

Collège des Bernardins, Paris, le 30 septembre 2009

PHYSIQUE ET RÉALITÉ

Interview de Bernard d'Espagnat

par

Thierry Magnin

Q.1. Vous avez enseigné la physique quantique et la philosophie des sciences. Pouvez-vous nous dire comment physique et philosophie se sont retrouvées dans votre parcours de recherche scientifique ?

R.1 Elles se sont rencontrées d'une manière toute naturelle. Par le seul fait que la physique de pointe d'aujourd'hui est à base de mécanique quantique et que la mécanique quantique pose d'elle-même des questions philosophiques. C'est là un fait que nous allons constater avec évidence au cours de cet entretien.

Q.2. Racontez-nous quelques moments clés de vos recherches de physicien, vous qui appartenez à une génération qui a beaucoup apporté à la physique.

R.2 Un moment-clé a certainement été le jour où John Bell et moi - qui avions des bureaux voisins au CERN et nous connaissions depuis longtemps - avons découvert que, chacun de notre côté et sans trop oser en parler, nous nous posions les mêmes questions quant aux fondements véritables de la mécanique quantique. Mais - vous savez - une clé n'en est une que s'il y a une serrure préparée pour la recevoir ! Et, de même, un moment-clé n'est "clé" pour quelqu'un, qu'en vertu des étapes intellectuelles déjà franchies par ce quelqu'un.

En ce qui me concerne la principale de ces étapes fut la "redécouverte", si j'ose dire, de la notion d'enchevêtrement quantique. La notion émerge tout naturellement des mathématiques de la mécanique quantique mais elle ne se prête à aucune image. Pour l'instant permettez-moi donc, pour répondre simplement à votre question, de remettre toute définition, ou explication, à plus tard et de simplement *mentionner* la redécouverte en question. dont nous aurons à reparler. Je dis "redécouverte" et non pas "découverte" parce que le fait que cet enchevêtrement ("entanglement" en Anglais) est une conséquence incontournable des axiomes de la mécanique quantique avait été noté par Schrödinger depuis longtemps. Il avait même écrit que c'était là la plus importante caractéristique de cette mécanique ! Mais, curieusement, en dépit du prestige de Schrödinger, l'un des "pères fondateurs" de la mécanique quantique, cette forte assertion de lui avait été radicalement oubliée. Au point que le mot même n'apparaissait dans aucun des manuels utilisés pour l'enseignement de cette discipline et que je dus en inventer la traduction en Français (d'autres écrivent "imbrication" ou "intrication", c'est bon aussi !). Toujours est-il que ma découverte personnelle de la chose et de son caractère étrange m'a grandement fait réfléchir. Elle m'a conduit à formuler une distinction (assez technique, donc je glisse) entre mélanges quantiques *propres* et *impropres*, à contester l'opinion (alors répandue) que les problèmes relatifs

à la théorie de l'opération de mesure étaient résolus depuis longtemps et surtout à réaliser que l'idée surprenante d'un enchevêtrement à grande distance ne pouvait être court-circuitée. J'étais donc mûr pour apprécier ma rencontre d'idées (ou plutôt de questionnements !) avec John Bell et surtout l'importance de la grande découverte - en bref la non-séparabilité - qu'il fit presque justement à ce moment là. Mais si vous le voulez bien nous parlerons de ça un peu plus tard.

Q.3. Bien entendu ce n'est pas ici le lieu de vous demander des précisions qui, en effet, ne pourraient être que techniques mais vous nous avez dit que les recherches auxquelles vous venez de faire allusion vous avaient été inspirées par votre réflexion relativement aux fondements de la mécanique quantique. Pouvez-vous nous dire sommairement en quoi consistait cette réflexion?

R.3 Pour cela il faut d'abord que je vous dise quelle est à mes yeux la différence principale entre physique classique et quantique. Elle est que la physique classique est essentiellement *descriptive* alors que la physique quantique est fondamentalement *prédictive*. Et plus précisément: prédictive d'observations.

