HAL
open science

A LA RECHERCHE DU RÉEL

B. d'Espagnat

▶ **To cite this version:**

B. d'Espagnat. A LA RECHERCHE DU RÉEL. Journal de Physique Colloques, 1981, 42 (C2), pp.C2-99-C2-113. 10.1051/jphyscol:1981205 . jpa-00220691

HAL Id: jpa-00220691

https://hal.science/jpa-00220691

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

JOURNAL DE PHYSIQUE
Colloque C2, supplément au n°3, Tome 42, mars 1981

A LA RECHERCHE DU RÉEL

B. d'Espagnat

Université Paris Sud, Bât. 211, 91405 Orsay, France

Résumé.-Des arguments sont développés à l'appui de trois idées qui sont (a) que le concept de réalité indépendante est nécessaire, (b) que cette réalité est "lointaine" et "non-physique" (en des sens qui sont définis dans le texte) et (c) que nous devons malgré cela nous soucier d'elle.

Abstract.- Arguments are given in support of three ideas, which are: (a) that the concept of (independent) reality is a necessary one, (b) that reality is "remote" and "nonphysical" (the meaning of these words are defined in the text) and (c) that we should nevertheless feel concerned by it.

S'exprimer le dernier est difficile ! Hier soir, même si nous n'avons pas tranché la question (dans la discussion), nous avons, je crois, évoqué toutes les idées possibles : ou du moins toutes celles, ou peu s'en faut, que je pourrais évoquer moi-même ce matin. La seule chose qui reste à faire c'est de tenter d'en faire un résumé, et si possible une synthèse. Mais hélas l'ennui des synthèses c'est qu'elles sont souvent appauvrissantes : la forêt cache les arbres. C'est néanmoins ma synthèse personnelle que je vais essayer de vous présenter.

Le titre de l'exposé, "A la Recherche du Réel", coincide à dessein avec celui d'un livre que j'ai récemment publié et il a été choisi afin de souligner que notre problème n'est pas, selon moi, exclusivement scientifique. Il met en cause la notion de réel, dont, vous le savez bien, au sens strict, la science concernée, je veux dire la physique, fait aujourd'hui l'économie. Etant donné qu'il n'y a pas lieu de répéter des données et des raisonnements qui ont déjà été présentés hier, je me bornerai à vous présenter trois idées qui sont : premièrement que la notion de réel est nécessaire, deuxièmement que le réel est lointain et même non-physique ou "voilé" et troisièmement qu'il est certes voilé mais qu'il faut s'en soucier quand même.

Premièrement : la notion de réel est nécessaire. Mais je précise tout de suite : je ne veux pas dire qu'elle est nécessaire pour la science. Ou pas du moins au premier chef ; et pas pour la science au sens technique -donc positiviste !- du mot. Ce que je veux dire c'est que la notion de réel est, en définitive, nécessaire pour la pensée et je

Article published online by EDP Sciences and available at http://dx.doi.org/10.1051/jphyscol:1981205

m'explique sommairement sur ce point, qui est très général mais essentiel. En premier lieu il faut, je crois, noter que la notion même de réel est ambigüe. On dit parfois que le réel c'est le tangible. Mais on sait assez les insuffisances de ce critère. Qu'entend-on par tangible ? Si c'est ce dont nous avons tous des sensations directes, le champ magnétique est irréel. Si nous y incluons tout ce dont nous avons, ou pouvons avoir, des sensations, mêmes indirectes, alors c'est que nous adhérons au pur opérationalisme. Et que pour nous le "critère de vérifiabilité" est non plus en fait un simple critère mais bien l'élément de base de notre définition du réel. Or il est bien connu que les insuffisances du critère de vérifiabilité ainsi employé ont été reconnues par les philosophes mêmes qui y avaient vu, au début, l'universelle panacée à tous les problèmes de la philosophie des sciences. Il est bien connu, en particulier, qu'une telle approche ne résoud nullement les problèmes de fond que pose l'existence même de l'accord intersubjectif. Et pas davantage ceux qui concernent le sens qu'il est possible de donner aux affirmations concernant le passé. Sans, donc, insister davantage on peut conclure que la réduction du réel au tangible (ou aux "opérations" pour parler de façon plus docte) n'est pas vraiment possible de façon cohérente, même si elle est commode aux fins de "balayer sous le tapis" (pour prendre l'image de Feynman) des difficultés conceptuelles qui impatientent parfois le physicien théoricien.

Dans ces conditions il est légitime de porter intérêt à des conceptions différentes et en particulier à celles d'Einstein. Extrait de sa contribution à l'ouvrage collectif "Louis de Broglie, physicien et penseur"(*), voici sur le sujet qui nous occupe, un texte extrêmement clair de cet auteur.

