



# Journal of Arts & Humanities

Volume 07, Issue 12, 2018: 01-09

Article Received: 23-11-2018

Accepted: 26-11-2018

Available Online: 08-12-2018

ISSN: 2167-9045 (Print), 2167-9053 (Online)

DOI: <http://dx.doi.org/10.18533/journal.v7i10.1535>

## Physique et Philosophie: le Conflit Sur la Nature de la Réalité Dans la Théorie Quantique

Désiré Médégnon<sup>1</sup>

### ABSTRACT

The upheavals related to the quantic revolution have, among other effects, led to the consecration, in the community of physicists itself, of a profound partition as far as fundamental questions of the nature of reality and of the role of physics are concerned. In fact, while the quantum theory, experimentally speaking, can be perfectly trusted and allows correct predictions, the conception of nature which it proposes has raised a deep misunderstanding which, up to date, has not yet found a solution. This reflection examines and tries to understand the nature of such a conflict, since it looks curious that it creates an opposition among the physicists on the issue of quantum properties which are obviously strange, but which are also “scientifically” established, as the non-locality, and the technological fertility the evidences of which are getting numerous. It show that behind what can appear to be a useless controversy in regard to a theory and to established experimental “truths”, we find in fact the confrontation of two philosophical conceptions of the reality: “realism” and “phenomenism”. This confrontation suggest especially is that it is an illusion to defend a quantic theory as being philosophically speaking neutral; the question related to the nature of microphysical particles, and of reality in general, also bear a philosophical dimension, or even a metaphysical dimension to be more precise. In regard to this reason, responses which are just experimental or quantitative are not enough to answer these questions.

**Keywords:** *Certainty, Controversy, Indetermination, Phenomenism, Realism.*

This is an open access article under *Creative Commons Attribution 4.0 License*.

### 1. Introduction

La théorie des *quanta* a provoqué, dès son avènement et sa mise en place (entre 1900 et 1927), un bouleversement d’une ampleur considérable, touchant à la conception que nous nous faisons de la matière et, au-delà, de la réalité, ainsi que du type et du statut de la connaissance que la physique est susceptible de nous en donner (de Broglie, 1966, pp. 13-22; Selleri, 1986; Pharabod et B. Pire, 1993, p. 107; Feyerabend, 2005, pp. 331-341; Kumar, 2011, pp. 451-461). Mais, alors même qu’elle a permis de suppléer aux limites de la physique newtonienne précisément dans le domaine de la microphysique et malgré une accumulation de preuves qui en consolident la validité (Gisin, 2016, pp. 104-141; Pharabod, 2018, p. 161), la

<sup>1</sup> Département de philosophie, Université d’Abomey-Calavi, Bénin. E-mail : demedesirs@gmail.com

physique nouvelle n'a jamais mis d'accord toute la communauté des physiciens. La question se pose alors de savoir ce qui peut expliquer que des acteurs de premier plan de la science physique, comme Einstein, se soient opposés si franchement et si durablement à une théorie qui, tant du point de vue du formalisme mathématique que de celui de la fiabilité expérimentale, est d'une consistance et d'une fiabilité avérées. Qu'est-ce qui fonde la persistance de cette opposition près d'un siècle après la mise en place des principes fondamentaux de la physique quantique, alors même que continuent de s'accumuler les preuves de sa fécondité ? Quel peut être, par ailleurs, l'intérêt ou l'enjeu épistémologique de cette forme de résistance et de contestation d'autant plus curieuse qu'elle ne repose, du moins semble-t-il, sur aucune raison « scientifique » ? Partant de la révolution introduite par la théorie quantique, la présente analyse répond à ces interrogations, s'attachant à montrer que le conflit sur les propriétés de la matière microphysique est, en réalité, d'origine et de nature philosophiques, qu'il renvoie à la confrontation de deux conceptions de la réalité qu'on pourrait bien nommer le « réalisme » et le « phénoménisme », puis à mettre au jour l'intérêt de la dite confrontation pour le procès et le progrès de la recherche.

## 2. Méthodologie

La méthode que nous avons suivie est, on s'en doute analytique et critique. Il s'est agi, précisément, de convoquer l'histoire du conflit qui a très tôt surgi dès les premiers moments de la physique quantique et d'analyser surtout les résistances à ce qu'il est convenu d'appeler l'interprétation orthodoxe. Mais il s'est agi aussi de mettre en perspective la théorie qui voudrait référer ces résistances à une attitude réactionnaire d'autant plus difficile à comprendre que la nouvelle théorie fonctionnait bien. Cette mise en perspective nous a en effet permis, du moins le pensons-nous, de mieux circonscrire l'enjeu et la nature du conflit dont la physique n'a pas cessé d'être le théâtre depuis déjà un siècle. Nous avons ainsi soumis à un examen approfondi la thèse défendue par les physiciens de l'Ecole de Copenhague et celle que lui opposent Einstein ainsi que d'autres théoriciens. En faisant le pari d'aller au-delà des chiffres et donc du formalisme mathématique qui soutient l'édifice de la nouvelle physique, en examinant les positions exprimées par les différentes parties, nous avons pu mettre au jour les présupposés, les *a priori* philosophiques qui orientent et formatent la vision que les physiciens ont de la matière, et plus particulièrement de la nature des objets microphysiques.

