

## **Merleau-Ponty** **Merleau-Ponty et la physique contemporaine<sup>1</sup>**

**Bernard d'Espagnat**

Philopsis : Revue numérique  
<https://philopsis.fr>

---

Les articles publiés sur Philopsis sont protégés par le droit d'auteur. Toute reproduction intégrale ou partielle doit faire l'objet d'une demande d'autorisation auprès des éditeurs et des auteurs. Vous pouvez citer librement cet article en en mentionnant l'auteur et la provenance.

En prélude à notre réunion M. Pascal Dupond a eu l'amabilité de me communiquer un relevé de notes prises il y a quelques lustres par Maurice Merleau-Ponty relativement aux questions philosophiques que pose la physique contemporaine.

Ces notes, très intéressantes en elles-mêmes, m'ont aussi rassuré quant à un point particulier. Durant ces dernières décennies on a intensément parlé d'incommensurabilité entre les pensées des uns et des autres et en particulier, entre philosophes et physiciens. En abordant ce document j'avais donc peur de me trouver, vis-à-vis de lui, dans une situation d'incommensurabilité. Or, à ma grande satisfaction, j'ai tout de suite constaté que : non. Les mêmes questions nous préoccupent. Je pense donc qu'il est indiqué que, pour ce qui est du choix des sujets à examiner, je m'appuie pas mal sur ces notes. Toutefois elles sont assez touffues. Schématiquement, Merleau-Ponty s'y interroge d'abord sur la causalité, ensuite sur la notion d'objet, ensuite encore sur les "questions que la Nature pose", essentiellement sous l'angle de la relativité, et enfin il esquisse les très grandes lignes d'une conclusion. Il est impossible de reprendre le tout dans un simple exposé. Si vous le voulez bien, je vais donc, au moins au départ, me focaliser sur un de ces thèmes, à savoir, la notion d'objet. Les questions que Merleau-Ponty pose dans ce cadre sont tout à fait intéressantes et je vais commencer par leur examen, avant de compléter la chose par celui d'autres questions liées aux premières et de vous exposer certaines découvertes récentes que notre auteur n'a pu connaître.

---

<sup>1</sup> Exposé de Bernard d'Espagnat, invité à une journée de formation des professeurs de philosophie de l'Académie de Toulouse en 1998.

Sur ce thème Merleau-Ponty note d'abord que les problèmes essentiels pour la physique ne concernent pas au premier chef la causalité mais les notions de *chose* et de *propriété*, de *substance* et de *accident*. En cela il a, bien sûr, absolument raison. Lors de l'avènement de la mécanique quantique ce qui, en elle, a immédiatement frappé, et scandalisé, le public fut son indéterminisme intrinsèque. Tout le monde connaît la fameuse boutade d'Einstein : " le bon Dieu ne joue pas aux dés ! ". Mais, au delà de la boutade, Einstein lui-même était, dès cet époque, conscient du fait que la plus grande rupture entre la mécanique quantique et les idées usuelles concernait la notion d'objet. Pour parler de cette rupture Merleau-Ponty emploie une expression un peu vague : " l'objet devient collectif et non plus individu solide ". Ce qui est sûr c'est ceci : partons de l'image classique grossière qui représente l'atome comme un système solaire en miniature, les électrons tournant autour du noyau comme les planètes autour du Soleil. Une image déjà moins grossière consiste à remplacer les orbites par des fonctions d'onde. Dans des atomes un peu gros, les zones où ces fonctions d'onde ne sont pas nulles (et qui jouent un peu le rôle d'orbites) ont la forme de chambres à air de bicyclettes, et leur intensité en chaque point mesure la probabilité qu'on aurait de trouver l'électron à cet endroit si on l'y cherchait. Mais il y a deux énormes différences avec le système solaires, qui sont :

1° - On n'a pas le droit d'interpréter cette probabilité comme une probabilité de présence, de s'imaginer qu'à un instant donné l'électron *est* en un point donné, ou en une région donnée de l'orbite. Ce qui implique entre autres, comme Merleau-Ponty le dit, que l'électron n'a rien d'un individu solide.