Dire que la physique classique est descriptive cela signifie que l'on considère sa visée comme étant de lever le voile des apparences: de découvrir et de décrire ce que, sous ce voile, le réel est en soi. Quand ils ont affaire à une théorie de ce type les philosophes disent qu'elle s'insère dans le cadre du *réalisme ontologique*. Le mot "ontologique" est construit à partir de la racine grecque *onto-* qui signifie l'être. Autrement dit, une telle théorie est une théorie pouvant être interprétée comme visant à la connaissance de ce qui *est*. De ce qui existe tout à fait indépendamment de nous. Et c'est bien ainsi que, tout naturellement, la grande majorité des scientifiques comprend la science.

Quand la mécanique quantique apparut il était naturel d'espérer qu'il en irait de même pour elle, qu'elle s'insérerait d'elle-même dans le cadre du réalisme ontologique. Or, si étrange que cela paraisse, quand on essaye de présenter la physique quantique de cette manière, c'est à dire en mettant l'accent sur l'existence dans l'espace de réalités correspondant aux symboles mathématiques que la théorie utilise pour ses prédictions, on tombe sur les pires difficultés. Je n'irai pas jusqu'à dire que ces difficultés sont insolubles. Mais je constate qu'en ce domaine, étudié en tous sens depuis que la physique quantique existe, aucune conception n'a été suffisamment crédible pour s'imposer. Et dans le même ordre d'idées je constate aussi que, dans la théorie, la notion même de choses existant par elles-mêmes, dans l'espace, séparément les unes des autres, tend plus ou moins à s'estomper. A s'estomper au profit d'une certaine globalité qui n'apparaît pas au regard mais se cache dans les équations.

Tout cela est plutôt déconcertant. Et pourtant la physique quantique existe. Dans le domaine de la prévision d'observations elle vole de succès en succès. Et ces succès, finalement, s'expliquent très bien. Ils s'expliquent, justement, par le fait que pour exposer clairement la physique quantique et comment on s'en sert il est inutile de chercher à faire du descriptif. Il faut, naturellement, énoncer ses axiomes constitutifs, mais ceux-ci se présentent eux-mêmes comme des règles de prédiction de ce qui sera observé. Personnellement j'en infère, comme je le disais, que la physique quantique n'est pas descriptive mais seulement prédictive d'observations. Et vu son caractère central, au coeur de quasiment toutes les disciplines scientifiques, je n'hésite pas à dire la même chose de la science elle-même. J'estime donc qu'il faut abandonner le réalisme ontologique. Que nos connaissances ne portent pas sur "le Réel", le *fond des choses*, mais seulement sur la réalité empirique, c'est à dire sur l'image que, vu sa structure et ses capacités finies, l'esprit humain est amené à se former de la réalité en soi. Et compte tenu de la globalité

j'estime qu'il faut même abandonner l'idée que les objets, élémentaires ou composés, existent par eux-mêmes à chaque instant, chacun en un lieu donné. Il est plus vrai de dire que si nous les voyons ainsi c'est parce que la structure de nos sens et de notre esprit nous conduit à les voir de cette manière.

Cette façon de voir n'est certes pas partagée par l'ensemble des scientifiques. Vous remarquerez cependant qu'elle est très loin de m'être personnelle. D'une part elle rejoint les vues de plusieurs neurologues actuels de premier plan, spécialistes de la cognition. Et d'autre part ses grandes lignes rappellent celles d'approches philosophiques telles que le kantisme, le pragmatisme, et même le positivisme. Ce que je viens en somme de vous montrer c'est simplement qu'aujourd'hui elle reçoit indirectement l'appui de la plus féconde des grandes théories physiques fondamentales, ce qui, évidemment lui confère un poids encore plus grand.

Q.4 Soit, mais je me pose une question. Il semble résulter de ce que vous dites que la physique quantique nous conduirait à adopter une philosophie à tendance plus ou moins idéaliste. Or l'un de vos grands apports concerne ce que vous appelez le « réel voilé ». Pourriez-vous nous expliquer ce que vous entendez par ce terme et comment vous reliez cette notion à ce que vous venez de dire ?