## 3. Physique quantique et controverses

Jamais, probablement, dans l'histoire de la physique, et sans doute, de la science de façon générale, une théorie n'aura fait l'objet d'une controverse si profonde et si durable. Il y a presque cent-vingt ans que la théorie des *quanta* a vu le jour, et bientôt un siècle qu'ont été posées les bases fondamentales de la physique quantique. Pourtant, et malgré une solidité théorique et une fiabilité expérimentalement validées, l'accord des acteurs est loin d'être réalisé autour de ladite physique. L'ombre de la physique newtonienne continue de planer, et son esprit n'a visiblement pas cessé de hanter les physiciens, dont une certaine frange reste convaincue que l'humanité détient avec elle, le modèle définitif d'intelligibilité du réel, en tout cas de la matière, qu'elle soit inerte ou vivante, qu'elle soit macroscopique ou microphysique.

Tout est parti de l'étude du rayonnement des corps noirs, plus exactement, de l'élaboration par Max Planck d'une théorie plutôt osée qui, pourtant en totale opposition avec le principe de la continuité de la matière chère à la physique classique et surtout, du moins à ce qu'il paraît, conforme à nos observations, surprenait les physiciens par sa fiabilité. En suggérant l'hypothèse à laquelle il n'aura jamais cru, en réalité, selon laquelle l'énergie irradiée est émise par paquets, c'est-à-dire par « quantités finies », proportionnelles à la fréquence du rayonnement (de Broglie, 1973, p. 112), le physicien allemand signalait une théorie qui, consacrant le principe de la discontinuité de la matière, remettait en cause ce qui passait jusqu'alors comme une certitude et qui, de toutes façons n'avait jamais été ébranlée. Selon cette théorie, chaque paquet équivaut à un multiple entier d'une quantité élémentaire indivisible appelée « *quantum* » ou en encore « *quantum d'action* » et qui prendra plus tard le nom de « Constante de Planck ». Sa valeur numérique, qui est de  $6,6 \cdot 10^{-34}$  joule/seconde, a été validée au détour de l'application, par Einstein, de la nouvelle théorie à l'interprétation quantitative d'un phénomène jusque-là non élucidé, l'effet photoélectrique. Ce succès expérimental confirma, à la surprise générale, ce que les physiciens

considéraient jusqu'alors comme une théorie juste mathématiquement élégante, mais dont ils ne pouvaient croire qu'elle résisterait au test expérimental.

Le premier à être pris de court par cette théorie n'est autre que Planck lui-même, en effet, qui ne l'a émise d'abord que pour tester, indirectement, la fiabilité du modèle « *continuiste* » que rien ne semblait pouvoir invalider, et dont l'impuissance à rendre compte du rayonnement du corps noir ne lui paraissait pas concevable ou, à tout le moins, définitive : « *Succinctement résumé, ce que j'ai fait peut être décrit comme un simple geste désespéré* » (Planck cité par Kumar, 2012, p. 17). La théorie des *quanta* va provoquer, au sein de la communauté des physiciens, un désaccord de plus en plus marqué, et dont la question de la continuité ou non de la matière n'est pas le seul motif, ni même le plus important. C'est sur la notion et la conception plus générale de la *réalité*, et pas simplement de la *matière*, que les physiciens seront divisés comme jamais cela ne s'est produit avant l'avènement de la physique quantique; et ce point de divergence entraîne une autre, relatif au rôle du savant et au statut de la théorie scientifique.

Quelle est donc la nature de la réalité ? Qu'est-il possible d'en savoir et à quel prix, sinon, par quel moyen ? Quel est le statut épistémologique de la représentation que nous pouvons en obtenir ? Ces questions ne sont pas nouvelles, loin s'en faut ; mais le fait qu'on ait à les poser à nouveau, signifie au moins que les réponses apportées dans le cadre de la physique classique ne sont pas - ou plus - tout à fait satisfaisantes.

Dans l'économie de la physique classique, la réalité existe, les objets de notre monde existent, indépendamment de nous et de l'observation qui a seulement fonction de les révéler, non de les créer. Ils ont une nature propre, précise ; et à la faveur de la connaissance précise de cette nature, de l'état précisément de l'objet à un moment donné, le physicien peut en suivre l'évolution et même la prédire, en dessiner la trajectoire de manière aussi certaine que l'est la connaissance des conditions initiales (Popper, 1984, p. 5). La logique, du moins une certaine logique, aurait voulu que les entités microphysiques obéissent aux mêmes principes, du moment où elles "ne sont que" des composantes, donc des éléments, du monde macrophysique. C'est cette « logique » que défient les propriétés des "particules" microphysiques et qu'invalide la physique quantique :

« [La physique quantique] contrevient, non seulement au sens commun, mais aussi aux catégories et aux représentations, notamment mathématiques, qui avaient été élaborées antérieurement pour rendre compte du réel. Elle défie la logique. Elle a renversé les tables de la loi » (Pharabod & Klein, 2017, pp. 12-13).

