

L'ESSENTIEL

● La notion de cause a connu des fortunes diverses au cours des siècles et a cédé la place, en science, au principe de causalité.

● La science a continué de se bâtir sur des théories physiques et des lois universelles.

● Aujourd'hui, l'essor du *big data* s'accompagne d'une possible nouvelle science fondée sur les corrélations. Est-ce la fin de la théorie ?

● Si elle peut remporter quelques succès, cette voie ne conduira jamais à des théories du niveau de la relativité générale.

L'AUTEUR



ÉTIENNE KLEIN
est philosophe des sciences et
directeur de recherche au CEA.

Vers une nouvelle SCIENCE ?

Aux échecs, au jeu de go, le silicium écrase parfois le neurone. Est-ce une raison pour confier à des machines, gavées de données, l'activité scientifique de demain ?



Cet article est extrait en partie du livre *Matière à contredire*, essai de philo-physique, à paraître le 7 février 2018 aux Éditions de l'Observatoire.

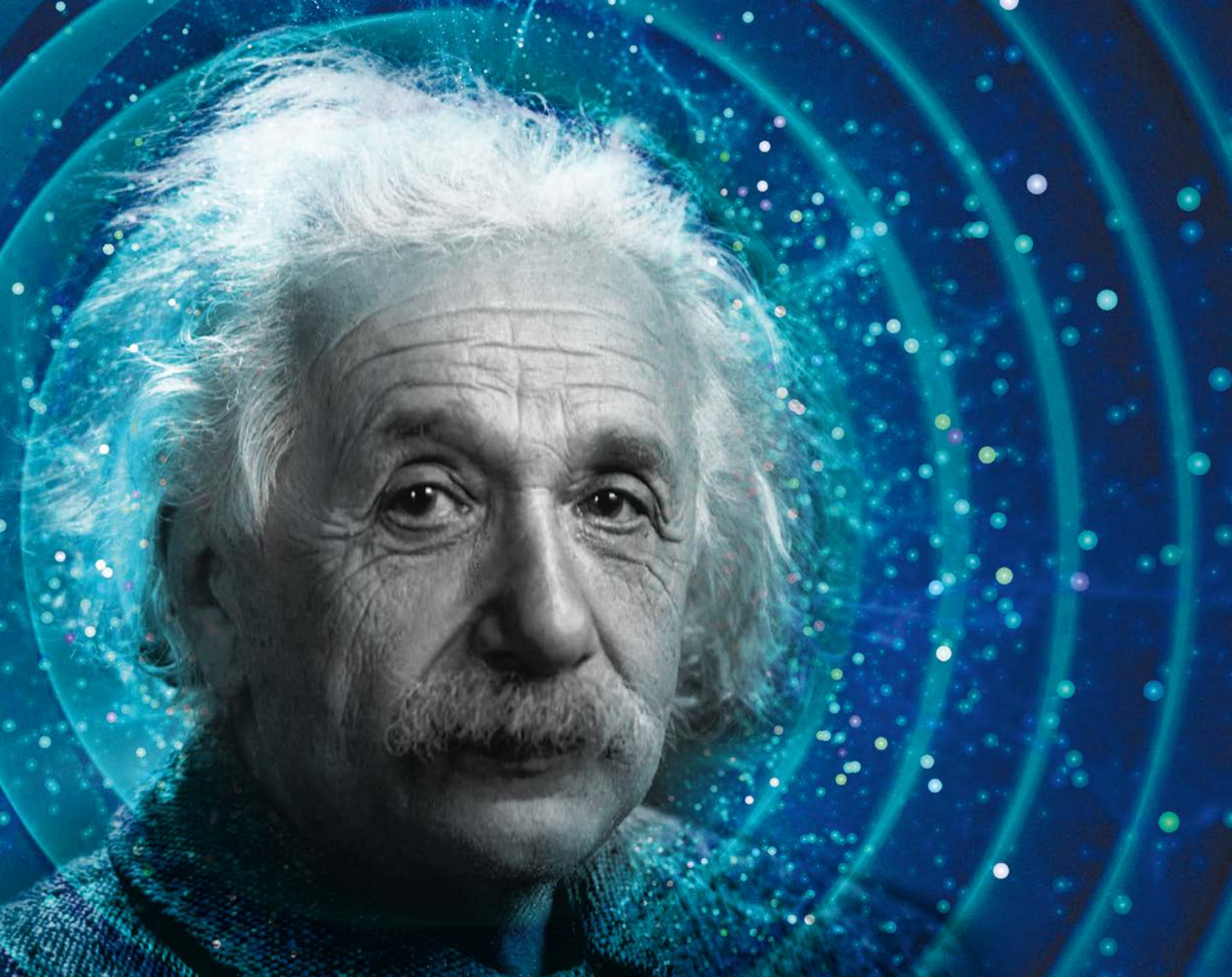
E

n juin 2008, Chris Anderson, rédacteur en chef du magazine *Wired*, publiait un article au titre provocateur : «*The end of theory: The data deluge makes the scientific method obsolete*» («La fin de la théorie : le *big data* rend obsolète la méthode scientifique»). Il y défendait l'idée que lorsque nous disposons de suffisamment de données, les nombres

parleront d'eux-mêmes et les corrélations qu'ils dévoileront remplaceront les relations de causalité que manifestent les lois théoriques. La science changerait alors de visage puisqu'elle pourrait se développer sans plus énoncer d'hypothèses, et sans plus s'appuyer sur des théories explicites. Prophétie ou délire techno-utopiste ?

DE LA MONARCHIE ANGLAISE

Pour trancher, ou au moins disposer d'éléments de réponse, nous devons d'abord revenir sur l'idée de causalité. On dit souvent des sciences dures, notamment de la physique, qu'elles visent à identifier les causes des phénomènes naturels. En réalité, la notion de cause, au sens fort du terme, a posé tant de problèmes aux physiciens qu'ils ont fini par quasiment l'abandonner. Ils ne l'invoquent en tout cas presque plus de façon explicite, même si le concept de cause demeure présent dans certains de leurs discours.