R.4 Oui certes. Vous avez sans doute constaté que jusqu'ici le raisonnement a été conduit à partir exclusivement de la physique. Mais de celle-ci nous avons tiré tout ce qu'elle pouvait nous donner. Or oui, personnellement je juge que ce n'est pas un aboutissement. Contrairement aux idéalistes je considère qu'il est *incohérent* de prétendre écarter radicalement la notion d'être. Mais mes raisons de penser cela ne doivent rien à la physique. Elles sont philosophiques et essentiellement au nombre de deux.

- La première, qui sera, je pense, jugée bonne par la plupart des scientifiques, est qu'il y a manifestement quelque chose qui nous résiste. Il arrive - trop souvent hélas ! - que le théoricien construise une théorie parfaitement logique, simple, mathématiquement élégante, dont les conséquences sont soumises à des test expérimentaux, et que le résultat soit négatif. Il est constaté que les faits observés sont incompatibles avec les prévisions de la théorie. Dans ce cas, naturellement, la théorie est rejetée. Ainsi, il y a quelque chose qui a dit NON. Et il faudrait développer une grande acrobatie intellectuelle pour se convaincre que ce quelque chose est encore "nous". En harmonie, je crois, avec la quasi totalité des scientifiques je juge qu'on ne peut raisonnablement le concevoir que comme pleinement extérieur à nous.

- Et ma seconde raison, qui en appellera moins aux scientifiques mais plus peut-être aux philosophes, est celle-ci. Selon les idéalistes la pensée est première par rapport à tout puisque les choses ne sont que des apparences pour la pensée. Or je considère que cette conception n'est pas logiquement défendable, tout simplement parce que pour pouvoir penser il faut être. Je juge donc que c'est la notion d'être qui est première, par rapport à celle de pensée.

Donc, dis-je, il faut conserver la notion d'être, mais en prenant soin de ne pas la revêtir de toutes ces notions - spatialité, localité, temporalité etc. - dont la physique actuelle nous révèle qu'elles sont relatives à nous... et que, implicitement, postulent ceux qui proclament que "l'être, c'est la matière". Cet être, ce Réel ultime, est, dirai-je, fondamentalement inatteignable par les méthodes expérimentalo-déductives de la science, lesquelles ne donnent accès qu'à la réalité empirique, en d'autres termes aux phénomènes c'est à dire aux apparences valables pour tous. Je n'exclus cependant pas que certains traits de la physique - les constantes fondamentales par exemple - puissent correspondre à des attributs vrais de l'être. C'est pourquoi j'appelle celui-ci "le

réel voilé".

Q.5 Un autre élément essentiel de la physique quantique est la « non séparabilité ». De quoi s'agit-il et comment l'interprétez-vous ?

R.5 Comme nous le savons tous, en mécanique quantique il y a une notion très fondamentale qui est celle de fonction d'onde, et une bonne part des recherches qui y sont faites met en jeu son évolution dans tels ou tels cas. Il est donc très tentant de concevoir la fonction d'onde comme représentant la réalité physique du système étudié. Or pensons à un phénomène de choc entre deux particules. *A priori* on se représenterait cela, grosso modo, comme le choc entre deux boules de billard. Les deux boules se rapprochent, s'entrechoquent, et puis se séparent et partent chacune de son côté. En mécanique quantique on traite le phénomène en associant, au départ, une fonction d'onde à chacune des deux particules et l'on dispose d'une équation, celle de Schrödinger, qui permet d'étudier comment le tout va évoluer. Or ce que cette équation nous apprend c'est que, après le choc, il n'est en général plus possible d'attacher une fonction d'onde à chacune des deux particules. Mathématiquement, ce qui existe alors c'est seulement une fonction d'onde indissociablement attachée aux deux particules à la fois. Ce qui fait que tenir la fonction d'onde comme représentative de la réalité du système nous oblige à considérer qu'après le choc les deux particules restent mystérieusement liées, ne forment plus qu'un seul système, et cela indépendamment de la distance séparant les lieux où elles seront observées (nous voyons là bien distinctement apparaître cette notion d'enchevêtrement à grande distance que je mentionnais tout à l'heure).