Défiant donc la physique classique et le « sens commun », les entités microphysiques n'auraient pas une nature déterminée qui préexisterait à l'observation ; c'est plutôt par celle-ci qu'elles se constituent, l'image qui en est révélée, variant en fonction du dispositif mis en place pour la réaliser, tant et si bien qu'il est impossible de trancher la question de leur nature et d'affirmer avec assurance si elles sont des corpuscules ou des ondes. La physique classique ne nous a évidemment pas habitués à ce flou, à cette indétermination, à cette incertitude :

« Jusqu'à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle [...], les physiciens ont utilisé deux modèles pour théoriser le monde, l'onde et le corpuscule, modèles que nous saisissons intuitivement grâce aux métaphores classiques des billes et des vagues. Cela a très bien fonctionné jusqu'à l'avènement du discontinu, du *quantum* d'action de Planck. Mais, depuis, il a fallu renoncer aux images traditionnelles : les constituants ultimes de l'univers ne sont pas réductibles aux métaphores classiques. » (Ortoli & Pharabod, 2018, p. 43).

Malheureusement, ce n'est pas qu'un problème de « métaphores ». Ce qui est en jeu, c'est d'abord, essentiellement, la *nature de la réalité physique* ainsi que le *statut de l'expérience et la théorie* qui sont censées en rendre compte. Si la réalité microphysique ne se détermine qu'en fonction du moyen utilisé pour la mettre au jour, l'idée que nos représentations peuvent être l'image ou la réplique objectives de réalités qui existeraient en elles-mêmes devient problématique. Et ce serait la remise en question d'un des piliers majeurs de la physique classique. Et si, par surcroît, les propriétés découvertes ou attribuées aux particules microphysiques devaient affecter les objets macroscopiques, qui en sont composés après tout, c'en serait fini, hélas, du rêve d'une connaissance objective de la réalité. Conclusion dramatique, tant il est vrai qu'avec elle, ce n'est pas seulement la fondation de la physique et, par-delà, de la science, qui est touchée, mais c'est surtout le projet de connaissance dont elle est l'incarnation qui est ainsi frappé de nullité et inconsistance théoriques.

C'est le premier point qui va diviser la communauté des physiciens, d'un côté ceux de l'Ecole dite de Copenhague avec comme chef de file, le Danois Niels Bohr, et de l'autre, le groupe des « dissidents » et dont Einstein est le porte-drapeau. Si les premiers s'accommodent de cette propriété pour le moins bizarre et étrange des particules quantiques et considèrent même qu'elle détermine la nature de la réalité, en général, l'observation et les mesures classiques effectuées dans le cadre de la physique classique n'étant finalement qu'une illusion, Einstein et les autres s'opposent farouchement à cette vision totalement contraire à leur conception du monde de la réalité physique et du but de la science.

Le second point de discordance concerne l'indéterminisme quantique, mathématiquement établi par les relations d'incertitude installées, on le sait, en 1927 par Werner Heisenberg. Encore appelées « relations d'indétermination », elles disposent ou plutôt, elles démontrent qu'il est impossible de prédire, comme on aurait pu le faire pour les particules ordinaires du monde macrophysique, la trajectoire et donc l'évolution d'une entité microphysique. Il eût fallu, pour que cette prédiction fût envisageable, de déterminer, simultanément et avec précision, l'abscisse de l'entité et la vitesse à laquelle elle se déplace ; c'est ce dont les relations d'incertitudes établissent l'impossibilité (Heisenberg, 2000, p. 156). Il faut donc admettre que l'univers de la microphysique est une limite pour l'espoir d'une connaissance certaine de la réalité ainsi que du contrôle que nous sommes censés avoir sur ledit univers. Les « particules » microphysiques, si tant est qu'on soit toujours fondé à les désigner ainsi, seraient soumises à un indéterminisme et à un hasard fondamentaux qui nous interdiraient, à tout jamais, d'en avoir une représentation autre que statistique, c'est-à-dire juste probable (Heisenberg, pp. 155 et 157), et qui pût prétendre être la réplique objective d'une réalité existant en soi :

« Bien qu'invisible, [l'électron] n'a pas une position, mais un nuage de positions potentielles. Si l'on procède malgré cela à une mesure de position, l'électron répondra : "Je suis là." Mais cette réponse a été produite lors de la mesure, au hasard. L'électron n'avait pas de position mais, lors du processus de mesure, on l'a forcé à répondre à une question qui n'avait pas de réponse prédéterminée<sup>2</sup> : le hasard quantique est du vrai hasard » (Gisin, 2016, p. 72).