La cause en est (si l'on ose dire) celle identifiée par Bertrand Russell: «Il en va du concept de cause comme de la monarchie anglaise, à savoir qu'on ne l'a laissée survivre que parce qu'on suppose à tort qu'elle ne fait pas de dégâts.» Le mathématicien et philosophe britannique prenait l'exemple de la loi de gravitation afin de montrer comment celle-ci aplatit la notion de causalité. «Dans les mouvements des corps gravitant ensemble, il n'y a rien qui puisse être appelé une cause, et il n'y a rien qui puisse être appelé un effet: il y a là simplement une formule qui permet de calculer la configuration du système à n'importe quel instant.»

Après avoir joué un rôle essentiel dans la physique des ^{xvii}^e et ^{xviii}^e siècles, l'idée de cause a en effet vu son importance décliner en deux étapes. Au ^{xix}^e siècle d'abord, elle s'est effacée au profit de la notion de loi physique, et a pâti de l'assouplissement du déterminisme du fait de l'apparition des probabilités en physique statistique. Ensuite, au ^{xx}^e siècle, la

physique quantique lui a porté le coup de grâce. De fait, l'usage que cette physique fait des probabilités interdit qu'on puisse parler, à propos des processus quantiques, de «cause» au sens strict du terme.

C'est ainsi que, progressivement, l'idée de cause semble avoir été évacuée des théories scientifiques pour se résorber dans la dynamique même des systèmes. Pourtant, le principe de causalité, lui, reste parfaitement vivace! Il stipule que si un phénomène, nommé cause, produit un autre phénomène, nommé effet, alors l'effet ne peut précéder la cause. Désormais épuré de l'idée de cause (on cherche le suffisant et le nécessaire à un événement), le principe de causalité a permis l'élaboration des théories de la physique moderne (physique quantique et théories de la relativité), et il structure en profondeur celles qui sont à l'ébauche: il impose un ordre obligatoire et absolu entre divers phénomènes, sans que l'un puisse être présenté comme la cause de l'autre. >

Pourrions-nous retrouver les équations d'Einstein, qui prévoient notamment les ondes gravitationnelles, à partir du seul *big data* ?