2° Et il y a pire : on ne peut même pas dire que chaque électron a sa fonction d'onde, comme chaque planète a son orbite. En vertu d'un certain *principe d'antisymétrie*, chaque électron doit être considéré comme occupant toutes les "orbites" à la fois. Quand Merleau-Ponty écrit que l'électron "devient collectif" c'est peut-être à cela qu'il se réfère. En tout cas, c'est ce principe d'antisymétrie qui justifie ce que Merleau-Ponty écrit un peu plus loin, à savoir que "le nombre 2 appliqué à deux électrons n'a pas le même sens qu'appliqué à deux pommes". En physique statistique lui donner le même sens conduirait à des contradictions avec les données expérimentales..

Ensuite, tout ceci conduit Merleau-Ponty à s'interroger sur le degré de compatibilité entre la physique quantique et la philosophie de Kant. Et effectivement c'est là, encore aujourd'hui, une question très intéressante.

Vous savez sans doute qu'en dépit de tous les bouleversements beaucoup de physiciens ont conservé au fond d'eux même une mentalité très proche de ce que vous, philosophes, appelez " réalisme naïf ". Ils aimeraient pouvoir penser que ce qu'ils découvrent, ce sont des propriétés de la *chose en soi*. Quand je leur parle, je m'efforce de leur montrer qu'il n'en est rien. Par exemple, j'insiste sur le fait - que nous venons de voir - que la probabilité que nous avons de trouver l'électron en tel endroit ne peut pas être interprétée comme étant la probabilité que, juste avant notre mesure, l'électron ait été *en soi*, en cet endroit. Donc, leur dis-je, vous voyez : quand Kant affirmait qu'on n'atteint que la réalité *pour nous* et non du tout la chose *en soi*, il avait raison! A mes yeux, ce point d'accord entre la physique quantique et le kantisme est important. Et je constate avec étonnement que vous autres, philosophes, vous n'en parlez guère. Mais je crois comprendre que c'est parce que, à vos yeux à vous, il va de soi. A tort ou à raison vous considérez presque tous comme définitivement établi - par la philosophie pure - qu'il n'est pas question de sortir de la "représentation" ; d'atteindre, par l'analyse rationnelle et scientifique, une réalité indépendante de nous.

Sur cette puissance de la "réflexion pure", je me garderai de prendre parti. En revanche, je reconnaitrai volontiers qu'à côté du ce "point d'accord" dont il s'agit, il semble y avoir aussi, entre physique quantique et kantisme, des points de *désaccord* ou tout au moins des points qui "font problème". Ce sont eux que Merleau-Ponty examine. Il le fait en posant d'abord cette simple question : "L'électron a-t-il réalité empirique au sens kantien ? Son idéalité

transcendantale est elle réalité empirique ?”. Au total, et en s’appuyant beaucoup sur Cassirer, il répond par la négative. L’argument principal qu’il met en avant, et que je trouve extrêmement fort, s’appuie sur la notion de “détermination constante”. Citant peut-être Cassirer (ce n’est pas net) il écrit en effet ceci.

« Il semblait jusqu’ici que ce fût un axiome, non seulement dans la physique classique mais dans la *logique* classique elle-même, que l’état d’une chose à un instant donné est complètement déterminé à tous égards et relativement à tous ses prédicats même seulement possibles. Cette détermination constante a été considérée comme si sûre qu’elle a souvent été interprétée comme définition de ce que nous devons entendre par “réalité” d’une chose. La *Critique de la raison pure* encore a mis en relation les deux concepts de cette manière-là et les a liés indissolublement l’un à l’autre. ‘Réalité’ et ‘détermination constante’ y apparaissent comme des concepts réciproques ».

Et il commente:

« Chaque chose, dit Kant, obéit au principe de la détermination constante, selon lequel, étant donnés les prédicats possibles d’une chose et leurs contraires, l’un des deux groupes doit lui convenir »<sup>2</sup>.

