

idem

**BERNARD  
D'ESPAGNAT  
À la recherche  
du réel**

Présenté par Étienne Klein

DUNOD

La première édition française de cet ouvrage a été publiée  
en 1979 par Gauthier-Villars.

Illustration de couverture : © stokkete – Fotolia.com

© Dunod, Paris, 2015

© 2<sup>e</sup> édition, Bordas, Paris, 1981

© Gauthier-Villars, Paris, 1979

Dunod, 5 rue Laromiguière, 75005 Paris  
[www.dunod.com](http://www.dunod.com)

ISBN 978-2-10-072437-6

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2<sup>o</sup> et 3<sup>o</sup> a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

# Présentation d'Étienne Klein

CERTAINS LIVRES ONT une puissance destinale. En 1979, alors que j'étais étudiant, un ami m'offrit À la recherche du réel, qui venait de paraître. Je le dévorai aussitôt en annotant chacune de ses pages et en soulignant presque une phrase sur deux. Bernard d'Espagnat y abordait la question du « réel », défendant l'idée qu'il serait intellectuellement discutabile et philosophiquement fautif de prétendre la traiter sans tenir compte des leçons de la physique quantique, à ses yeux révolutionnaires.

Bien sûr, c'est autour de la controverse entre Albert Einstein et Niels Bohr, dont j'entendais parler pour la première fois, que tournait son propos : qu'est-ce que la physique quantique, qui semble si bien fonctionner, nous permet de dire du monde ? Est-elle un aboutissement, ou simplement une étape décisive de l'évolution de la physique, une étape décisive mais dépassable ?

Chacun sait que le père de la relativité considérait que la théorie quantique était une théorie ingénieuse, et qu'il louait sans la moindre réserve son efficacité opératoire et sa portée pratique. Mais, selon

lui, une théorie physique ne devait pas être jugée à l'aune de sa seule efficacité: elle devait également dépendre des structures intimes du réel, tel qu'il existe indépendamment de nous. Or à ses yeux, la physique quantique ne faisait pas bien cela.

De son côté, Bohr répugnait à considérer qu'il existât une réalité indépendante de l'appareil de mesure, car il lui semblait impossible d'obtenir une séparation nette entre le comportement des particules et leur interaction avec les appareils qui déterminent leurs conditions d'existence. De sorte que, selon lui, ce qu'une théorie physique peut prétendre décrire, ce sont seulement des phénomènes incluant dans leur définition le contexte expérimental qui les rend manifestes, et non une réalité prétendument objective.

On connaît la suite palpitante de l'histoire: le lumineux article EPR de 1935, la réponse immédiate et confuse de Niels Bohr, la longue indifférence des physiciens (on se moquait bien que la théorie quantique fût « complète » ou dissimulât des « variables cachées », puisque ses prévisions ne cessaient d'être vérifiées avec une démoniaque précision), le coup d'éclat théorique de John Bell en 1964, et enfin, deux ans après la publication du livre *À la recherche du réel*, l'expérience d'Alain Aspect et de ses collègues démontrant qu'il faut renoncer à interpréter la physique quantique dans le sens des idées d'Einstein. Ce que Bernard d'Espagnat semblait déjà savoir lorsqu'il écrivit son livre, notamment le fameux chapitre quatre !

Je compris grâce à cet ouvrage qu'il existe des situations dans lesquelles la physique permet de faire des « découvertes philosophiques négatives », pour reprendre l'expression du philosophe Maurice Merleau-Ponty<sup>1</sup>. Que faut-il entendre par là? Que certains de ses résultats peuvent modifier les termes en lesquels certaines questions philosophiques se posent, apporter des contraintes, et ainsi s'inviter dans des débats qui lui sont a priori extérieurs.

Un nouveau monde s'ouvrait là pour moi, que je décidai d'explorer dans la mesure de mes capacités. Quelques années plus tard, j'eus la chance de rencontrer Bernard d'Espagnat en chair et en os. Il me raconta sa vie et ses travaux, m'enseigna toutes sortes de notions abstraites de physique et de philosophie. Rapidement, nous décidâmes d'écrire un livre ensemble, *Regards sur la matière*, des quanta et des choses.