Cette conclusion paraissant absurde on a cherché divers moyens d'y échapper. Par exemple en supposant que l'entité mathématique représentative du réel n'était pas la fonction d'onde mais une autre entité mathématique, dénommée "matrice densité". Mais on a vite constaté qu'on tombait alors sur une autre difficulté: celle que devenaient inexplicables des corrélations prévues par la mécanique quantique et effectivement observées. D'éminents théoriciens firent alors valoir que jusqu'ici toutes les grandes théories conçues en leurs temps comme définitives se sont avérées périssables, que le même sort attendait vraisemblablement notre actuelle mécanique quantique, et que, sans doute, dans le cadre de la théorie de remplacement de telles difficultés s'évanouiraient. Finalement, durant les deux décennies de l'après-guerre l'idée la plus répandue était qu'il devait s'agir là d'un problème plus philosophique que physique, sans implications expérimentales, et dont les physiciens seraient bien avisés de se détourner.

C'est alors - très précisément en 1964 - qu'eut lieu la découverte de Bell déjà mentionnée, laquelle balaya ces vues pessimistes et montra que la question relevait pleinement de la science. Il s'agit d'un test. Bell montra que si l'on croit au réalisme ontologique et à la localité (influences mutuelles décroissant avec la distance) certaines inégalités entre résultats de mesures doivent être satisfaites, alors que la mécanique quantique prédit qu'elles seront violées.

Les paris étaient ouverts. Se situant dans la ligne d'Einstein (réalisme et localité), John Bell s'attendait plutôt à un résultat positif (inégalités satisfaites) alors que, confiant en les vertus de la mécanique quantique, je pariais plutôt pour une violation. Mais nous jugions évidemment que c'était à l'expérience de trancher et la première chose à obtenir était qu'elle soit faite. Fort heureusement je fus invité par la Société Italienne de Physique à organiser une session de l'Ecole d'Été Enrico Fermi, à Varenna. Celle-ci eut lieu en 1970, j'y invitai Bell ainsi que des physiciens susceptibles d'être intéressés par la question, ce qui contribua à mettre la collectivité physicienne en mouvement. Puis, des difficultés étant apparues, Bell et moi organisâmes conjointement, en

1976, une session d'étude en Sicile, où nous prîmes soin d'inviter les expérimentateurs ayant entamé le travail et leur adjoignîmes un jeune chercheur en optique, Alain Aspect, lequel décida de faire de l'expérience son sujet de thèse. Et c'est lui et sa toute petite équipe qui, en 1982, fournirent le premier résultat pouvant être tenu pour définitif. Il était que la mécanique quantique, une fois encore, avait gagné. Toute théorie conforme au réalisme ontologique et à la localité est fautive. L'enchèvement à distance, alias la non-séparabilité, est scientifiquement prouvé. Seule réserve: il ne permet pas l'envoi de signaux plus rapides que la lumière (ce qui sauve - en un sens - la relativité).

Q.6 Quand certains biologistes matérialistes disent que l'esprit émerge de la matière au cours de la grande évolution du vivant, que leur répondez-vous ?

R.6 Que je n'ai rien contre la théorie de l'évolution mais qu'elle concerne la réalité empirique: ce qui nous apparaît. Tous les objets, y compris les neurones, sont des apparences pour la conscience. Or on ne voit pas comment de simples apparences pour la conscience pourrait engendrer cette même conscience. Je veux bien qu'elle émerge, mais ce ne saurait être que du réel en soi.

Q.7 Comment passer de la réalité empirique du physicien au réel en soi ? Est-ce le domaine de la spiritualité pour vous ?