La nature double (ondulatoire et corpusculaire) et, finalement, indéterminée des particules quantiques sur laquelle se greffe l'indéterminisme qui affecte leur évolution, tel est ce que nous révèle la physique quantique. L'étrangeté logique sous la forme de laquelle se présente cette physique (Pharabod & Klein, 2017, p. 13) n'est, au fond, que la réplique conséquente à l'étrangeté du monde microphysique dont elle a vocation de rendre compte (Guitton, 1991, p. 21). Or, précisément, c'est cette étrangeté logique, considérée comme un renoncement aux principes de la physique, qui lui vaut d'être contestée par une partie de la communauté des physiciens, avec à leur tête, le célèbre Einstein, et dans leurs rangs, Erwin Schrödinger, Louis de Broglie de même que Max Planck, l'inventeur de la théorie des *quanta*. Réunis autour de Niels Bohr, ceux qui ont adhéré à la physique nouvelle, Werner Heisenberg, Wolfgang Pauli, Max Born et bien d'autres, forment ce qu'on appelle depuis l'Ecole de Copenhague.

Mais comment comprendre que des physiciens parmi lesquels figure Einstein, auteur lui-même d'une des révolutions scientifiques les plus décisives, se soient opposés avec un acharnement jamais émoussé, à une théorie validée sur la double norme devenue classique de la cohérence mathématique et de la fiabilité expérimentale ? Qu'est-ce qui peut expliquer un désaccord si durable vis-à-vis d'une théorie qui a l'avantage de suppléer aux limites de la physique classique et dont les preuves de la validité n'ont fait que s'accumuler depuis son érection ?

#### 4. Réalisme versus phénoménisme : l'impossible neutralité philosophique

L'opposition à la théorie quantique ne repose pas sur des raisons purement scientifiques. Quand on prête attention aux termes mêmes dans lesquels le physicien allemand exprime son opposition, il ne fait aucun doute que nous sommes en présence d'un désaccord sous-tendu par un *positionnement* ou, ce qui revient au même, une *position philosophique*. Voici juste deux extraits, entre autres, qui en donnent la mesure « Je n'aime pas votre genre de physique » (Einstein cité par Holton, 2005, p. 32) ; « vous croyez en un dieu qui joue aux dés, et moi à la loi et l'ordre partout dans un monde qui existe objectivement et que j'essaie de saisir à ma manière follement spéculative » (Einstein cité par Kumar, 2012, p. 465). La physique d'Einstein est adossée, en effet, à la croyance inébranlable en une réalité qui existe "là dehors", que nous l'observions ou non, et qui n'est nullement à la merci de fluctuations fondamentales qui en

<sup>2</sup> C'est nous qui soulignons

rendraient la saisie ou la connaissance impossibles. Ce que conteste Einstein donc, ce qu'il reproche à la physique quantique, ce n'est pas d'être en déphasage avec l'observation ou d'avoir été validée alors que les tests d'usage en auraient révélé des faiblesses ; c'est la *conception* de la réalité à laquelle elle souscrit et conduit.

D'un certain point de vue, la distance critique que prend Einstein peut se comprendre. En effet, même corroborée par l'expérience, l'idée selon laquelle les particules n'ont pas une existence objective ou une nature, à l'avance, différenciée, et qui laisse penser que c'est plutôt par l'observation et les moyens choisis par l'opérateur pour la réaliser qu'elles se constituent, *n'est pas philosophiquement neutre*. La thèse selon laquelle la réalité, quantique ou macrophysique, ne prend existence et consistance que dans et par le procès d'une observation nécessairement frappée d'incertitude, n'est pas absolument incontestable, même si les données expérimentales pour l'instant accessibles le suggèrent fortement. Et Einstein a beau jeu de référer la base scientifique de cette vision étrange à une théorie qui, en l'état, ne peut être la version définitive de la connaissance du monde. D'où l'hypothèse de l'incomplétude de la physique quantique et celle, qui va avec, de l'existence probable de « variables cachées » dont la mise au jour pourrait nous fournir de la réalité, le cas échéant, une image et une connaissance affranchies de l'incertitude et de l'imprécision que certains physiciens ont imprudemment et hâtivement référées à une nature prétendument indéterminée.

Einstein et ses partisans ne doivent cependant pas être dupes. En développant une critique dont la véritable cible est la conception de la nature portée par la théorie physique quantique, en rejetant la thèse de la nature *a priori* indéterminée de la réalité ainsi que celle de l'indéterminisme, ils ne font que reproduire à l'inverse, il est vrai, le schéma même de la physique quantique de l'École de Copenhague qui fait l'objet de leur contestation. C'est d'un *lieu philosophique* qu'ils projettent leur critique, non sur la base d'*arguments scientifiques* susceptibles d'établir ou même de suggérer, le cas échéant, la fausseté de la nouvelle physique. L'opposition d'Einstein à la physique quantique repose sur un « préjugé philosophique » précis, le réalisme ; c'est au nom de ce « réalisme » qu'Einstein présumait que les électrons, par exemple, « possèdent des propriétés pré-existantes à tout acte de mesure » (Pauli cité par Kumar, 2012, p. 495). L'affirmation devenue célèbre « Dieu ne joue pas aux dés » s'inscrit aussi et même d'abord dans l'esprit de ce réalisme, dans cette foi d'Einstein en une nature déterminée, et que le physicien allemand maintient fermement sans se laisser émouvoir par ce que suggèrent les expériences.