Aujourd'hui, je suis heureux et honoré de préfacer la réédition de ce texte important, qui fut prophétique en son temps. Il n'a pas pris une ride. Beaucoup de choses se sont passées en physique depuis sa première parution, mais il n'a rien perdu de sa profondeur ni de sa vérité.

On dit la physique quantique fort difficile d'accès. Certes, elle ne peut être sérieusement appréhendée sans un recours appuyé à l'abstraction et à des concepts mathématiques qui peuvent effrayer. Pourtant, l'essentiel du bouleversement qu'elle a entraîné tient dans le simple fait qu'elle systématise l'une des quatre opérations élémentaires, à savoir l'addition ! Au cœur de son formalisme gît en effet le principe dit « de superposition » qui dit ceci : si  $a$  et  $b$  sont deux états possibles d'un système,  $a + b$  est également un état possible de ce système. Aurait-on pu imaginer une règle plus simple ? Et pourtant, elle a des conséquences terribles, que Bernard d'Espagnat fut l'un des premiers à analyser à la hauteur de ce qu'elles signifient pour la pensée. Elle implique notamment que, dans certaines situations, deux particules qui ont interagi dans le passé sont « intriquées », c'est-à-dire très fortement corrélées au point qu'elles ont des liens que leur distance mutuelle, aussi grande soit-elle, n'affaiblit pas : ce qui arrive à l'une des deux, où qu'elle soit dans l'univers, est irrémédiablement intriqué à ce qui arrive à l'autre, où qu'elle soit dans l'univers. L'espace ne joue plus aucun rôle et la paire formée par les deux particules se trouve avoir des propriétés globales

que n'ont pas les particules individuelles. En somme, le tout, d'une part, n'a plus de localisation précise, d'autre part, devient autre chose que la somme de ses parties.

Cette propriété, qu'on appelle la « non-séparabilité » ou l'« intrication quantique », implique qu'il existe des cas où « 1 + 1 » donne autre chose que ce que prévoient les règles d'addition classique. Par exemple, un photon plus un photon, cela forme un système quantique mais, de temps en temps, cela en donne deux. À vrai dire, le résultat dépend de l'histoire des photons et de ce que l'observateur souhaite faire avec eux. Leur destin n'est pas décidé à l'avance : il est défini par le cours même de l'expérience.

L'intrication quantique a en outre ceci de spectaculaire qu'elle permet de « téléporter » une information, c'est-à-dire de la transporter à distance depuis un objet vers un autre objet. Comment? Prenons deux jeunes gens, disons Paul et Jules, et supposons pour commencer qu'ils disposent chacun d'une particule constitutive d'une paire de particules intriquées l'une à l'autre. Donnons ensuite à Paul une particule supplémentaire dans un état quantique bien défini. Les lois de la physique quantique permettent à Paul de transmettre à Jules l'information associée à cette particule supplémentaire. Jules pourra ensuite mettre la particule qu'il possède dans l'état qu'avait la particule supplémentaire de Paul. Il y a alors téléportation non pas d'une particule proprement dite, mais de l'information qu'elle portait, de façon absolument conforme. Dans cette opération, aucun objet proprement dit n'a été transporté dans l'espace. Simplement, les propriétés physiques d'une particule ont été communiquées à distance à une autre particule identique. On pourrait presque parler de « fax quantique » sauf que, contrairement à ce qui se passe avec un fax ordinaire, la téléportation quantique détruit l'original de l'information qu'elle transmet au travers de l'espace.

Le 29 mai 2014, la revue Science a publié un article de Ronald Hanson et de son équipe de l'université de Delft aux Pays-Bas annonçant qu'ils avaient réussi à téléporter l'état quantique d'un atome vers un autre atome situé trois mètres plus loin, avec une fiabilité parfaite. Bernard d'Espagnat a sans doute admiré la prouesse technique qu'exige une telle expérience, mais je parierais que sa réalisation ne l'a nullement surpris. Je me plais à la considérer comme un hommage que le réel a voulu rendre à l'homme qui était si sérieusement parti à sa recherche.





