche scientifique.

Depuis deux siècles, les scientifiques débattent avec vigueur de l'aptitude des animaux à exprimer des émotions autres que celles associées au soin parental, à la survie ou à la reproduction. Dans ses ouvrages *La descendance de l'homme et la sélection sexuelle* (1871) et *L'expression des émotions chez l'homme et chez les animaux* (1872), Charles Darwin soutient que les animaux « supérieurs » tels que les primates éprouvent et expriment des émotions semblables à celles des hommes, à des degrés différents. Pour lui, ces similitudes s'éclairent quand on considère que ces espèces et les hommes ont un ancêtre commun. Darwin pense, par exemple, que les singes éprouvent des sentiments tels que la peine, la jalousie, le plaisir ou la contrariété. Or attribuer de telles émotions aux animaux va à l'encontre des raisonnements scientifiques de l'époque. Au début du XX^e siècle, l'approche comportementaliste prévaut : on ne peut étudier avec rigueur que les comportements observables chez les animaux et non leur vie intérieure.

Peu à peu, l'intérêt scientifique pour les émotions animales a grandi, en partie grâce à des anecdotes récoltées sur le terrain lors d'études à long terme sur des mammifères dotés d'un gros cerveau. En Tanzanie, Jane