

> Au-delà de ces critiques ciblées, c'est le modèle même de l'utilité espérée que la théorie des perspectives remet en question. Ce modèle tire ses racines historiques de la réponse que Pascal donna au chevalier de Méré lorsque ce dernier lui demanda s'il y avait une façon rationnelle de se conduire devant les jeux de hasard. Le philosophe répondit qu'en effectuant une moyenne des divers gains possibles pondérée par les probabilités correspondantes, on pouvait inférer la somme qu'il était raisonnable d'accepter de miser, ce qui définissait ainsi le calcul de l'espérance mathématique. Par exemple, le prix d'équilibre d'un billet de loterie qui vous propose de gagner 500 euros avec 1 chance sur 10 est de 50 euros.

Très vite, on s'aperçut cependant que cette solution posait un problème nommé paradoxe de Saint-Petersbourg. Énoncé notamment en 1713 par Nicolas Bernoulli, ce paradoxe montre que la logique ordinaire ne peut se résoudre à suivre les conseils du calcul mathématique. Supposons un jeu à pile ou face où l'on s'arrête lorsque le côté face est obtenu, et où le joueur gagne 2^n euros si le côté face est obtenu au n -ième jet. La question est : quel coût d'entrée doit-on accepter de payer pour participer à ce jeu, sachant que la somme mise est définitivement perdue ?

La plupart d'entre nous ne serions pas prêts à miser une somme importante, alors même que l'espérance mathématique du gain est infinie. Daniel Bernoulli (le cousin de Nicolas) proposa une réponse à ce paradoxe en 1738, en distinguant entre une somme d'argent et l'utilité de cette somme. Par utilité, on entend la valeur psychologique qu'un individu attribue à un objet ou à une ligne de conduite. Bernoulli souligna que l'utilité d'un petit accroissement de la richesse est inversement proportionnelle à la quantité des biens déjà possédés. Il identifiait ainsi, pour la première fois, ce que l'on nomme aujourd'hui en économie la décroissance de l'utilité marginale.

La théorie des perspectives a remis profondément en question la théorie de l'utilité espérée, qui avait longtemps permis de modéliser la décision humaine. Un simple exemple suffit à le faire comprendre. Si l'on propose de choisir entre deux options, gagner 900 euros ou avoir 90 % de chances de gagner 1000 euros, beaucoup choisiront la certitude de gagner plutôt que le pari. En revanche, si l'on propose de perdre 900 euros ou d'avoir 90 % de chances de perdre 1000 euros, beaucoup choisiront cette fois le pari, en parfaite contradiction avec la cohérence que suppose le modèle de l'utilité espérée.

Ainsi, la détermination de l'utilité psychologique ne dépend pas seulement de l'état de la richesse, mais aussi de la référence à partir de laquelle la décision sera prise. C'est

précisément l'un des trois points fondamentaux de la théorie des perspectives. L'exemple que Daniel Kahneman propose lui-même pour faire comprendre cette idée est celui de la perception sensorielle. La température subjective de l'eau ne sera pas évaluée de la même façon selon qu'on l'estime par rapport à un point de référence plus chaud ou plus froid. C'est pourquoi, par exemple, la différence subjective entre 900 et 1000 euros est beaucoup moins importante qu'entre 100 et 200 euros.

De la même façon, il existe une asymétrie psychologique entre les perspectives positives et négatives, ce dont ne rend pas compte la théorie de l'utilité espérée. Amos Tversky et Daniel Kahneman ont montré avec leurs expériences que, à l'évidence, les pertes ont plus d'impact

Psychologiquement et en moyenne, il faut 2,50 euros de gain pour compenser 1 euro de perte

sur nos décisions que les gains équivalents. Autrement dit, pour la plupart d'entre nous, la peur de perdre 100 euros est plus intense que l'espoir d'en gagner 130. Ils ont même pu montrer qu'il faut en moyenne 2,50 euros de gain pour compenser 1 euro de perte.

La théorie des perspectives est-elle une véritable révolution scientifique au sens de Thomas Kuhn ? Peut-être pas, car, comme l'a souligné avec beaucoup de sagesse Daniel Kahneman lui-même, le modèle de l'utilité espérée, malgré ses imperfections, rend encore de beaux services à la modélisation des phénomènes économiques.