> ... ma conception d'une thèse qui est rejetée par les plus grands théoriciens actuels :
> Il y a quelque chose comme <u>l'état réel</u> d'un système physique ; lequel état existe objectivement, indépendamment de toute observation ou mesure, et peut en principe être décrit par les moyens de la physique [quels sont les moyens adéquats et donc quels concepts fondamentaux sont à utiliser (points matériels, champs, moyens de détermination encore à inventer), cela, selon moi, est encore inconnu]. Cette thèse sur la réalité [...] a seulement le caractère d'un programme. Mais tous les hommes tiennent fermement à cette thèse, y compris les théoriciens quantiques quand ils ne discutent pas les fondements de la théorie quantique. Nul ne doute, par exemple, qu'à un instant déterminé le centre de gravité de la lune n'occupe une position déterminée, en l'absence, même, d'observateur [...]. Abandonne-t-on cette thèse (laquelle, il est vrai, est arbitraire du point de vue strictement logique) que c'est alors une rude affaire que d'échapper au solipsisme.
>
> A. Einstein

(*) A. George ed. Albin Michel, Paris 1955. On donne ici une traduction nouvelle du texte allemand original.

Ce texte nous révèle plusieurs choses, dont l'une est que la notion d'une réalité indépendante de l'observateur apparaît à Einstein comme essentielle afin d'éviter le solipsisme, ou en d'autres termes afin de résoudre la difficulté mentionnée tout à l'heure concernant l'accord intersubjectif. Quant à la référence à la lune, et aussi à l'opinion intime des théoriciens quantiques en dehors -pour ainsi dire- des "heures de travail", elle reflète certes les vues d'Einstein quant à l'insuffisance du concept de fonction d'onde à tout décrire, mais aussi, plus généralement, l'idée qu'il avait, je crois, que la régularité des phénomènes ne doit pas simplement être décrite mais qu'elle doit aussi, de quelque manière, être expliquée. Cette explication, seul un recours à la notion de réel peut -malgré son aspect de simple programme- nous la donner. Mais ce qui apparaît bien nettement aussi dans ce passage c'est que, contrairement aux reproches qui lui sont souvent faits, Einstein ne cherche en rien à se réfugier dans une vision "passéiste" du concept de réalité, je veux dire dans une conception dans laquelle "l'état réel" d'un système devrait être décrit par les concepts qui nous sont familiers. Une telle conception était, au fond, celle que la physique classique avait, tout naturellement, implicitement adoptée. Mais ici Einstein précise bien qu'elle n'est en rien nécessairement la sienne puisqu'il va même jusqu'à évoquer, à cette fin, des moyens de description encore à inventer. On voit donc combien cet auteur est loin du "réalisme naïf". Mais on voit aussi qu'il est loin du positivisme. En fait sa position, intermédiaire entre ces deux extrêmes (et parfaitement cohérente me semble-t-il) est celle d'un réalisme mathématique. Les deux caractéristiques de ce réalisme sont à mon avis les suivantes. Contrairement au positivisme il implique que la science doit viser à l'ontologie : son problème est vraiment de s'approcher de mieux en mieux d'une description exacte de "ce qui est". Mais contrairement au réalisme dit naïf, contrairement même au réalisme de la physique traditionnelle, il ne postule pas implicitement que nos concepts familiers (petits grains, forces, ondes, etc...) soient nécessairement les concepts adaptés à la description de la réalité indépendante. Il tient au contraire que ces concepts bien adaptés, il est nécessaire de les découvrir, et que c'est la physique mathématique qui les découvre.

La différence la plus importante existant selon moi entre un tel réalisme et le positivisme tient en ceci : le réalisme mathématique ainsi conçu doit exiger que les énoncés des lois fondamentales de la physique soient objectifs au sens fort. J'entends par là qu'ils ne doivent pas contenir de références, mêmes implicites, aux capacités des êtres humains et pas davantage aux limitations de celles-ci. Assurément, les concepts qu'ils mettent en jeu ont été découverts par le biais de l'ex-

périence aidée de la théorie. En ce sens on peut dire que ces concepts sont des "construits". Mais c'est la thèse même du réalisme en question que, si ces concepts sont plus que d'autres efficaces, c'est précisément parce qu'ils épousent avec exactitude -ou du moins sans trop d'inexactitude !- Les structures mêmes de la réalité indépendante. L'objectivité forte des énoncés de la physique garantira dès lors qu'il en va de même des lois que ces derniers formulent. Par contraste le positivisme n'aura évidemment à exiger qu'une forme d'objectivité bien moins difficile à atteindre car, ne croyant pas que la notion même d'une réalité indépendante ait un sens bien net, il devra seulement exiger que les énoncés des lois scientifiques soient valables pour n'importe quel observateur. En vue de futures références il est commode d'appeler "objectivité faible" cette seconde forme d'objectivité, qui, on le voit, à la différence de l'autre, permet aux énoncés des lois fondamentales de prendre la forme de simples règles universelles : de règles du type "si on fait ceci, on observe cela".