Ici je vous dois un aveu. Certes j’ai lu la *Critique*..., mais c’est un gros livre, la physique théorique est une activité prenante,... bref je n’ai pas lu la *Critique*... absolument de bout en bout, et ce passage sur la notion de “détermination constante” m’avait jusqu’ici échappé. Je connaissais cependant cette notion sous un autre nom, celui de *contrafactualité*. En effet, même si les définitions des deux notions en question diffèrent un peu dans leur forme, elles sont, dans le fond très voisines. Dans mon livre j’ai montré en détail ce que Cassirer et/ou Merleau-Ponty signalent ici, à savoir, en somme, que la contrafactualité n’est pas compatible avec la mécanique quantique. Mais en insistant surtout sur le fait que cette violation de la contrafactualité est un des arguments permettant de montrer que nous n’accédons pas à la *réalité en soi*. Ici, ce que Cassirer et/ou Merleau-Ponty font valoir c’est que cette violation nous interdit même de conserver la notion de réalité *empirique* telle que Kant la concevait. En soi cela est très valable

---

2 [Note de l’éditeur]« Mais toute chose, quant à sa possibilité, est soumise encore au principe de la détermination intégrale, selon lequel, de tous les prédicats possibles (B 600) des choses, en tant qu’ils sont comparés à leurs contraires, un seul doit lui convenir. Ceci ne repose pas simplement sur le principe de contradiction, puisque, outre le rapport de deux prédicats contradictoires, on considère encore chaque chose dans son rapport à la possibilité dans sa totalité, comme ensemble global de tous les prédicats des choses en général, et en présupposant une telle possibilité comme condition a priori, on représente chaque chose comme si c’était de la part qui est la sienne dans cette possibilité totale qu’elle dérivait sa propre possibilité. Le principe de la détermination complète concerne donc le contenu et non pas seulement la forme logique. Il est le principe de la synthèse de tous les prédicats qui doivent former le concept complet d’une chose, et non pas celui de la représentation analytique s’opérant par l’intermédiaire de l’un des deux prédicats opposés, et il contient une présupposition transcendantale, (B 601) à savoir celle de la matière de toute possibilité, laquelle matière doit contenir a priori les données requises pour la possibilité particulière de chaque chose.

« La proposition : toute chose existante est intégralement déterminée signifie que, non seulement de chaque couple de prédicats opposés donnés, mais aussi de tous les prédicats possibles, il y en a toujours un qui lui convient ; ce ne sont pas simplement, par cette proposition, des prédicats qui se trouvent logiquement comparés les uns aux autres, mais c’est la chose elle-même que l’on compare transcendantale à l’ensemble global de tous les prédicats possibles. Cela revient à dire que, pour connaître complètement une chose, il faut connaître tout le possible et la déterminer par celui-ci, que ce soit affirmativement ou négativement. La détermination intégrale est par conséquent un concept que nous ne pouvons jamais présenter in concreto dans sa totalité, et elle se fonde donc sur une Idée qui a son siège uniquement dans la raison, qui prescrit à l’entendement la règle de son usage complet » (Kant, *Critique de la raison pure, Dialectique transcendantale*, chapitre III, L’idéal de la raison pure, Deuxième section, De l’idéal transcendantal, B 599-600)

et très intéressant. Mais d'un autre côté cela ne me surprend guère. En fait, dans mon livre, qui s'adresse aux physiciens et au public et pas seulement aux philosophes, je commence par signaler (comme je l'ai fait, voici quelques minutes, devant vous) que cette renonciation au réalisme objectiviste à laquelle la mécanique quantique nous contraint, avait déjà été proposée par les philosophes - en particulier kantien. Mais j'ajoute que ceux-ci avaient beaucoup affaibli la portée de leur propre thèse en mettant en avant l'idée du *comme si*. L'idée du *comme si*, c'est en somme l'idée que, certes, nous n'atteignons pas la réalité en soi mais que, en pratique, nous pouvons agir, raisonner, etc. avec nos concepts scientifiques habituels, exactement comme si nous l'atteignons. C'est-à-dire, en somme, sans changer radicalement de concepts. Avec nos bons vieux concepts habituels. Et, au fond, il y a beaucoup de cela dans la philosophie de Kant, puisque Kant nous dit que la raison doit interroger la Nature à la manière d'un juge, en la contraignant à répondre selon les formes *a priori* de l'entendement et de la sensibilité. Ce qui implique que, quoi qu'il en soit de l'inaccessible chose en soi, nous devons faire *comme si* les bons vieux concepts, catégories etc. qui sont les nôtres étaient applicables.