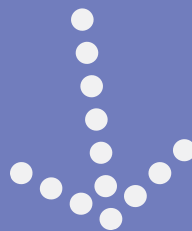
Au-delà de ce dialogue avec les sciences économiques orthodoxes, les deux psychologues ont engagé une cartographie de l'erreur humaine qui n'a pas fini de faire sentir ses influences dans l'ensemble des sciences humaines et sociales. Cette entreprise de caractérisation du jugement humain et de ses erreurs systématiques permet en effet de mettre au jour des invariants mentaux qui instruisent tout autant l'anthropologie que les sciences de l'éducation ou la sociologie contemporaine. Elle a même une influence notable sur l'originale et récente théorie du *nudge*, relative aux incitations indirectes et positives capables d'orienter notre comportement et nos décisions. ■

BIBLIOGRAPHIE

R. Thaler et C. Sunstein, **Nudge**, Penguin Books, 2008.

A. Tversky et D. Kahneman, **Advances in prospect theory : Cumulative representation of uncertainty**, *Journal of Risk and Uncertainty*, vol. 5(4), pp. 297-323, 1992.

D. Kahneman et A. Tversky, **Prospect theory : An analysis of decision under risk**, *Econometrica*, vol. 47(2), pp. 263-292, 1979.



les conférences

Au Palais de la découverte Entrée libre dans la limite des places disponibles

Cycle de 5 conférences

> **Les samedis à 15h**

■ Vers le meilleur des mondes ?

Robots enseignants, robots empathiques pour personnes âgées, commandes par la pensée... Vers quel monde mènent les machines à l'intelligence et à l'affection artificielles ?

18 novembre

Aux sources du numérique

Avec Emmanuel Lazard, maître de conférences en informatique à l'université Paris-Dauphine ; Pierre Mounier-Kuhn, historien, chercheur au CNRS et à l'université de Paris-Sorbonne.

25 novembre

Quand les robots sèment le trouble

Avec Laurence Devillers, professeure à l'université Paris-Sorbonne IV et chercheuse au Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur (Limsi) du CNRS, membre de la Cerna d'Allistène.

2 décembre

Le numérique au secours du cerveau humain

Avec Olivier Colliot, chercheur au CNRS, responsable de l'équipe Aramis (équipe de recherche commune à l'Inria, l'université Pierre-et-Marie-Curie, l'Inserm et le CNRS), de l'Institut du cerveau et de la moelle épinière (ICM).

9 décembre

Écrire à la vitesse de la pensée ?

Avec Fabrizio De Vico Fallani, chercheur de l'équipe Aramis, ICM.

16 décembre

La preuve par les faits à l'ère du Big Data

Avec Claudine Schwartz, professeur des universités en mathématiques, à l'université Joseph-Fourier de Grenoble.



© Garrett Ziegler-Flickr

En partenariat avec



Avec le soutien de



La machine d'Anticythère, premier calculateur analogique connu, trouvée en 1901 dans l'épave d'une galère romaine.



1980 L'astéroïde qui extermina les dinosaures

Il y a 66 millions d'années, plus de 70 % des espèces vivantes, dont les dinosaures, ont disparu de la surface du globe. Si l'hypothèse « météorite » explique cette extinction massive, elle a été longue à admettre.

Il y a environ 66 millions d'années, la vie sur Terre a connu une immense crise, avec une extinction massive d'espèces qui l'a fait changer d'ère : on est passé du Crétacé au Tertiaire. Les causes de cette crise restent discutées, mais l'une d'entre elles domine depuis que, le 6 juin 1980, la revue *Science* publia un article qui allait provoquer une véritable révolution dans les sciences géologiques et paléontologiques.

Ses auteurs étaient le physicien Luis Alvarez, son fils le géologue Walter Alvarez et les géochimistes Frank Asaro et Helen Michel, tous travaillant à Berkeley, en Californie. Ce qu'ils annonçaient au monde scientifique était d'abord une découverte tout à fait factuelle. En étudiant en détail la succession des couches

sédimentaires déposées en milieu marin lors de la transition entre le Crétacé et le Tertiaire, au voisinage de la ville italienne de Gubbio, ils avaient remarqué qu'une mince couche d'argile correspondant précisément à cette limite contenait une concentration énorme en iridium, un métal normalement très rare dans la croûte terrestre, mais beaucoup plus abondant dans certaines météorites.