Deuxièmement : le réel est lointain et même non physique. J'aborde ici le deuxième volet de cet exposé. Par lointain j'entends que le réel n'est décidément descriptible ni par le seul moyen de nos concepts familiers ni même par l'usage d'extrapolations de ceux-ci. Compte tenu de ce qui a été dit jusqu'ici une telle affirmation n'a rien pour nous surprendre. Une théorie physique telle que la Relativité générale (classique bien entendu) est une théorie dans laquelle la réalité est lointaine dans le sens qui vient d'être dit. De façon générale pour avoir des chances d'être vrai le réalisme mathématique dont il était question tout à l'heure doit, on le sait depuis Einstein, prendre la forme d'un réalisme lointain.

Mais dans le cadre d'un réalisme mathématique, si lointain qu'il soit, il y a certains critères d'adéquation des énoncés à la réalité qui semblent peu ou prou s'imposer. Si une loi physique donnée est, à la fois, parfaitement générale, exprimable en terme d'objectivité forte et simple et élégante au plan mathématique, on sera à peu près nécessairement conduit à considérer que cette loi fait plus qu'énoncer une simple règle, valable au plan opérationnel. On sera porté à considérer qu'elle exprime une propriété de la réalité indépendante, telle que celle-ci est vraiment. Si, en effet, on refusait une telle confiance même à une loi de cette nature, à quel énoncé de la physique l'accorderait-on ? Et si on ne l'accordait à aucun, quel sens cela aurait-il d'aller parler de réalisme mathématique ?

Or en physique moderne il existe en particulier une loi qui réunit toutes les qualités qu'on vient de dire. Il s'agit de celle souvent dénommée "principe de causalité relativiste", c'est-à-dire de la loi

selon laquelle aucun signal ne se propage plus vite que la lumière. Assurément, pour un opérationaliste radical un signal est, comme son nom même l'indique, une entité qui sert ou peut servir (au moins en droit) à des êtres humains à échanger telles ou telles informations. Un opérationaliste insistera donc peut-être pour que l'on n'attribue au "principe de causalité relativiste" ainsi introduit qu'une pure et simple objectivité faible. Mais pour un partisan du réalisme mathématique il est, pour les raisons qu'on vient de dire, impensable de s'en tenir là. Au principe en question il devra exiger que soit attribué une objectivité forte : ou, autrement dit, il devra exiger que la notion de signal soit conçue elle-même comme ayant un sens pouvant se référer à la réalité indépendante. Dans l'énoncé de ce principe il identifiera donc la notion de signal à celle d'influence physique et il énoncera "aucune influence physique ne peut se propager plus vite que la lumière". Pour pouvoir dans la suite m'y référer sans ambiguité permettez-moi de donner à cette version du principe de causalité relativiste un autre nom. N'importe lequel fera l'affaire. Dans la littérature récente on en trouve deux : "principe de séparabilité" et "principe de localité". Puisqu' il faut faire un choix je choisis, disons le premier.

Il n'importe de remarquer que la prise en considération du principe de séparabilité nécessite évidemment que les concepts qui y figurent aient eux-mêmes un sens précis. Il faut donc que la notion d'influence physique ait un sens nettement défini, pouvant se référer à la réalité indépendante. Et comme une condition nécessaire pour qu'il en soit ainsi est évidemment qu'ait un sens le concept de localisation d'un système physique en telle ou telle région de l'espace -et que cette localisation nous apparaît comme une propriété des systèmes dont il s'agit- il faut aussi que, plus généralement, la notion de propriétés des systèmes ait un sens pouvant lui aussi être référé à la réalité indépendante. Il se trouve qu'il n'est pas absolument élémentaire de définir les notions d'influence et celle de propriété de manière à répondre à ces exigences mais que cependant la chose est faisable. Toutefois, c'est là un sujet sur lequel aujourd'hui je n'ai pas le temps de m'apesantir.