En pratique, le principe de causalité se décline dans les différents formalismes de la physique: il s'adapte à chacun d'eux, y prend une forme qui dépend de la façon dont les événements et les phénomènes sont mathématiquement représentés. Ses conséquences sont toujours extrêmement contraignantes. Elles s'expriment sous la forme d'interdictions ou de prédictions, qui dépendent de façon cruciale de la théorie qu'on considère.

En physique newtonienne, la causalité brise le cercle du temps, celui-ci devenant linéaire et non cyclique. Cette ouverture topologique suffit à assurer qu'un effet ne peut pas rétroagir sur sa propre cause. En relativité restreinte, la causalité interdit qu'une particule puisse se propager plus vite que la lumière dans le vide, car alors elle pourrait voyager dans le passé et éventuellement y changer le cours d'événements qui se sont déjà produits...

En physique des particules, la prise en compte de la causalité a permis de prédire l'existence de l'antimatière, dûment confirmée ensuite par l'expérience.

AU NOM DE LA LOI, AU NOM DE LA CAUSE

Mais dès lors que la physique a renoncé aux causes proprement dites et a dissous l'idée même de causalité dans celle de loi physique, il nous incombe de clarifier cette dernière notion: quel lien peut-il exister entre l'univers physique et les lois universelles qui découlent des théories physiques? En d'autres termes, quel est le statut des lois physiques et comment parviennent-elles à s'appliquer aux objets physiques?

Une première piste consiste à considérer que les lois physiques seraient des produits de l'intellect, ou du moins qu'elles en seraient inséparables. Mais comment la pensée de l'homme, qui n'est qu'une partie micro-infime de l'Univers, parviendrait-elle à saisir la structure du tout qui la contient? Autrement dit, grâce à quelle nature très spéciale les lois physiques pourraient-elles participer à la fois du monde qu'elles structurent et de la pensée qui comprend ce monde? Y aurait-il une parenté de structure, voire une identité, entre l'esprit humain et l'Univers?

On peut préférer considérer, derrière Platon, l'existence de deux mondes distincts; d'une part, celui des formes intelligibles, constitué de réalités immuables et universelles, et faisant l'objet d'une connaissance et d'un discours vrais; d'autre part, celui des choses sensibles, qui ne sont que des copies approximatives des formes pures. En langage moderne, cela reviendrait à dire que les équations mathématiques exprimant les lois physiques sont «transcendantes» et non pas immanentes, c'est-à-dire indépendantes de l'Univers

empirique, et que ce dernier n'en constitue qu'une image mobile et imparfaite.

L'Univers serait en quelque sorte un écho physique dégradé de la pureté mathématique qui le tiendrait sous sa coupe. Mais si tel est le cas, comment le monde des équations parvient-il à structurer «à distance» le monde des phénomènes? Ou, redit en langage platonicien, comment les formes intelligibles participent-elles aux formes sensibles? En guise de réponse à cette question, Platon avait énoncé dans le

**Un algorithme
« naïf » a réussi
à redécouvrir
plusieurs lois
physiques à partir
de données**

Timée deux hypothèses donnant naissance à deux fictions: celle d'un démiurge, qui met en ordre l'Univers, et celle de la *khora*, le matériau sur lequel intervient le démiurge en s'inspirant du mieux qu'il peut, mais de manière infidèle, des formes intelligibles. Comment ces idées pourraient-elles s'adapter à la physique contemporaine, peu friande en démiurges ?

Ces embarras peuvent nous porter à suivre plutôt Spinoza, selon lequel il n'y a qu'un seul et même univers, mais qui se donne sous deux modalités différentes: d'un côté, un univers matériel et spatial, et, de l'autre, un univers législatif contenant des lois, des principes et des règles qui sont accessibles à la pensée. Mais là encore, comment ces deux modalités d'être de l'Univers communiquent-elles? Par quelle médiation les lois de la matière, qui relèvent du deuxième mode, parviennent-elles à s'imposer à la matière, située, elle, dans le premier mode?

On voit par là que les questions les plus vives de la cosmologie contemporaine font lointainement écho aux systèmes philosophiques les plus puissants. Mais parmi toutes ces options, ou d'autres également imaginables, comment choisir ?

La réponse s'annonce d'autant plus délicate qu'un bouleversement est en train de se