# Sommaire

Présentation d'Étienne Klein	III
1. Introduction	1
2. De Démocrite à Pythagore	11
3. Philosophie de l'expérience	17
4. La non-séparabilité	31
5. Interludes méchants et simplistes	59
6. Commentaires sur le scientisme	63
7. Les objections d'Einstein à la philosophie de l'expérience	71
8. Autres approches : éléments pour un scepticisme	83
9. Réel voilé	95
10. Mythes et modèles	123
11. Science et philosophie	145
12. Non-séparabilité et contrafactuelité	161
13. Regards	177
14. Conclusion	201
Appendice I	207
Appendice II	209
Lexique	213
Notes	219
Bibliographie	241
Index	243



# 1

## Introduction

Il serait nécessaire que les spécialistes en divers champs de la pensée aient les uns avec les autres plus de communication que ce n'est actuellement le cas. Mais par leurs motivations, leurs convictions, leurs manières de penser, les êtres humains diffèrent les uns des autres plus qu'il ne semble. Aussi est-il toujours très difficile de jeter des ponts entre des domaines différents de l'esprit. Incompatibilités de notions de base, de langage, conceptions diverses de la rigueur, tout conspire à rendre l'entreprise vraiment ardue.

Surtout, il faut qu'ici les artifices soient proscrits ! En la matière la seule activité convenable semble être de chercher avec patience à découvrir ce qui, en fait de liens, existe de façon naturelle. Tout bien considéré, ni l'esprit ni le monde ne sont, après tout, cloisonnés en compartiments. Des relations entre les divers domaines de la réflexion doivent par conséquent exister. Il suffit de les déceler. Même cette tâche n'est pas aisée car, même maniées avec virtuosité, les brillantes généralités n'y aident guère, étant toujours fondées sur de séduisantes *intuitions*. Or en ce qui concerne, du moins, la science, celle-ci ne progresse dans la voie de l'universalité qu'elle vise que par un incessant travail d'affinement et de généralisation de ses principes. Ce qui a pour conséquence qu'à l'heure actuelle ces derniers s'écartent très appréciablement des idées *intuitives* qu'on peut spontanément avoir. De telles difficultés expliquent sans doute qu'un cloisonnement, qui n'est – encore une fois – ni dans l'esprit ni dans les choses, conditionne cependant nos activités de pensée.

Le contenu du présent livre est le fruit d'une tentative de longue haleine entreprise dans le but de surmonter, autant que faire se peut, de tels obstacles sur la voie des idées. Et cela par l'acquisition de certaines connaissances de faits. La *physique* et le *problème du réel* ont été pris respectivement comme base de départ et comme thème central de réflexion. Ces choix bien entendu ne relèvent pas du hasard. Par-delà les problèmes pratiques,

psychiques, sociaux, esthétiques ou moraux la question relative à la nature de *ce qui est* a toujours paru à l'auteur constituer la question centrale, avec laquelle toutes les autres doivent avoir des liens, plus ou moins ténus, faisant qu'en fin de compte elles en dépendent pour leurs réponses. Et quant à la physique il apparaît de façon manifeste qu'elle est maintenant assez avancée pour qu'on puisse y voir à bon droit la science universelle de la nature : de cette « nature » que – du moins selon les apparences – il semble légitime d'identifier au réel. Même si ce dernier jugement doit en définitive être nuancé – comme on le verra par la suite – il se justifie de toute évidence à titre d'hypothèse de travail.

Il est vrai que les problèmes de connaissance pure ne figurent pas au premier plan des préoccupations *explicites* des êtres humains d'aujourd'hui. Ceux relatifs à la pratique, ou plus généralement à l'action, focalisent tout naturellement l'attention de la presse et des médias, lesquels participent de plus en plus à l'orientation de notre problématique explicite. Bien plus, l'idée – à proprement parler philosophique – que l'action (humaine) prime l'être s'est maintenant répandue, au moins sous une forme implicite et confuse, au point de sous-tendre la plus grande partie de ce qui s'écrit. Mais malgré cela il est légitime d'affirmer que l'intérêt pour les problèmes de pure connaissance et de pure compréhension demeure très considérable. Même, sa vigueur est renforcée par une certaine désillusion qui se dessine à l'heure actuelle à l'égard des nombreuses variantes, idéologiques ou pragmatiques, des philosophies de l'action. On se souvient à ce propos de l'exclamation attribuée par Malraux à tel vieux révolutionnaire de ses amis dans l'un de ses derniers ouvrages : « (la phrase) de Marx que tout le monde cite “il ne s'agit pas seulement de comprendre le Monde il s'agit de le changer” commence à me casser les pieds. Dis donc ? Si on cessait un peu de changer le monde pour essayer de le comprendre pur-et-simplement<sup>2</sup> ! » Il n'en reste pas moins vrai que les philosophies de l'action ont pendant trop longtemps tenu le devant de la scène pour que soient bien nettes les idées générales du public quant aux questions de pure connaissance ou de pure compréhension. Peut-être y a-t-il là précisément une justification valable pour une étude un peu circonstanciée portant sur le sujet.