Ainsi donc, disons pour nous résumer que dans le cadre du réalisme mathématique nous nous trouvons plus ou moins contraints -ou en tous cas fortement incités- à croire à l'exactitude du principe de séparabilité. Or nous sommes là au coeur du problème qui nous a occupé au cours de ce colloque : en effet (je n'y reviens pas car la chose a été très abondamment exposée hier) à partir du principe de séparabilité (qui n'a un sens, je le répète, que dans le cadre du réalisme) on déduit, par un appel à l'induction qui n'a rien que de très classique, les inégalités

de Bell. Et comme celles-ci sont violées dans certains cas on aboutit à une contradiction. Dans le cadre d'une conception réaliste je ne vois pour ma part d'autre solution à ce problème que l'abandon du principe de séparabilité. Ceci signifie schématiquement (sur ce point non plus je n'ai pas le temps de m'étendre) soit que certains systèmes actuellement éloignés les uns des autres doivent dans tels ou tels cas être considérés comme constituant un seul système, soit qu'entre des systèmes éloignés existent des influences plus rapides que la lumière (entre ces deux manières de concevoir la non-séparabilité il n'existe pas actuellement de discrimination concevable par aucun moyen expérimental, il se pourrait donc qu'il ne s'agisse que de deux manières différentes d'exprimer une même vérité).

Entre l'idée de l'existence d'influences plus rapides que la lumière et ce que nous appelions tout à l'heure le principe de causalité relativiste il n'y a pas de contradiction logique du fait que l'on peut montrer que les influences en question ne permettent pas l'échange d'informations. Il n'en reste pas moins que, en raison de la quasi nécessité (notée tout à l'heure) où le réalisme mathématique se trouve d'accepter le principe de séparabilité, l'abandon de ce dernier principe a des conséquences extraordinairement importantes. Certes à priori on pourrait encore espérer, malgré cet abandon, pouvoir conserver les principes du réalisme mathématique : en d'autres termes on pourrait à priori espérer édifier une physique dont les lois et principes seraient objectifs au sens fort. Mais si vraiment la réalité indépendante est non séparable, que pourrait être cette physique ? Il faut bien, à ce sujet, constater ceci : premièrement, il est maintenant clair que la physique moderne n'est pas engagée dans cette voie. Bien au contraire, elle est de plus en plus opérationaliste : ses points d'ancrage n'ont plus rien à voir avec la notion de réalité indépendante mais sont au contraire les deux notions de "préparation des états" et de "mesure des observables" qui sont toutes deux très typiquement des notions de nature opérationnelle. Deuxièmement, même s'il est vrai qu'il existe encore des tentatives d'édification d'une physique dont les énoncés seraient objectifs au sens fort, aucune de ces tentatives n'est convaincante et la preuve en est qu'aucune n'est parvenue à retenir sérieusement l'attention de la majorité des physiciens théoriciens. A l'intention de ceux d'entre vous qui en ont entendu parler, je dirai seulement que je pense ici en particulier à trois modèles qui sont : le modèle à paramètres cachés de Louis de Broglie et David Bohm complété, pour le spin, par J.S. Bell, le modèle dualiste de Wigner et le modèle d'Everett-Wheeler. Pour la suite, je noterai simplement ceci que l'un des deux au moins -le second- fait intervenir la conscience en tant qu'agent : je dis au

moins car si les deux autres prétendent se passer de cet élément, la mesure dans laquelle, en fait, ils y parviennent est assez loin d'être évidente. C'est là encore un point que le manque de temps m'interdit d'aborder ici malgré son très grand intérêt.

Finalement, ma conclusion personnelle sur tout ceci, c'est que l'espoir dont je parlais il y a quelques minutes ne paraît en rien en voie de se concrétiser. La physique ne semble pas du tout en passe de nous fournir une description du réel, même dans le cadre d'un réalisme seulement lointain et je soupçonne même qu'elle n'en est pas capable. Ce qui peut s'exprimer en disant que le réel est non-physique, ou est voilé. Il n'en reste pas moins que l'ensemble des recherches dont nous avons parlé dans ce colloque me paraît d'un grand intérêt, en particulier parce que, précisément, elles ont ramené l'attention sur ce problème du réel, en le faisant un peu descendre de l'empyrée métaphysique. De ces recherches et de celles qui les précédèrent découle en outre me semble-t-il une vision "la moins improbable" de ce réel : vision qui incorpore une certaine globalité (déjà plus qu'entrevue par des physiciens tels que Heisenberg, Schrödinger ou Bohr) et aussi sans doute une certaine complémentarité entre pensée et étendue.

Troisièmement : le réel est certes voilé mais il faut s'en soucier quand même. Chacun, maintenant, le reconnait : la vision que l'homme actuel possède du monde, et de son rôle dans le monde n'est ni très nette ni très satisfaisante. Il est banal de dire qu'il ploie sous le joug soit de la misère, soit de la répression idéologique, soit de la vanité consommatrice. Bien-sûr il y a encore des activités remarquables de la pensée. Mais le tout est terriblement fragmentaire et presque dérisoire vis-à-vis en particulier de la vanité consommatrice.