R.7 Oui en un sens. Ce qui se passe c'est ceci. Puisque, selon ma conception du Réel voilé, la science ne peut plus espérer nous fournir une information exhaustive sur la nature de l'Être en soi, puisqu'elle ne nous donne sur lui que d'incertaines lueurs, elle ne peut pas exclure que d'autres activités de l'esprit nous donnent, elles aussi, d'imprécises lueurs sur lui. Ce qui fait justice de l'idée qu'il y aurait, d'une part, la science, qualifiée et seule qualifiée pour atteindre le fond des choses, et d'autre part l'art, la musique la poésie, l'émotion, confinés au seul agrément. Je dirai que, alors que si, sur le plan de l'accès à la réalité empirique, la science est seule reine, en revanche elle ne jouit d'aucun privilège lorsqu'il s'agit du "fond des choses". Que là, l'émotion, artistique par exemple, se trouve (au moins!) à égalité avec elle, l'une comme l'autre ne nous fournissant que des lueurs - précieuses certes ! - sur un domaine qu'elles ne nous laissent qu'entrevoir.

Marcel Proust est l'auteur qui a le mieux rendu l'expérience de telles "lueurs". Et j'ai récemment lu un petit livre de Jean-Noël Contensou (intitulé Fugue en Dieu majeur) qui les illustre excellemment. Et je dirai que de mon point de vue comme du sien il en va - dans les grandes lignes - de même s'agissant de la spiritualité laquelle est avant tout expérience intérieure. Et qui ne va pas sans le sentiment du mystère.

Q.8 Comment situez-vous votre positionnement métaphysique par rapport à Platon, Spinoza, Jaspers, Schrödinger ?

R.8 L'analogie entre la position de Platon et la mienne tient à ce que, dans le mythe de la Caverne, il souligne que nos sens ne nous donnent accès qu'à des apparences et que ce qui *est* - pour lui, les *Idées* - est d'une nature bien différente de celles-ci. C'est aussi ce que je dis.

Ce qui me rapproche quelque peu de Spinoza c'est qu'il n'admet qu'une seule Substance, qui est Dieu, qui est perçue (ou "conçue") soit comme matière (ou "étendue") soit comme esprit; ce qui rapproche un peu le Dieu spinosien de mon Réel voilé, que nous percevons, soit sous les apparences d'objets soit sous celles d'états de conscience. Mais ce qui m'en éloigne, c'est qu'il considère cette Substance comme connaissable.

Pour la même raison je me sens aussi assez proche de Jaspers quand il affirme que l'être ne peut être ni objet ni sujet et qu'il ne peut être que *l'englobant*, qui ne se manifeste que via une scission sujet-objet. Cet englobant a manifestement quelque similarité avec mon Réel voilé. La différence, bien sûr, étant que j'infère celui-ci à partir de données de la physique.

Quant à Schrödinger, qui se sentait au moins autant philosophe que physicien, il jugeait, comme Mach, que nous disposons d'un jeu de sensations élémentaires avec lesquelles nous pouvons "construire" soit la science soit l'affectivité - le beau et le laid, le bien et le mal, Dieu et l'éternité... ; mais pas les deux à la fois. Il disait là "construire", car il était idéaliste. Dans ma conception du Réel voilé je dirais aussi "construire", mais quand même avec l'idée que par là, au moins dans la branche "science", on arrive malgré tout à glaner d'incertaines lueurs sur le Réel, sur l'Être, les constantes universelles par exemple. Il me paraît alors normal que dans l'autre branche, celle de l'affectivité, on arrive aussi, finalement à certaines lueurs sur l'Être, mais cette fois de type affectif. Et c'est la spiritualité.

Q.9 Vous parlez dans vos livres de "l'appel de l'être". Pouvez-vous préciser ce que vous entendez par là ?