En bref, contre le « phénoménisme » de la physique quantique qui valorise le lien indissoluble entre l'*observé* et l'*observateur*, entre les *systèmes* de mesure et l'*objet* des mesures, Einstein et les siens défendent donc une philosophie réaliste. Sans nier la médiation de l'observation, ils refusent cependant de le considérer comme le déterminant essentiel d'une réalité, selon eux, plutôt autonome. A la contrainte qui s'imposerait au physicien de ne pouvoir s'en tenir au phénomène et d'abandonner l'espoir d'une connaissance de la réalité telle qu'elle est, d'une réalité en soi plutôt postulée que réelle, ils affirment ou réaffirment l'exigence d'une connaissance objective dont la physique newtonienne n'a pas seulement inauguré la tradition, mais dont elle est la preuve de la fécondité, sa négation ne pouvant rien signifier d'autre que le renoncement au seul modèle de connaissance qui vaille la peine et qui ait du sens. Tirant leçon des propriétés de la matière, mises au jour par la physique quantique, Bohr et les théoriciens de Copenhague estiment que « c'est une erreur de croire que la tâche de la physique est de découvrir comment est la nature. La physique concerne *ce que nous pouvons dire* de la nature » (Kumar, 2012, p. 451). Mais, à l'opposé, le regard d'Einstein sur la mécanique est resté attaché à l'idée qu'il existe une réalité causale indépendante de l'observateur. Sa vision de la physique et, plus généralement, de la science s'en trouve évidemment affectée : « Ce que nous appelons science a pour unique but de déterminer ce qui est » (Einstein cité par Kumar, p. 451). Contre l'indéterminisme de la physique quantique, les opposants à la physique quantique soutiennent le déterminisme.

Tout se passe comme si le problème de la connaissance scientifique était *déplacé* sur un terrain parallèle qui est celui du débat philosophique. Il n'en est rien. Le fait est simplement que les questions et préoccupations auxquelles nous convie le monde de la microphysique ne peuvent être traitées et résolues dans le cadre strict et restreint d'une théorie adossée à un formalisme mathématique sans faille et qui satisfait à l'exigence de la fiabilité expérimentale. Les réponses expérimentales et quantitativement prouvées ne peuvent suffire à résoudre des problèmes qui se posent au cœur même de l'activité de recherche et qui, par leur nature, frôlent la métaphysique (Basdevant & Dalibard, cités par Ortolí & Pharabod, 2018, p. 89). En résumé, et même si elle se déroule sur le terrain scientifique, la

controverse au sujet des principes et lois de la physique quantique, repose, en dernier ressort, sur une arrière-base fondamentalement philosophique. Peut-être même que la leçon essentielle que nous enseigne le désaccord entre l'École de Copenhague et ses adversaires, d'hier et d'aujourd'hui, est que derrière tout modèle d'intelligibilité du réel, se trouve une philosophie, laquelle définit, non seulement la nature de la réalité susceptible d'être étudiée, le moyen ou la méthode pour mener cette étude, mais aussi l'ambition que le savant peut légitimement nourrir dans sa quête du savoir : *il n'y a pas de modèle scientifique ou de théorie scientifique philosophiquement neutre*.

Quoi qu'on dise donc, il semble impossible qu'un modèle de connaissance et d'intelligibilité du réel, et plus particulièrement une théorie scientifique, puisse se réduire à la sèche et aride connaissance de la réalité et qu'elle puisse être envisagée sans le moindre rapport à un pendant philosophique. Le véritable problème, semble-t-il, est qu'on tienne ce versant philosophique *l'expression* de la nature, au singulier, c'est-à-dire comme un absolu, excluant de ce fait, toute alternative, alors qu'il n'est qu'une *conception*.

De ce point de vue, l'erreur d'Einstein n'est pas de se référer à un choix philosophique ou de se laisser guider par ce dernier, mais de s'y accrocher avec obstination. Le véritable problème d'Einstein, ce n'est donc pas le présupposé philosophique du réalisme qui le guide dans sa quête de la vérité scientifique, mais la force du lien qui l'y attache et qui l'en a rendu visiblement trop dépendant pour être disposé à envisager une alternative ou, tout au moins, reconnaître les propriétés physiques certes étonnantes et bouleversantes, mais confirmées par les méthodes appropriées et, par surcroît, confortées par des applications technologiques dont le champ ne fait que s'agrandir. Le problème, c'est de n'avoir jamais pu s'affranchir du conditionnement ou de l'obstacle épistémologique du réalisme et qui est, au moins en partie, la rançon du succès de la physique newtonienne. La solidité de l'architecture théorique de ladite physique, complétée et valorisée par la fiabilité et la précision des prédictions qu'elle a rendu possibles, a fini par convaincre l'humanité, les physiciens en tête, que l'idée d'un monde objectif, connaissable avec précision et contrôlable n'est pas seulement féconde, mais qu'elle est inébranlable. Sans qu'on s'en rende compte, le modèle newtonien a fini par se muer, à la faveur de ses succès, en un obstacle épistémologique, faisant oublier précisément, qu'il n'est qu'un modèle, et qu'à l'image du déterminisme scientifique, le réalisme proclamé en son nom relève « davantage [d'] un *choix philosophique* que [d'] un fait de l'expérience » (Gisin, 2017, p. 9).