L'explication que je propose -il s'agit évidemment d'une pure et simple opinion- c'est que tout ceci est dû en partie à ce que l'homme contemporain des sociétés avancées s'est volontairement privé de tout contact, réel ou supposé, avec quoi que ce soit qu'on puisse nommer l'être. En d'autres termes, je crois que l'homme a absolument besoin de tendre à adhérer au réel. C'est ce qui a fait la force et la séduction de la science du XIXème siècle. C'est ce qui fait encore, en particulier dans le tiers du monde, la force et la séduction des religions. Et, a contrario, c'est, je crois, l'abandon de cette visée qui crée le malaise des sociétés développées. Car quand on ne vise plus le réel, les seuls critères de valeur d'une activité culturelle quelconque sont finalement l'action et le nouveau. Et bien sûr se sont là des éléments indispensables. Mais qui deviennent catastrophiques dès qu'ils jouent le rôle de critère unique ce qui est le cas aujourd'hui : car ils aboutissent alors à successivement valoriser puis dévaloriser n'importe

quoi. Je crois donc que, en particulier, les personnes qui, avec beaucoup de générosité, se passionnent pour le tiers-monde devraient se soucier non seulement de lui apporter quelque chose mais aussi de recevoir quelque chose de lui : et que ce quelque chose devrait précisément être ce sens de l'Etre, ou si vous préférez de la réalité profonde.

Mais il ne faut pas non plus verser ni dans l'obscurantisme, ni surtout dans le fanatisme. Et c'est là justement que les leçons de la science deviennent utiles. Toujours le fanatisme procède en érigeant en vérité littérale ce qui, précisément ne peut pas l'être. Le fanatisme est donc toujours un réalisme proche. La bonne manière de le combattre ce n'est pas du tout de nier l'être (comme le font trop d'intellectuels qui tombent dans le piège du "nouveau en soi") c'est de reconnaître que l'être, le réel, ne peut être visé que par des sortes de métaphores : les mythes en ce qui concerne l'art et les religions, les modèles en ce qui concerne la science. En sachant que ce sont des modèles et des mythes.

Donc, schématiquement, vous voyez, pour ma part je suis certainement infidèle à Einstein en ceci que je ne crois plus guère à la possibilité de construction d'une ontologie qui soit mathématique et purement mathématique. Mais je lui suis fidèle cependant en ceci que, comme lui, je crois que l'homme n'a finalement pas de but ultime plus valable que celui qui consiste à se rapprocher de la connaissance du réel.

Discussion après l'exposé de : B. d'Espagnat

Intervention de : A . Shimony

The idea of "le réel voilé" goes back at least to Thales, who held that there is one real underlying substance which has many manifestations. In fact the idea is pre-philosophical, because it is reasonable to believe that some distinction between appearance and reality was recognized in pre-literate societies. The difficult problem is systematically to characterize what is real and what is apparent. It was a great achievement of Democritus to ascribe the sweetness of the sugar to the interaction of the real particles with the human sensory system. It was also a great achievement of his to understand that the explanation of appearances is the clue to our knowledge of the real.

In general outline the situation today in inferring the character of the "réel voilé" is not different from the situation facing Democritus. The details, of course, are enormously different. On the one hand, we now have extraordinarily precise and controlled methods of investigating appearances. On the other, we have extraordinarily successful characterizations of various aspects of the "réel voilé", that is, successful in the explanations and predictions made about appearances. What is missing is a coherent combination of various aspects: (i) the wave functions, which correctly predict spectroscopic data, etc...; (ii) the relativistic geometry of space-time ; and finally (iii) the occurrence of definite physical events. It seems to me premature to conclude that the resources of a purely physical combination of these aspects have been exhausted. The expression in A la Recherche du Réel, p. 92, "un réalisme non physique ou théorie du réel voilé" suggests that the possibilities of a purely physical solution to the current problems in the foundations of quantum mechanics have been exhausted, if I read Prof. D'Espagnat correctly. But might not the answer lie in a modification of current notions of space-time structure, so that space-time "in the small" would have a radically different structure from that of relativity theory, and the latter would result from the former by "averaging" or "washing out" ? And might not quantum non-locality be a clue to this structure "in the small" ? Clearly, such a conjecture is very vague. Some doubt may be cast upon it by the success of relativity theory in investigations of elementary particles. But maybe the scale of distances in current elementary particle research is too large to

exhibit the conjectured structure of space-time "in the small". The speculations of Roger Penrose may turn out to be relevant to the foundations of quantum mechanics. (See his article in Magic without Magic, ed. by Klauder.)

I have no objection ultimately to a "réel voilé" which is partly or even fundamentally mental. Nevertheless, its structure will probably be such as to permit a "physical level" to be defined. The problems in the foundations of quantum mechanics have a sufficiently physical "flavor" that one can hope to solve them at this level. As difficult as these problems are, they seem to me orders of magnitude less difficult than the mind-body problem, which Schopenhauer called "the world riddle".