Ainsi donc, Cassirer et Merleau-Ponty ont raison : au vu de la mécanique quantique la notion de réalité empirique *telle que comprise par Kant* n'est pas applicable à ce que nous appelons le monde microscopique, c'est-à-dire aux atomes, particules dites élémentaires etc. Pour désigner ces "êtres" qui n'en sont pas, j'ai, pour ma part, forgé l'expression "réalité épistémologique". Mais peu importe le vocable. Ce qui importe c'est que, depuis Cassirer et Merleau-Ponty, la physique théorique a fait une importante découverte - la *décohérence* - qui ne remet pas en question la conclusion de ces auteurs mais qui pourrait bien en restreindre la portée à, précisément, le monde *microscopique*, par opposition au macroscopique.

Explication de la décohérence :

En fait, je ne veux surtout pas vous infliger un cours de physique. Je ne vous expliquerai donc pas le "pourquoi ça marche" de la décohérence. Je vous parlerai seulement de ce qui peut vous intéresser, c'est à dire, en somme, le point de départ, l'idée qui a fourni le déclic et le point d'arrivée.

Le *point de départ*, ou, si vous préférez, l'énoncé du problème, disons que c'est ce dont nous venons de parler, à savoir la violation, par les systèmes physiques microscopiques, du *principe de la détermination constante*. Rappelons-nous un peu en détail ce dont il s'agit. Soit par exemple un atome d'hydrogène, c'est à dire un noyau et un électron, celui-ci régi par une fonction d'onde. Il y a une certaine région de l'espace, voisine du noyau, où la fonction d'onde n'est pas nulle et où donc nous avons une probabilité non nulle de trouver l'électron si nous faisons les opérations de mesure correspondantes. Par la pensée découpons cette région en sous-régions et appelons R une de ces sous-régions. Un des "prédicats" possible relatif à l'électron, conçu comme un objet localisé, est sa présence dans cette sous-région R. Son contraire est son absence de R. Et le principe de détermination constante nous dit que, à chaque instant l'un de ces prédicats doit convenir à l'électron : il est dans R ou il n'y est pas. Comme je vous le disais, la mécanique quantique *viole* ce principe puisqu'elle nous dit qu'on n'a même pas le droit de *parler* de la "probabilité de présence" de l'électron dans R. Puisqu'on peut seulement parler de la probabilité que nous avons d'obtenir la réponse "oui" si nous cherchons à le détecter là. Quand je dis "on n'a pas le droit de", vous comprenez bien que, ici comme ailleurs, cette métaphore est un raccourci. Dans le détail, elle signifie que si, dans le cadre de la mécanique quantique on voulait injecter, à titre d'hypothèse supplémentaire, l'idée que l'électron, ou bien *est* dans R ou bien *n'y est pas*, on aboutirait, *en ce qui concerne les mesures d'autres grandeurs physiques mesurables*, à des prédictions de résultats-de-mesure contraires à ce qu'on observe en réalité.

Bien entendu, il n'y a pas que les électrons qui aient des fonctions d'onde. La mécanique quantique attribue aussi des fonctions d'onde aux systèmes composés. A des molécules, par exemple, à des grains de poussière, à des cristaux. En fait à tout ce que vous voudrez. En

principe on peut donc répéter, en ce qui concerne tous ces objets, le petit discours que je viens de tenir pour l'électron. Donc la violation du principe de détermination constante paraît devoir être quelque chose de général. C'est bizarre et c'est troublant.

Voilà pour le point de départ. Ou pour "l'énoncé du problème" si vous préférez. Je passe à "l'idée de déclic". En fait, cette idée est une simple constatation. Mais on n'y a pensé pour la première fois que dans les années 70. C'est la constatation du fait que plus un système est macroscopique, plus il interagit avec son environnement. On a calculé que, selon la mécanique quantique, même un grain de poussière perdu dans les espaces interstellaires interagit d'une manière non négligeable avec son "environnement" (qui est, là, surtout constitué du fameux "rayonnement fossile").

Vu cette interaction non-négligeable avec l'environnement qui, donc, caractérise les systèmes macroscopiques, ceux-ci, contrairement aux systèmes micro, ne peuvent être considérés comme isolés. En vertu de la mécanique quantique, ceci fait que, en général, on ne peut pas penser qu'ils ont chacun une fonction d'onde. En effet c'est là (de nouveau) un trait spécifique de la mécanique quantique - appelé *non-séparabilité* ou *enchevêtrement* - que, en général, quand deux systèmes physiques interagissent ou même ont interagi dans le passé, on n'a pas le droit de même les imaginer comme ayant chacun une fonction d'onde. Seul en a une le système total qu'ils forment.