Des analyses réalisées sur un niveau similaire au Danemark et en Nouvelle-Zélande montraient qu'il s'agissait d'un phénomène mondial. Pour l'expliquer, les chercheurs invoquaient la collision avec la Terre d'une énorme météorite (un astéroïde), d'un diamètre d'environ 10 kilomètres, dont les retombées auraient donné naissance au niveau enrichi en iridium.

L'AUTEUR



ERIC BUFFETAUT
paléontologue
au CNRS, laboratoire
de géologie de l'École
normale supérieure
(Paris)



Les conséquences de cet impact, cependant, allaient bien au-delà de l'anomalie géochimique, car la limite Crétacé-Tertiaire coïncide avec une extinction majeure: c'est à cette époque que disparaissent les dinosaures et bien d'autres organismes (on estime que près de 70% des espèces qui existaient à la fin du Crétacé se sont éteintes). Selon le groupe de chercheurs de Berkeley, l'impact météoritique était la cause de cette extinction massive, principalement parce que l'énorme quantité de poussière injectée dans la stratosphère aurait bloqué les rayons du soleil pendant plusieurs années. La surface du globe étant alors plongée dans l'obscurité, l'absence de photosynthèse aurait entraîné un effondrement des chaînes alimentaires, d'où l'extinction de nombreuses espèces, tant terrestres que marines.

© Mark Garlick / Gettyimages.com

BIBLIOGRAPHIE

E. Buffetaut, Sommes-nous tous voués à disparaître ? Idées reçues sur l'extinction des espèces, Le Cavalier Bleu, 2012.

Le monde des dinosaures, Dossier Pour la Science, n° 48, juillet-sept. 2005.

L. W. Alvarez et al., Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction, *Science*, vol. 208, pp. 1095-1108, 1980.

Cette hypothèse proposait ainsi une explication plausible à ce vieux mystère qu'était la disparition des dinosaures. Pourtant, les réactions de la communauté scientifique furent très contrastées. Si beaucoup d'astronomes et de physiciens accueillirent favorablement cette explication étayée par des données concrètes et qui tenait compte du fait que les traces d'impacts météoritiques sont légion dans le Système solaire (l'exemple le plus parlant étant sans doute la surface de la Lune), beaucoup de géologues et de paléontologues se montrèrent sceptiques, voire hostiles.

En effet, l'idée d'un cataclysme d'origine extraterrestre allait à l'encontre du dogme régnant sur les sciences de la Terre depuis le XIX^e siècle, en réaction notamment aux idées de Cuvier sur les «révolutions du globe», dogme suivant lequel tout événement catastrophique devait être banni des tentatives d'explications des phénomènes géologiques et biologiques survenant à la surface de notre planète. Un phénomène extraterrestre paraissait particulièrement inacceptable à certains chercheurs.

Toutes les explications imaginables furent alors proposées, parfois avec une certaine mauvaise foi, pour trouver des causes purement terrestres à l'enrichissement en iridium. Dans la décennie 1980, la controverse battit son plein, avec une profusion d'articles contradictoires.

L'IMPACT LOCALISÉ AU MEXIQUE

Alors que les indices géochimiques et minéralogiques en faveur d'un impact d'astéroïde s'accumulaient, un point d'interrogation demeurait: une aussi gigantesque collision aurait dû laisser un énorme cratère à la surface du globe. Il fallut un peu plus de dix ans pour que celui-ci fût localisé, à cheval sur la côte nord de la péninsule du Yucatán et sur le golfe du Mexique.