Intervention de : J . Vuillemin

1° Je regrette que, pressé par le temps, Mr d'Espagnat n'ait pas pu développer la partie de son exposé portant sur les notions de propriété, de cause et de loi naturelle. J'ai beaucoup admiré sa façon d'utiliser les définitions "partielles" de Carnap pour traduire le point de vue de Bohr. Le réalisme, quant à lui, exige plus. Pour exprimer une loi naturelle, on ne saurait se passer de conditionnels de l'irréel et ces derniers font intervenir des notions modales ("il est nécessaire que si p alors q). Au point de vue logique, l'intervention des notions modales -qui ne sont pas des fonctions de vérité- ne va pas sans danger. Si, comme je suis prêt à l'admettre, le réalisme ne peut s'exprimer qu'au moyen d'un langage modal, comme ce langage a le défaut de ne pas être extensionnel, cela montre que, préalablement aux difficultés physiques qu'il entraîne, le réalisme souffre, dans sa logique même, de difficultés qui lui sont propres.

2° Mr d'Espagnat présente son réalisme non physique comme imposé par la physique et sa probable évolution. Je me demande si la physique n'impose pas des déterminations plus spécifiques à la philosophie.

3° Quel est l'ensemble des conséquences logiques de la non-localité ? Quelles sont les intentions du sens commun et de sa philosophie spontanée que met en cause la violation des inégalités de Bell ?

Intervention de : A. Berthelot

Il me semble que dans l'argumentation qui conduit à conclure à la validité des inégalités de Bell à partir des trois prémisses : 1/ Existence d'une réalité, 2/ Séparabilité, 3/ Induction, et par voie de conséquence à admettre la violation de la séparabilité, il existe

une hypothèse implicite : le monde dans lequel se déroulent les expériences est déterministe. Cela concerne les points 1 et 3.

En ce qui concerne le point 1, j'ai exposé par ailleurs les arguments qui me conduisent à cette vue des choses et je n'y reviendrai pas en détail ici. Je dirai seulement que postuler l'existence d'une réalité constitue seulement un cadre et qu'il me paraît nécessaire pour pouvoir l'utiliser de l'assortir d'un critère qui permette de faire le tri entre ce qui est réel et ce qui ne l'est pas. En examinant les textes que vous avez publié sur cette question pour voir de quelle manière cette prémisse intervenait dans le raisonnement il m'a bien semblé que le réel qui était invoqué était très inspiré de ce qu'on appelle réel dans la vie courante en y incluant le déterminisme qui lui est associé.

En ce qui concerne le point 3, il me semble que le postulat d'induction ne peut être invoqué que dans un monde que l'on sait déterministe. Pour reprendre l'exemple du morceau de sucre, il aura, dans un monde probabiliste, une probabilité p de se dissoudre et une probabilité 1-p de ne pas se dissoudre. Ce n'est pas parce que j'aurais fait un grand nombre de fois l'expérience et constaté qu'à chaque fois le morceau de sucre s'est dissous que j'aurai le droit de dire : le sucre est soluble. Je n'aurai jamais la certitude qu'en répétant une fois de plus l'expérience, je ne vais pas trouver un morceau de sucre tout à fait identique aux autres qui va refuser de se dissoudre.

Tout ce que je pourrais dire est que p est voisin de 1 et estimer une valeur limite.

Intervention de : M. Paty

Une chose me frappe dans la démarche de d'Espagnat : parti d'une position réaliste -que je partage- il aboutit à une attitude positiviste de fait. Le point de départ est l'existence d'une réalité -d'un Réel- qui préexiste à la pensée et lui est extérieur ; le point d'arrivée est la constatation que la physique actuelle ne permet pas d'objectivité au sens du réalisme (ce que d'Espagnat appelle "objectivité forte") mais seulement une intersubjectivité (ce qu'il appelle "objectivité faible"). Pour Einstein, affirmer une position réaliste, cela signifiait non seulement qu'il existe une réalité, mais que la pensée -et pour lui, la physique- avait le pouvoir de se représenter cette réalité, même si ce n'est que de manière approchée et perfectible. Pour d'Espagnat, il faut perdre cet espoir, et la pensée physique est incapable de parvenir à cette réalité postulée : le réel est "non-physique", il "ne pourra jamais être atteint, même asysmptotiquement, par la pure physique".