On peut donc reprocher à Einstein de s'accrocher au réalisme au lieu de se laisser, comme l'ont fait les théoriciens de Copenhague<sup>3</sup>, s'instruire par l'expérience et de « se plier aux conditions du savoir » ou, ce qui revient au même, d'« obéir à la science » (Bachelard, 1994, pp. 144-145). Son hypothèse des « variables cachées », et dont il espère que la découverte fera retrouver à la physique la voie qu'elle n'aurait jamais dû quitter, semble relever davantage de cette obstination que du strict souci de la vérité scientifique.

Au regard de ce qui précède, la tentative est grande de considérer que le différend est tranché oppose Einstein à ses pairs de l'École de Copenhague. Les preuves expérimentales militent en faveur de la position défendue par ces derniers. Mais en « déboutant » ainsi Einstein au profit de Niels Bohr et de Heisenberg, on aura oublié une chose importante : l'indéterminisme et le phénoménisme aujourd'hui proclamés sur la base des propriétés des particules microphysiques - dont on affirme qu'elles nous donnent une meilleure connaissance de la matière (de Broglie, 1973, p. 17) - relèvent aussi d'une *conclusion philosophique* qui n'est neutre qu'en apparence, même si elle est fortement *suggérée* par les données de l'expérience, des données dont une meilleure connaissance pourrait probablement conduire à des choix philosophiques différents. C'est pourquoi, en même temps qu'on peut regretter l'attitude passablement réactionnaire d'Einstein et de la branche dissidente qu'il incarne, il est judicieux de relever que la pertinence établie, et chaque jour confirmée de la théorie quantique, ne saurait justifier l'assurance tranquille avec laquelle les partisans de la physique quantique présentent le phénoménisme et l'indéterminisme comme des modèles « définitifs » (Heisenberg, 2000, p. 157).

<sup>3</sup> Avant d'adhérer à la physique quantique, Wolfgang Pauli a dû faire la douloureuse expérience du bouleversement et de la confusion, lesquelles lui ont arraché cet aveu pour le moins surprenant : « En ce moment, la physique est de nouveau terriblement confuse. En tout cas, c'est trop difficile pour moi et je voudrais être acteur de cinéma ou quelque chose du même genre et n'avoir jamais entendu parler de physique » (T. Kuhn, 2008, p. 123).

## 5. A quoi sert la controverse ?

On a pu voir cru voir dans l'acharnement de Einstein, une dépendance vis-à-vis d'une conception philosophique dont la physique quantique aurait définitivement démontré l'obsolescence, et donc un renoncement à l'esprit scientifique, attitude d'autant plus regrettable que l'auteur est lui-même l'initiateur d'une des révolutions les plus décisives que la science ait enregistrée. En effet, la théorie de la relativité qui lui a valu d'être considéré comme le Copernic des temps modernes (Planck cité par Pagels, 1985, p. 29), n'était pas et n'est toujours pas plus intelligible et plus compréhensible que les propriétés de non-localité des entités microphysique ou le principe de la dualité onde-corpuscule. Son idée d'une dilatation gravitationnelle du temps, qui remet en cause le principe de l'unicité dudit temps, et qui veut que le temps ne s'écoule pas avec le même rythme en différents lieux ou positions, exigeait pour être simplement envisageable, et à plus forte raison intelligible, que l'on abandonnât le présupposé du temps (et de l'espace) absolu. Si la communauté scientifique a adhéré à cette révolution importante, ce n'est pas parce qu'elle validait une philosophie partagée, mais seulement en raison de sa solidité mathématique et sa fécondité expérimentale (de Broglie, 1973, p. 93). Pour n'avoir pas accordé aux « relations d'incertitudes » de Heisenberg et au « principe de complémentarité » de Bohr la même attention et le même crédit scientifique, Einstein, ainsi que les autres dissidents, a semblé élever sa conviction philosophique au-dessus des données scientifiques et de l'exigence de l'esprit critique. C'est à cette attitude dogmatique et conservatrice, subtile mais tenace, que fait allusion Heisenberg quand il affirme qu'Einstein est « incapable de changer d'attitude » (Heisenberg, 1971, p. 81). Et de fait, sur la question, Einstein n'a pas changé d'avis, jusqu'à sa mort.