Donc, voilà : les systèmes macro n'ont pas, en général, de fonction d'onde. Mais ça n'empêche pas que l'on puisse en parler. Plus exactement, ça n'empêche pas qu'au moyen de la mécanique quantique on puisse faire sur eux des *prédictions d'observations*. Mais dès qu'on parle d'observations, on se réfère implicitement à l'homme. Et ceci nous amène à faire entre les observations - ou mesures - possibles une distinction, très humaine mais très importante. En gros, il faut distinguer entre les mesures qui sont faciles et celles qui sont difficiles. Si, par exemple, nous avons affaire à une automobile, il est facile pour nous de mesurer sa position, ou sa vitesse, à tel ou tel instant. Mais en roulant cette automobile déplace de l'air. Et si nous voulions mesurer dans le détail la corrélation qui existe entre, disons, les atomes composant son pare-choc arrière et chacune des molécules d'air que l'auto a mises en mouvement, cela serait vraiment très, très compliqué. En principe cela est faisable. Aucune loi physique ne s'y oppose. Mais *en pratique* c'est impossible.

Vous trouvez peut-être que j'entre ici dans des détails sordides, indignes d'un philosophe et même d'un physicien! Mais détrompez-vous. Nous sommes là, en fait, sur la piste de quelque chose de philosophiquement important. Pour le voir, revenons à notre grain de poussière, qui est tout petit,  $10^{-5}$  cm. de diamètre disons, mais néanmoins macroscopique. Très gros vis à vis des  $10^{-8}$  à  $10^{-13}$  cm. qui sont les longueurs-types microscopiques. Et comparons-le à l'électron de tout-à l'heure, qui, lui, est microscopique et donc peut très bien être sans interaction appréciable avec son environnement. L'électron, je vous le disais, viole en général le principe de détermination constante. Ainsi, s'il a une fonction d'onde étalée dans l'espace, je n'ai pas le droit de considérer que, *soit* il *est* dans la sous-région R *soit* il n'y est pas, car si je le supposais, cela me conduirait, relativement à certaines mesures très faciles à faire sur lui, à des prévisions de résultats qui seraient aberrantes. Qu'en est-il, maintenant, du grain de poussière? Etant donné qu'il n'est pas isolé de son environnement il y a, en fait, deux questionnements à distinguer. Ou bien je prends en considération toutes les mesures concevables-en-droit sur le "grand système", celui constitué du grain de poussière et de son environnement, ou bien je me restreins aux mesures faisables sur le grain seul. Dans le premier cas la situation est conceptuellement la même que dans le cas de l'électron. Parmi toutes ces mesures que j'envisage il y en aura dont, selon la mécanique quantique, les résultats ne seront pas compatibles avec l'idée que *soit* le grain de poussière est dans R, *soit* il ne l'est pas. Mais - et c'est là que la découverte de la décohérence prend tout son sens! - ces mesures "dérangeantes" dont je viens de parler, on montre qu'elles mettent toutes nécessairement en jeu l'environnement; et que par conséquent elles sont toutes pratiquement impossibles à faire. Autrement dit, si nous nous nous *interdisons*

de nous rappeler que, en théorie, de telles mesures sont faisables; si nous bornons notre horizon conceptuel aux seules grandeurs mesurables attachées au grain de sable - sous prétexte que ce sont les seules humainement mesurables - alors nous pourrions dire que notre grain de poussière ne viole pas le principe de détermination constante. Autrement dit, que de deux choses l'une, soit il *est* dans R soit il *n'y est pas*.