« Oui – diront certains – mais il n'est nullement assuré qu'une telle étude doive faire appel à la physique car l'argument “physique, science de la nature” n'est pas probant. » Et il est vrai que les personnes qu'intéresse

le problème de la compréhension de ce qui *est* ne se soucient pas toutes de physique. Certaines, en effet, nient *a priori* que la physique – ni non plus aucune autre science – puisse jamais atteindre l'être en soi. D'autres, qu'une telle contestation n'habite pas, estiment à l'inverse que la physique ne nous éclaire que sur des aspects du réel qui sont trop élémentaires et d'une trop grande banalité pour mériter notre attention ; sur la « plomberie de l'Univers » disent même certains d'entre eux, que passionne surtout l'étude qualitative des structures les plus complexes : êtres vivants, êtres humains et sociétés. Encore ne sont-ce là que des exemples des attitudes très variées que l'on peut observer à ce sujet.

Même si elles sont pour une part fondées (ce qui reste à examiner) des réserves de cette espèce ne sauraient manifestement motiver un rejet *a priori* de l'étude ici annoncée. Mais elles montrent qu'une telle étude, même si elle est conduite sur une base scientifique, ne peut ignorer certains problèmes philosophiques fondamentaux et ne doit donc pas passer sous silence les solutions des philosophes. Non pas, assurément, pour en dresser un – fastidieux – catalogue. Mais tout au moins pour signaler et pour examiner les grandes intuitions philosophiques concernant le problème de l'être qui sont intelligibles à l'homme de science. Une telle obligation s'impose avec d'autant plus de force que de pareilles intuitions possèdent très souvent des relations de similitude, d'opposition ou de support mutuel avec les idées que l'étude des fondements de la physique conduit à prendre en considération.

Il faut même dire plus encore. À savoir que l'étendue des facultés de réflexion et d'imagination des philosophes du passé leur a fait découvrir un éventail extrêmement ouvert d'idées possibles. En conséquence, ce que ce livre apportera en définitive de nouveau c'est moins peut-être de nouvelles visions des choses que de nouvelles manières de démontrer l'exactitude de telles ou telles des idées déjà suggérées par certains penseurs éminents : en d'autres termes, de faire le tri parmi des conceptions philosophiques opposées. Sur le plan des résultats il devrait donc, d'une manière générale, plutôt conforter le philosophe que l'irriter, même si la méthode utilisée – qui n'est autre que la méthode scientifique – lui paraît insolite dans le domaine où elle est ici appliquée.

De ce fait même, occasion sera fournie aux philosophes de nuancer, s'ils le croient bon, le jugement sévère de beaucoup d'entre eux sur la science,

accusée d'être mue par la seule passion de dominer ou de vaincre alors que la philosophie serait, elle, issue de l'unique désir d'une compréhension désintéressée. Peut-être apparaîtra-t-il à la lecture de cet ouvrage qu'entre les deux disciplines ce n'est pas là la différence véritable, mais que celle-ci réside plutôt dans le fait que la science, soucieuse de comprendre autant que la philosophie, connaît mieux à certains égards les embûches d'un tel programme, les faiblesses d'une raison appliquée à ce qui dépasse la pratique, et les méthodes « de fourmi » qui permettent – dans une mesure très appréciable – de pallier ces inconvénients.