Entre temps, son hypothèse des « variables cachées » a été invalidée au détour d'un double processus. D'abord c'est la mise en place par John Bell de l'outil mathématique qui devrait permettre de vérifier la pertinence de l'hypothèse. Il s'agit d'une équation, plutôt d'une inéquation dont la fonction n'était pas d'identifier les variables imaginées par Einstein, mais de trancher la question de leur existence ou non, et ainsi de mettre fin, de façon définitive au désaccord sur le statut de la théorie quantique. Mais la vérification expérimentale desdites équations n'interviendra que des années plus tard, avec les travaux d'Alain Aspect (1982). Le résultat est sans appel : il n'existe pas de « variables cachées » dont la découverte pourrait, comme l'ont espéré Einstein et John Bell, et nombre de physiciens contemporains, conduire à une physique fondamentalement nouvelle et qui retournerait au schéma réaliste et déterministe abandonné depuis 1927 : « Maintenant, la cause est entendue. La non localité est devenue une évidence expérimentale, et se maintiendra même si la théorie quantique est modifiée ou détrônée », concluent Pharo et Klein (2017, p. 161).

Cette conclusion mérite un commentaire : « La cause est entendue ! », le débat est tranché donc, définitivement. Non pas que la physique quantique est intouchable et soustraite à toute évolution et au progrès ; mais la question précise et combien fondamentale et « clivante » de la nature de la réalité qui oppose les réalistes aux phénoménistes aurait été ainsi définitivement tranchée en défaveur d'Einstein et de ses partisans. La propriété quantique de la non localité, si bizarre qu'elle paraisse à l'entendement, est établie, contre l'intuition einsteinienne du réalisme « qui voudrait former partout des choses aux caractères permanents » (Bachelard, 1991, p. 99). Quatre-vingts deux années de controverse, d'une polémique de nature essentiellement philosophique au sujet d'une question qui du point de vue strictement scientifique ne se pose pas, ou plus ! Polémique inutile, pourrait-on conclure. La dernière phrase de la citation sonne d'ailleurs comme une mise en garde : « La non localité est devenue une évidence [...] et se maintiendra » quoi qu'il advienne. Une manière de dire que les « choses sont ainsi », qu'il faut plutôt les accepter et avancer au lieu de nourrir des ambitions illusoires. Que le formalisme de la physique soit susceptible d'évoluer ou même qu'il puisse être détrôné d'un autre, ce n'est pas absolument impossible. Ce qui le serait, par contre, c'est qu'on revienne sur les propriétés fondamentales de la réalité quantique, comme la non-localité ici évoquée, et que l'on a passé huit décennies à contester et à confirmer. « La cause est entendue » pourrait signifier également qu'il ne sert à rien, à part perdre du temps et de l'énergie, de contester une théorie qui fonctionne bien et qui est confortée par les expériences.

Pour autant, il est serait excessif de réduire les réserves et critiques formulées par Einstein à une attitude régressive et anti-scientifique. Dans un article précédent, nous avons référé l'attitude d'Einstein et des autres « dissidents » à une posture réactionnaire et conservatrice, aux antipodes de l'esprit critique et de l'ouverture au progrès qui doivent caractériser le savant (Médégnon, 2018, p. 409). Cette critique

mérite d'être nuancée, et ceci pour deux raisons au moins. Tout d'abord, par la remise en cause de la tendance phénoméniste adoptée par les théoriciens de Copenhague, par son attachement obstiné au réalisme, Einstein a, de manière certes indirecte, et sans doute contre son gré, contribué de façon décisive au progrès et à l'affinement de la théorie quantique. Avec Louis de Broglie, Erwin Schrödinger et John Bell, il aura fourni, par la proposition et la défense d'une théorie alternative à laquelle il croyait fermement, la matière et l'occasion d'une contre-expertise ou, si l'on veut, d'une « falsification » dont la physique quantique sort, au moins pour un temps, plutôt renforcée. Les progrès fulgurants que cette physique a connus à partir de la seconde moitié du XX<sup>ème</sup>, notamment depuis l'invalidation, par Alain Aspect, des inégalités de Bell, et dont on n'a pas fini de tirer le dividende technologique, n'auraient probablement pas été possibles s'ils n'avaient été, pour ainsi dire, boostés indirectement par la contre-critique acharnée dont Einstein et ses partisans, d'hier et d'aujourd'hui se sont payé l'audace. Pour être plus précis, l'expérience fabuleuse par laquelle Alain Aspect établit l'effectivité de la non-localité n'est que le résultat d'une mise à l'épreuve de l'hypothèse des variables cachées élaborée par Einstein. Ensuite, assimiler la contestation dont fait l'objet la théorie quantique à un refus de progrès, c'est oublier qu'elle survit, portée par une génération de physiciens qu'on ne peut donc soupçonner d'incapacité à se départir d'une tradition scientifique newtonienne qui n'est précisément pas celle qui les aura moulus ou formatés. On peut donc douter que l'effectivité établie de la non-localité invalide définitivement la conception réaliste qu'ils défendent à la suite d'Einstein et la vision, qui lui correspond, d'une science qui ne peut se contenter de décrire des « phénomènes ». Ce n'est certainement pas un hasard si celui dont les travaux sont censés avoir porté le dernier coup au réalisme en physique déclare : « La remise en cause de la notion même de réalité physique ne me convainc pas car il me semble que le rôle du physicien est de décrire la réalité du monde, et pas seulement d'être capable de prédire les résultats que donnent les appareils de mesure » (Aspect, in *Gisin, 2016, p. 8*).