Alors, qu'est-ce que Kant aurait pensé de tout cela? C'est là une question pour philosophes et je n'essayerai pas de me mettre dans la peau de Kant pour y répondre! Mais je vais quand même tenter de vous dire comment, personnellement, je réagis. A mon sens, il est intéressant de constater que, finalement, la notion de "réalité empirique à la Kant", satisfaisant au principe de détermination constante, reste valable. Mais il est quand même un peu surprenant de voir que c'est *seulement* pour les systèmes macroscopiques. Et cela d'autant plus que ces systèmes sont affreusement mal définis. En physique il est impossible de définir une limite nette entre systèmes micro et macro. Ce n'est pas une question de grosseur, ou de nombre d'atomes constitutifs. Il existe des systèmes physiques de taille humaine - rares il est vrai - qui ne sont pas vraiment macroscopiques au sens que j'ai admis, puisque certaines de leurs "grandeurs dérangeantes" sont *pratiquement* mesurables. Ils ne satisfont pas au principe de détermination constante et on doit par conséquent les traiter en "quantique". Donc, vraiment, le critère de démarcation micro - macro est à chercher *en nous*.

On a souvent fait remarquer que, comme il est normal, dans les détails le kantisme a vieilli. Que, en particulier, ses thèses posant que l'espace euclidien et le temps universel sont deux données *a priori* - donc indépassables - de notre sensibilité ont été rendues caduques par l'avènement de la relativité et par ses vérifications, dans le domaine de l'astronomie en particulier. Dans ces domaines, les thèses kantienne restent vraies en tant que très bonnes approximations, mais seulement en ce qui concerne les corps à notre échelle. Selon ce que nous venons de voir, il en va de même en ce qui concerne sa thèse sur la réalité empirique. Mais ce qui, me semble-t-il, reste gênant pour le kantisme orthodoxe, et qui est plus qu'un détail, c'est le fait que, par notre physique et notre astronomie actuelles, nous pouvons vraiment dépasser le cadre des concepts familiers - autrement dit des *a priori* kantien. Et que ce que nous construisons ainsi n'est pas une de ces métaphysiques dénoncées par Kant mais une véritable connaissance.

Qui dit "connaissance" dit "vérité" - *notion* de "vérité".... Et ceci m'amène à la deuxième partie de mon exposé. Où je vais un peu quitter Kant et Merleau-Ponty (quitte à y revenir!), et examiner la question suivante: *Au vu de la physique quantique, que peut-on dire concernant la notion de vérité?*

A cet effet, je trouve utile de m'appuyer, comme je l'ai fait au chapitre 7 de mon livre, sur ceux des travaux de Michael Dummett qui ont pour but de bien préciser la notion de vérité des énoncés.

Dummett fait d'abord remarquer qu'il existe plusieurs classes d'énoncés, ceux relatifs aux mathématiques, ceux relatifs à la physique, parmi ceux-ci ceux relatifs aux lois et ceux relatifs aux faits contingents etc. Ici nous nous intéresserons seulement à cette dernière classe, celle des faits contingents, que j'appelle la classe F. Ensuite il définit, relativement à une classe quelconque d'énoncés, deux attitudes qu'il appelle *le réalisme* et *l'antiréalisme*. Il définit le réalisme relatif à une classe donnée comme étant:

“ la conviction que les énoncés de cette classe possèdent une valeur de vérité indépendante des moyens dont éventuellement nous disposons pour la connaître; ils sont vrais ou faux en vertu d'une réalité existant indépendamment de nous ”.

A l'inverse, ce même auteur définit l'anti-réalisme relatif à la classe considérée comme étant l'assertion que le fait d'avoir ou de ne pas avoir un sens est, pour un énoncé de cette classe, directement lié à l'existence ou la non-existence de *données* permettant d'apprécier sa validité; de sorte que :

“ un tel énoncé, s'il est vrai, ne peut l'être qu'en vertu de quelque chose que nous pourrions éventuellement connaître et qui compterait comme élément de preuve de sa validité”.

Etant donné ce que nous avons vu sur, en particulier, la violation du *principe de détermination constante* il est assez clair que le réalisme à la Dummett n'est pas compatible avec la mécanique quantique “orthodoxe”. Tournons-nous donc vers *l'antiréalisme*. Je rappelle que la classe d'énoncés qui nous intéresse est celle des énoncés portant sur les faits contingents et plus spécialement la classe des propositions qui assignent une valeur à une grandeur physique (type: “ la vitesse de tel objet est de x kilomètres à l'heure ”). En ce qui les concerne la définition antiréaliste se particularise en:

“ Pour qu'une telle proposition ait une valeur de vérité (soit vraie ou soit fausse) il faut que, dans la situation considérée, cette grandeur soit mesurable, directement ou indirectement. ”