Cela me laisse insatisfait, mais également perplexe. Car il me semble qu'une position véritablement réaliste ne peut être abandonnée en cours de route -ce que fait à mon avis d'Espagnat en lâchant la pertinence de la physique relativement à l'approche de ce réel. Cela reviendrait à admettre que le réalisme physique -au sens du postulat réaliste et de la pertinence de l'approche physique- est invalidé par l'expérience, c'est-à-dire qu'une philosophie, ou une épistémologie, peut être controuvée, ou non, par l'expérience. Au dégré de généralité que nous considérons ici -l'affirmation ou non de réalisme-, une philosophie ne me paraît pas être décidable expérimentalement, ou scientifiquement. Il s'agit d'une position qui rend possible un processus de pensée, une approche scientifique : donc d'un cadre général, d'une exigence de la pensée. Avant de l'abandonner il me paraît nécessaire de la pousser à fond et de voir ce qu'elle implique quant aux concepts ou aux principes de la théorie que l'on considère.

Si d'Espagnat abandonne en cours de route le réalisme physique, c'est en définitive parce que la théorie physique est impuissante à éviter la non-localité : elle ne rend pas compte de la séparation locale, laquelle lui paraît donc être une exigence de la pensée plus fondamentale que celle de réalisme physique (ou d'objectivité forte selon sa terminologie). C'est sur ce choix de priorité que je ne suis pas d'accord avec lui. Car, favoriser le concept de séparabilité locale, c'est en fait privilégier les concepts classiques, issus de la physique classique (voire du réalisme naïf) -et nous en revenons bien à cette question centrale des rapports entre concepts quantiques et concepts classiques. Pousser à fond l'exigence de réalisme physique, cela reviendrait à interroger davantage les concepts, à se demander ce que peuvent être des concepts proprement quantiques, à inventorier plus à fond le problème de la traduction des concepts quantiques en concepts classiques. La démarche de d'Espagnat me paraît aller au contraire dans le sens d'une limitation à priori de la connaissance possible. Il y a des limites, qui sont inhérentes à une caractérisation du domaine quantique en termes de concepts classiques. Doit-on prendre ces limites pour des absolus ? Bachelard a écrit, à propos de cette question des limites posées à priori à la connaissance scientifique par nos idées préconçues, que la pensée scientifique, au cours de son histoire était toujours parvenue soit à les contourner, soit à les dissoudre.

Il est certain que pour Bohr et Heisenberg -ils l'ont exprimé à de multiples reprises-, les concepts que l'on doit utiliser en microphysique sont nécessairement des concepts classiques, parce que nous n'en avons pas d'autre. Est-ce aussi sûr ? En se formalisant, la mécanique quantique me paraît avoir forgé des concepts qui ne sont rien moins que

classiques, et qui n'ont pas d'analogue classique. Ces concepts n'ont pas une traduction familière : la seule façon de les exprimer est une façon indirecte, mathématisée, abstraite. Même si l'on trouve dans la mécanique quantique motif à une insatisfaction fondamentale, on doit considérer qu'elle a construit des concepts abstraits, sans équivalent pour notre intuition, mais pertinents quant à leur objet. Incidemment, Einstein -auquel on revient toujours en de telles matières, car il est bien, décidément, au centre de nos questionnements- revendiquait pour une théorie future profonde et adéquate ce caractère construit et indirect des concepts (voir la lettre à de Broglie citée précédemment). Ceci dit, bien sûr, sans évacuer son exigence de localité pour une théorie du champ, et le caractère fondamental qu'il attribuait à la représentation spatiale, dans la perspective d'une géométrisation. Même si la critique conceptuelle à effectuer dans le domaine quantique semble peu compatible avec cette voie, l'exigence qu'il exprime quant à la nécessité d'une construction de concepts apparemment éloignés de l'expérience -et donc de l'expérience immédiate, familière, de l'intuition pratique- me paraît devoir être soulignée.

J'ai évoqué plus haut le problème du passage, ou de la traduction, des concepts quantiques en concepts classiques : cela fait notamment référence au problème de la mesure, longtemps traité philosophiquement (la réduction du paquet d'onde, l'intervention de l'observation dans la définition du phénomène, les potentialités de Heisenberg, etc...), mais qui est, me semble-t-il, un problème physique. Il serait extrêmement utile de pouvoir faire le point sur ce problème : notamment dans quelle mesure on a avancé en direction d'une interaction entre le système quantique étudié, et les éléments microscopiques du système macroscopique de mesure. Le problème physique de la mesure me paraît être ici le problème fondamental.

L'autre problème majeur, celui de la non-séparabilité, me paraît être au contraire d'une nature épistémologique ; c'est, je crois, le grand mérite du théorème de Bell et des expériences qui ont suivi d'avoir permis de le voir clairement, sans échappatoire (sous réserve, bien entendu, du résultat d'expériences du type de celle d'Alain Aspect : mais il serait étonnant que ce résultat s'oppose aux conclusions actuelles sur la non-séparabilité ...).