## 6. Conclusion

La controverse sur les propriétés et donc sur la nature de la réalité est, quoique se déroulant sur le terrain de la physique, de nature profondément philosophique. Renvoyant finalement à une opposition entre deux conceptions de la réalité et du but de la physique en tant que science, elle suggère fortement l'idée qu'il n'existe probablement pas de théorie ou de modèle scientifiques philosophiquement neutres. Elle montre également que la conformité d'une théorie scientifique aux données de l'expérience ne suffit pas à la faire triompher ; entrent donc en ligne de compte, également, la conception ou l'intuition que les savants ont aussi bien de la réalité que du but de la science. Au fait, si les propriétés quantiques pourtant expérimentalement confirmées des particules microphysiques continuent de faire l'objet d'une controverse, c'est précisément du fait que les questions relatives à leur nature, et par-delà, à la nature de la réalité de façon générale, débordent le cadre traditionnel de la physique et amènent le physicien à devoir prendre, en prolongement de réponses expérimentales plutôt insuffisantes, une position philosophique nécessairement discutable. Quoiqu'il en soit, ladite controverse aura été indiscutablement utile. Pour avoir contesté une théorie quantique dont le formalisme mathématique n'a essuyé aucune critique sérieuse et qui, du point de vue expérimental, est tout aussi féconde, Einstein, Bell, Schrödinger, Planck et les autres, ont indirectement contribué à en renforcer les bases théoriques et, par la même occasion, à faire progresser la physique. D'un autre côté, on est en droit d'espérer que le débat philosophique dans lequel se prolonge inévitablement la physique quantique permettra un meilleur décryptage de la matière dont la réalité, on s'en rend compte, ne s'épuise pas dans la modélisation mathématique.

## Références

- Bachelard, Gaston (1994). *La philosophie du non*. Paris : Presses Universitaires de France.  
 Bachelard, Gaston (1991). *Le nouvel esprit scientifique*. Paris : Presses Universitaires de France.  
 Baudrillard, Jean (1995). *Le crime parfait*. Paris : Galilée.  
 Broglie, Louis de (1966). *Certitudes et incertitudes de la science*. Paris : Albin Michel  
 Broglie, Louis de (1973). *La physique nouvelle et les quanta*. Paris : Champs-Flammarion.  
 Feyerabend, Paul K. (2005). *Réalisme, rationalisme et méthode scientifique. Ecrits philosophiques 1*. Paris : Dianoia.

- Gisin, Nicolas (2016). *L'impensable hasard : non-localité, téléportation et autres merveilles quantiques*. Paris : éd. Odile Jacob.
- Heisenberg, Werner (2000). *La nature dans la physique contemporaine*. (trad. U. Karvelis et A. E. Leroy). Paris : Gallimard.
- Heisenberg, Werner (1971). *Physics and Beyond : encounters and conversations*. London : Georg Allen & Unwin.
- Holton, Gerard (2005). *Victory and Vexation in Science : Einstein, Bohr, Heisenberg and Others*. Cambridge : Harvard University Press.
- Kuhn, Thomas S. (2008). *La structure des révolutions scientifiques*. (trad. Laure Meyer). Paris : Flammarion.
- Kumar, Manjit (2012). *Le grand roman de la physique quantique : Einstein, Bohr... et le débat sur la nature de la réalité*. (trad. Bernard Sigaud). Paris : Flammarion.
- Laplace, Pierre Simon de (1921). *Essai philosophique sur les probabilités*. Paris : Gauthier-Villars et Cie.
- Médégnon, Désiré (2018). La théorie des quanta et le problème de l'objectivité scientifique. *Particip'Action*, 10 (1), 399-412.
- Ortoli, Sven & Pharabod. Jean-Pierre (2018). *Métaphysique quantique : les nouveaux mystères de l'espace et du temps*. Paris : éd. La Découverte.
- Pagels, Heinz (1985). *L'univers quantique*. (trad. J. Corday). Paris : Inter-édition.
- Pharabod, Jean-Pierre & Bernard Pire (1993). *Le rêve des physiciens*. Paris : éd. Odile Jacob.
- Pharabod, Jean-Pierre & Klein, Gérard (2017). *Heurs et malheurs de la physique quantique : des vérités incroyables*. Paris : éd. Odile Jacob.
- Popper, Karl (1984). *L'univers irrésolu : plaidoyer pour un indéterminisme*. (trad. R. Bouveresse). Paris : Hermann.
- Séguin, Thomas (2012). *Le postmodernisme : une utopie postmoderne*. Paris : L'Harmattan.