R.9 C'est vrai: dans plusieurs de mes livres j'ai avancé l'idée que l'esprit humain conserverait une sorte de vague "souvenir" (mais a-temporel...) de cet Être "antérieur" à la scission jaspérienne, de cet englobant, apparenté à mon Réel voilé. Je suis même allé jusqu'à évoquer des "ponts-en-fils-d'araignée" qui nous relieraient à cet Être, ainsi que d'énigmatiques "appels de l'Être". Ce sont là des images visant à évoquer le moins mal qu'on le peut des choses ressenties, à la fois incertaines et non tout-à-fait conceptualisables, mais *possibles*: en ce sens que dans la conception du réel voilé elle ne sont pas exclues par les données qu'on a (alors qu'en physique classique elles paraissaient l'être) .

Q.10 Vous avez dit vous intéresser à la théologie apophatique. Quels éléments y trouvez-vous qui apportent quelque chose à votre recherche de physicien philosophe ? Et d'abord, pouvez-vous rappeler brièvement de quoi il s'agit ?

R.10 En deux mots il s'agit de la pensée, dite aussi "théologie négative", d'un auteur vivant sans doute au Vème siècle après Jésus-Christ en Egypte, en Grèce ou en Syrie, adepte de la pensée néo-platonicienne et sur lequel on ne sait rien sinon qu'il s'est fait passer pour le membre de l'Aréopage d'Athènes nommé Denys, converti par Saint Paul au Christianisme. Curieusement, sa pensée n'en est pas moins très profonde et intéressante. Ce que j'y trouve c'est cette idée que pour l'essentiel Dieu - l'Origine, l'Être ultime, le Réel voilé, appelez-le comme vous voudrez - est inaccessible à la pensée conceptualisée, ce qui est bien une sorte de préfiguration de la conception du Réel voilé. Voyez-vous, la plupart des penseurs disent: "par définition ce qui n'est pas conceptualisable ne nous concerne pas: nous n'avons pas à y penser". Ce que j'apprécie en Denys dit l'Aréopagite - parce que je pense comme lui ! - c'est qu'il dit qu'au contraire cet

indicible est essentiel.

Aussi est-ce avec une grande joie que j'ai récemment découvert sur Internet un éloge marqué de cet auteur et de sa théologie dû à une plume autorisée s'il en fut: celle de notre Saint Père Benoît XVI ! Vous le trouverez sans difficulté, il n'est pas long, et je vous suggère de le consulter (si ce n'est déjà fait !).

Q.11 En quoi votre vision du réel peut-elle rejoindre la quête de sens de nos contemporains, ainsi que nos responsabilités en termes d'écologie et d'éthique ?

R.11 En ce qui concerne la quête de sens, aujourd'hui beaucoup croient encore que l'on peut expliquer les choses à partir de l'élémentaire, du bas, en démontrant que les particules élémentaires - conçues comme des *êtres en soi* - se combinent peu à peu pour donner le monde complexe que nous voyons. C'était une conception que la physique classique rendait plausible. Mais nous avons vu qu'elle a échoué. Tant mieux car elle rendait difficile la quête de sens. Au vu de la physique contemporaine je dis que s'il nous faut, à toute force, une explication nous avons à la chercher dans ce qui est plus élevé que nous-mêmes, et qui nous est, par conséquent, mystérieux. C'est le Réel, l'Être, le Divin. Et c'est là qu'on trouve le sens.

Notez que c'est là l'enseignement traditionnel de l'Eglise, auquel je ne fais qu'apporter ce qu'on pourrait appeler un "arc-boutant de crédibilité" supplémentaire, tiré de la physique contemporaine. Et destiné, bien sûr aux personnes en recherche plutôt qu'à celles qui ont la foi, comme on dit, chevillée au corps, et qui n'en ont donc pas besoin.

Même chose en ce qui concerne nos responsabilités en termes d'écologie et d'éthique. Dans les deux cas l'Eglise nous apprend, me semble-t-il, à ne pas entièrement nous focaliser sur le court terme et les amusements d'ici-bas; et, bien sûr, c'est aussi un enseignement qui découle, implicitement, de ce que je dis.