On peut se demander si la condition est suffisante. Dans la vie courante, elle l'est. Si une grandeur est mesurable cela garantit bien qu'elle a un sens! Malheureusement, en physique atomique la question débouche sur une ambiguïté car, qu'entend-on par “mesurable”? Ainsi, par exemple, nous disposons en principe d'instruments permettant de mesurer, à un instant donné et avec une précision arbitrairement grande, les coordonnées de position d'un électron. Si cependant cet électron est celui d'un atome d'hydrogène dans son état fondamental, nous n'avons pas le droit d'en inférer que la proposition “ à tel instant les coordonnées de position de l'électron ont telles et telles valeurs ” a une valeur de vérité (est vraie ou fausse): Cela tient à ce que, dans de tels cas, la mesure en question - si elle est faite - ne nous informe que sur les valeurs des coordonnées *après* qu'elle a eu lieu. En effet, selon la mécanique quantique elle a, en général, soit *créé* soit *modifié* ces valeurs, elle ne les a pas, tout simplement, enregistrées.

Bon - direz-vous peut-être - il faut évidemment ne pas utiliser des mesures perturbatrices. Précisons par conséquent les choses en rajoutant cette condition. Disons;

« Pour que l'énoncé “ *Sur le système physique S telle grandeur a telle valeur* ” ait une “valeur de vérité” (soit vrai ou faux) il suffit qu'il soit, en principe, possible de mesurer cette grandeur *sans perturber S* ».

Indéniablement, cette *définition* est pleinement dans l'esprit de l'approche antiréaliste. Sommes nous sûrs pour autant qu'elle est correcte? Telle est la question. Celle-ci soulève, bien entendu, une question préliminaire: existe-t-il des mesures qui soient à coup sûr non perturbatives? A cette demande, Einstein et deux de ses élèves, Podolsky et Rosen, apportèrent jadis [1935] une réponse simple Ils firent valoir que, dans certains cas un tel moyen existe bien. Il consiste à faire des mesures indirectes, en utilisant des paires de systèmes corrélés. Imaginons une paire de fléchettes<sup>3</sup>.

Quelque temps après “l'explosion” initiale les deux fléchettes d'une même paire sont éloignées l'une de l'autre et par conséquent il est intuitivement clair que les opérations que l'on peut faire sur celle “de gauche” ne perturbent en rien celle “de droite” (et inversement). Mais d'autre part leurs orientations sont les mêmes. Il est donc manifeste que l'on peut mesurer

---

3[Ici description du modèle simple de fléchettes donné p. 64 de mon livre]

indirectement l'orientation de, disons, la fléchette “de droite” rien qu'en mesurant celle de la fléchette “de gauche”, et qu'on ne perturbe pas la fléchette “de droite” en faisant cela.

On s'attendrait à ce qu'il en aille de même lorsque, par la pensée, on remplace les fléchettes par des photons et leurs orientations par les polarisations de ces photons. En mécanique quantique, en effet, on peut mesurer le signe (+ ou -) de la polarisation d'un photon selon telle ou telle direction que l'on choisit à volonté, et l'on sait fabriquer des paires de photons (dites “paires d'Aspect”) telles que si on mesurait les signes des polarisations de deux photons d'une même paire selon une même direction on obtiendrait des résultats identiques pour l'un et pour l'autre. On peut par conséquent imaginer de faire, indirectement, une mesure non perturbative du signe de la polarisation du photon de droite selon une direction choisie  $\mathbf{n}$  en mesurant le signe de celle du photon de gauche selon la même direction. Et, d'après la définition envisagée cette simple *possibilité que l'on a* devrait suffire à garantir que l'énoncé “ le signe de la polarisation du photon de droite dans la direction  $\mathbf{n}$  est + ” a une valeur de vérité (est vrai ou faux).