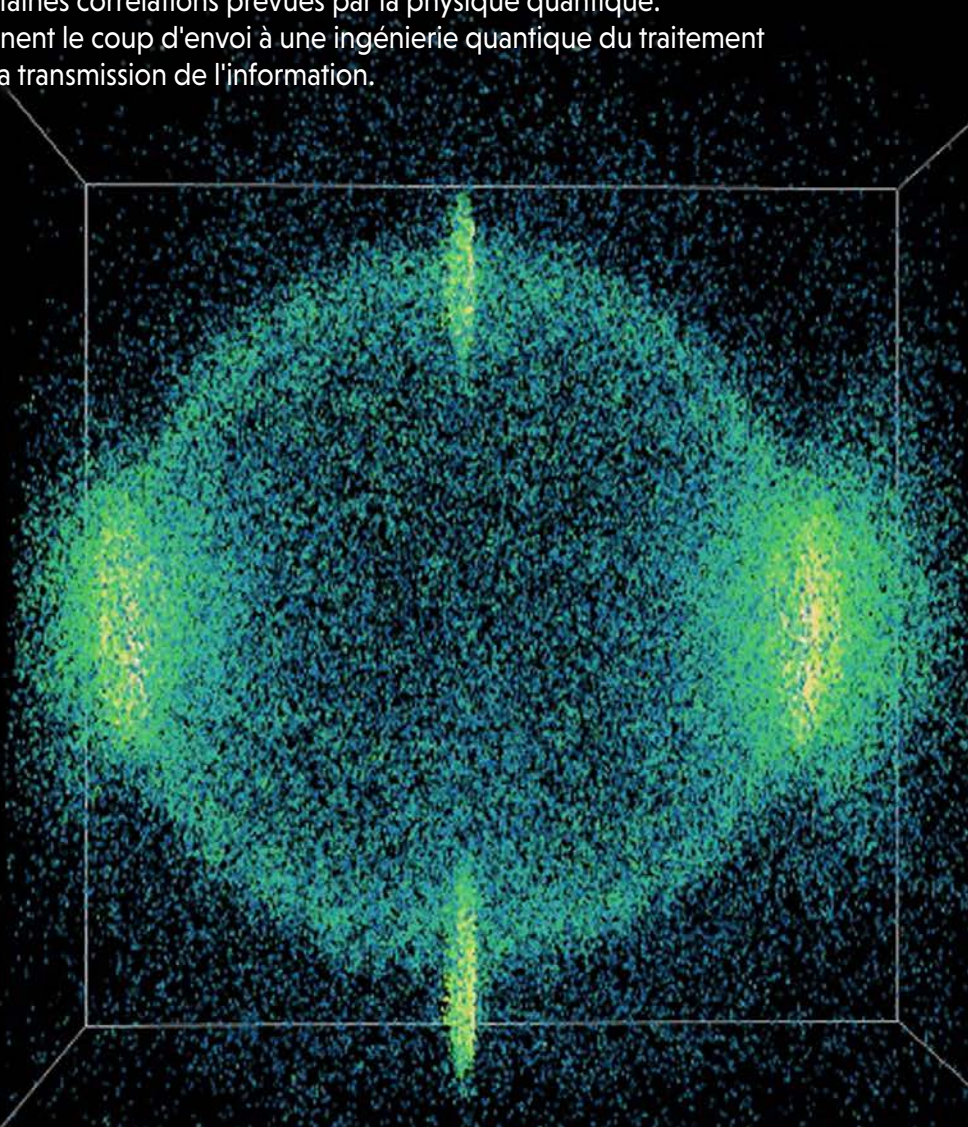
Cette immense structure géologique, dont le centre est comblé de sédiments et les bords arasés par l'érosion, n'a pu être découverte que grâce à des sondages et des études géophysiques (notamment sur les variations de la gravité), qui ont révélé un vaste cratère circulaire. Les études géologiques ont montré la présence de roches broyées typiques d'un impact météoritique et les datations indiquent que la formation du cratère est bien contemporaine de la couche enrichie en iridium et des extinctions de la limite Crétacé-Tertiaire.

Le cratère de Chicxulub, ainsi nommé d'après le nom maya d'une localité du Yucatán, est donc la trace laissée par la collision de l'astéroïde avec la Terre, qui provoqua il y a quelque 66 millions d'années une dévastation globale des écosystèmes et fut ainsi la cause de l'extinction en masse de la fin du Crétacé. La majorité des géologues et des paléontologues est désormais acquise à cette explication. ■

1982 Intrication quantique

Le débat Bohr-Einstein tranché par l'expérience

Des tests expérimentaux démontrent en 1982 la nature non locale de certaines corrélations prévues par la physique quantique. Et donnent le coup d'envoi à une ingénierie quantique du traitement et de la transmission de l'information.



À l'Institut d'optique, l'équipe d'optique quantique atomique prépare un test des inégalités de Bell avec des atomes et non plus des photons. Les expériences portent sur des paires d'atomes d'hélium métastables intriqués et émis dans des directions opposées. Les corrélations sont déterminées à partir des distributions de vitesse des atomes, comme celle visualisée sur cette image informatique des atomes individuels dans l'espace des vitesses.