Réponses aux interventions de MM. Berthelot, Paty, Shimony et Vuillemin par B. d'Espagnat.

Puisque j'ai déjà eu l'occasion de m'exprimer devant vous assez longuement je serai maintenant bref dans mes réponses.

En ce qui concerne d'abord l'intervention de M. Vuillemin, je dirai qu'il me paraîtrait bien difficile de ne pas reconnaître sa pertinence. A mon sens, les questions formulées en ses points 2 et 3 esquissent, en fait ce qu'il ne serait pas trop fort d'appeler un programme de futures recherches dans le domaine considéré. Mais il sera sans doute de mon avis : ce n'est certes pas aujourd'hui que l'on pourra répondre valablement et de façon précise aux questions dont il s'agit.

En ce qui concerne l'intervention de M. Shimony je voudrais juste dire ceci. Je tiens essentiellement à ne pas être dogmatique et, par conséquent, à priori je n'exclus nullement la possibilité d'un futur "dévoilement" par la physique du réel actuellement "voilé". Ce que je dis seulement c'est que, au vu de l'état actuel de la physique tel que tout à l'heure j'ai cherché à la résumer (caractère essentiellement opérationaliste des recherches dites "de physique sérieuse", impuissance à choisir entre des modèles réalistes dont aucun n'entraine l'adhésion), au vu dis-je de cet état de choses, la possibilité du dévoilement ultime dont je parlais m'apparaît assez peu probable. S'il faut parier maintenant, eh bien, ma foi, je parie plutôt pour l'inverse. Et si je le dis c'est essentiellement pour que nous ne nous formions pas une idée fausse de la physique et de ses possibilités. Mais je ne prétends pas décourager la continuation des recherches sur le dévoilement, par exemple dans le sens qu'esquissait M. Shimony (mentionnerai-je au surplus que j'ai toujours fort admiré Guillaume d'Orange et sa devise bien connue, que, pour entreprendre, espérer n'est pas nécessaire ?).

En partie, ce que je viens de dire constitue aussi une réponse à l'intervention de M. Paty. Au sujet de celle-ci je dirai cependant de plus que M. Paty ne m'entend pas exactement quand il affirme que si je renonce au réalisme physique c'est parce que la théorie est impuissante à éviter la non-localité. Si en effet nous disposions d'une théorie physique réaliste et non locale qui fut convaincante et donc acceptée par la communauté des physiciens je m'y rallierais volontiers. Comme je le disais à l'instant, la raison de mon scepticisme c'est que justement tel n'est pas le cas (et ce n'est pas très étonnant vu la difficulté d'accès au non local qu'éprouve cet être éminement local qu'est l'homme). Cela dit, M. Paty a tout à fait raison de souligner l'intérêt du problème de la mesure en mécanique quantique, problème que j'ai toujours,

moi aussi, estimé central : au point d'écrire tout un livre, pratiquement, sur ce seul sujet[+]. Mais les conclusions de ce livre sont, elles aussi, assez négatives pour ce qui est du réalisme.

Enfin je dirai que ne ne suis pas non plus tout à fait d'accord avec le début de l'intervention de M. Paty, début dans lequel il pose en somme qu'une attitude philosophique adoptée au départ ne saurait être ensuite controuvée par l'expérience. Je pense, moi, qu'en tous cas elle peut être affinée. Et sur ce point, aussi, je crois que si M. Paty me fait quelques reproches c'est que, sans doute, je n'ai pas su pleinement me faire entendre. Je pose, certes, le réalisme, dont je ne crois pas pouvoir me passer au titre d'explication ultime des régularités des phénomènes. Pour moi ce réalisme n'est donc pas une "hypothèse" au sens scientifique du terme, c'est-à-dire controlable par l'expérience. Mais, en revanche, le réalisme physique lui, est -pour moi- une hypothèse de ce type ou du moins s'en rapproche beaucoup. Si cette hypothèse, celle du réalisme physique, n'est pas, en toute rigueur falsifiable, du moins peut-elle être rendue peu vraisemblable par l'inspection de la physique telle qu'elle est. Et, encore une fois, c'est là, selon moi, justement ce qui se produit.

En ce qui concerne, enfin, l'intervention de M. Berthelot, permettez moi d'être très, peut-être trop, schématique. Je pense, comme lui que tout ce que l'on peut faire dans le cas qu'il décrit, c'est de dire que ρ est voisin de 1 et d'estimer une valeur limite. Mais (en transposant aux expériences relatives aux inégalités de Bell) il me semble que cela suffit : car les expériences préliminaires peuvent être supposées répétées un nombre de fois aussi grand qu'il est nécessaire.

[+] Conceptual Foundations of Quantum Mechanics, Benjamin, USA (2nd ed. 1976).