Malheureusement, une telle inférence nous met tout de suite en porte à faux relativement aux grands principes de la mécanique quantique! En effet, elle est fondée, non sur une opération réellement faite (la mesure portant sur le photon de gauche) mais sur la simple possibilité que nous aurions de la faire “si l'envie nous en prenait” (autrement dit sur la contrafactualité). Et par conséquent cette inférence peut être répétée à l'identique mais en changeant par la pensée la direction  $\mathbf{n}$  en une autre direction  $\mathbf{m}$ . D'où l'inévitable conclusion que, aussi bien le signe de la polarisation selon  $\mathbf{m}$  que celui de la polarisation selon  $\mathbf{n}$  (du photon de droite toujours) ont une valeur de vérité. Or, en matière de polarisation, le formalisme quantique *s'oppose* à cela. Il nous dit que, au mieux, seule la polarisation du photon selon *une* direction peut avoir une valeur de vérité.

Alors, faut-il baisser les bras? Einstein, Podolsky et Rosen ne l'ont pas cru. Ils ont dit: peut-être que la fonction d'onde fournit une description, non pas fautive, certes, mais *incomplète* de la réalité. Peut-être qu'il y a un *niveau plus fin de description*, par variables dites “cachées”, de cette réalité. Et que, à ce niveau plus fin de description, conformément à l'inférence que nous venons de faire, les énoncés spécifiant les polarisations d'un photon selon plusieurs directions à la fois ont une valeur de vérité.

Eh bien, nous arrivons là à la seconde des grandes découvertes du dernier demi-siècle en la matière. Dans les années soixante un physicien nommé John Bell a démontré que si c'était le cas, certaines inégalités entre quantités mesurables devraient nécessairement être satisfaites; alors que la mécanique quantique prévoit au contraire que ces inégalités doivent être violées. D'où un test expérimental. Comme vous le savez sans doute, ce test a été effectué dans maints laboratoires de par le monde. Les premiers résultats statistiquement convaincants furent produits, en 1982, par l'équipe d'Alain Aspect, à Orsay. Et ils montrèrent que c'est la mécanique quantique qui gagne. Autrement dit, l'inférence que nous avons faite tout à l'heure à partir de notre tentative de définition de la vérité nous a conduits à l'erreur. C'est donc que cette définition n'est pas valable.

Alors, devons-nous *cette fois* baisser les bras? Non pas vraiment. Nous avons encore un moyen de nous en sortir, mais il est vrai, conceptuellement parlant, au prix d'une sérieuse concession. Ce moyen consiste à modifier encore une fois notre spécification des énoncés ayant valeur de vérité. Nous dirons maintenant:

« Pour que l'énoncé “ *Sur le système physique S telle grandeur a telle valeur* ” ait une “valeur de vérité” (soit vrai ou faux) il suffit que, dans la situation considérée, l'on dispose *en fait* de données permettant de prédire avec certitude la valeur que l'on trouverait si, sur S, on mesurait cette grandeur. »

On voit aisément que la difficulté ci-dessus rencontrée n'existe pas ici, car on ne dispose jamais *à la fois* des données (relatives au photon de gauche) qui permettraient de prédire avec certitude la valeur qu'on obtiendrait si l'on mesurait la polarisation du photon de droite selon **n** et des données qui permettraient de faire une prédiction du même type mais mettant en jeu la direction **m**. Par exemple si, sur le photon de gauche, je mesure la polarisation selon **n**, je perturbe ce photon et détruis par cela même la corrélation entre les photons de la paire, de sorte qu'une mesure ultérieure, sur ce photon de gauche, de la polarisation selon **m** ne pourra rien m'apprendre concernant le photon de droite.

Donc, voyez-vous, en définitive il existe, malgré tout, concernant les systèmes physique microscopiques, des conditions dans lesquelles on peut se prononcer quant à la “valeur de vérité” de tel ou tel énoncé. Mais j'attire votre attention sur un point qui me semble significatif. Dans la définition de l'antiréalisme donnée par Dummett l'accent est mis sur la notion de connaissance. Un énoncé ne peut être vrai qu'en vertu de quelque chose que nous pourrions *connaître*.... C'est là une condition nécessaire. Mais nous avons vu qu'elle n'est pas suffisante et nous venons de constater que pour avoir une condition suffisante on ne peut pas se cantonner dans des vues aussi générales. Il faut tenir compte des possibilités de *prédiction d'observation* que fournissent les données de fait. Ce point me paraît essentiel. Il montre, à mon avis, que la mécanique quantique est une théorie fondamentalement opérationnaliste, axée non sur le descriptif mais sur le prédictif d'observations.