Pour dire le vrai il y aurait toutefois également excès à accorder une confiance aveugle – dans le domaine de la connaissance du réel ultime – à la pure méthode scientifique, et à ériger sans esprit critique ses résultats en absolus. Infaillible ou presque dans ses équations, qui ne connaissent guère que perfectionnements successifs les adaptant à la description de quantités toujours plus grandes de phénomènes, la physique en revanche a donné naissance au cours des siècles à des vues du monde successives et contradictoires, valables donc seulement en tant que modèles. Assurément la critique n'est pas concluante tant la science est jeune encore et tant elle s'est développée, généralisée et assurée durant les dernières décennies. Néanmoins il serait quelque peu aventureux d'adopter tout uniment tel modèle qu'elle tient aujourd'hui pour plus fécond que tous les autres et de le présenter comme une description fidèle de ce qui *est*. Ici par conséquent on ne procédera pas de cette manière. Pour affiner notre idée naïve du réel on mettra à l'épreuve un certain ensemble de *pseudo-évidences* le concernant, en déduisant de celles-ci – *sans* théorie donc *sans* modèle – certaines conséquences vérifiables en principe par des mesures; et en constatant, dans un second temps, que ces conséquences sont contredites par l'expérience: d'où l'on conclura avec certitude à la *fausseté* de l'une au moins des « évidences » (parmi celles-ci figure évidemment le postulat que le résultat d'une mesure est quelque chose de réel). Ensuite, mais ensuite seulement, on prendra la liberté d'extrapoler le résultat par référence à une théorie universellement admise qui le prédit et qui en prédit d'autres, similaires; et qui, dans le domaine précisément de la prédiction des phénomènes, a fait d'une manière surabondante la preuve de son universalité.

Une objection d'ordre général qui pourrait être faite *a priori* à la méthode est qu'elle part d'un ensemble de faits très précis, et donc limité, pour aboutir à des conclusions d'une très grande généralité. C'est, dirait-on, comme une pyramide qui reposerait sur sa pointe. La réponse à ceci peut être formulée de la façon suivante. D'une part – incontestablement ! – *un seul* contre-exemple, dans *un* domaine précis de faits, suffit à ruiner une hypothèse générale s'il est fermement assuré et si vraiment il prend l'hypothèse en flagrant délit de prédiction fausse. Telle est l'une des plus grandes vertus de la méthode scientifique. Dans le passé, même des constructions admirables de l'esprit, révélant les géniales capacités d'abstraction et de synthèse de leurs auteurs, se sont assez souvent effondrées ainsi sous l'effet d'une réfutation par des faits très particuliers – et de très médiocre apparence – mais intelligemment choisis. D'autre part, encore une fois, les faits expérimentaux dont il s'agit ici, si effectivement ils contredisent certaines hypothèses intuitives concernant la réalité et nous obligent donc à faire évoluer nos conceptions à cet égard, n'en sont pas moins prédits par la *mécanique quantique*, c'est-à-dire par une théorie – ou pour mieux dire par une collection de règles de calcul – apparemment universelle et assurément très féconde, constituant la base de notre intelligence actuelle des phénomènes de la nature.

Dans ces conditions il eût, il est vrai, été concevable de fonder l'évolution de nos conceptions du réel proposée dans le présent livre directement sur la théorie dont il s'agit. Une telle méthode n'a pas été choisie, en partie parce qu'elle est, à tout prendre, moins rigoureuse et en partie pour des raisons d'exposition. Elle eût nécessité la description préalable des aspects techniques de la mécanique quantique, autrement dit l'introduction de longues formules et d'un vaste appareil mathématique, dont la référence directe aux faits ci-dessus mentionnés permet de faire l'économie. En vérité l'économie est ici si considérable qu'elle permet la présentation d'arguments accessibles à tous – car ne faisant appel à aucune connaissance préliminaire – et constituant malgré cela par leur synthèse une véritable *démonstration*. Assurément cela implique – contrepartie inévitable ! – la présence dans l'exposé de passages un peu arides et par conséquent de ruptures de ton dans le livre. C'est ainsi que – malgré le pittoresque des exemples utilisés – le chapitre 4, lequel contient la démonstration en question, demande pour être bien compris à être lu un peu à la manière dont,