

LES DISCONTINUITES EN MECANIQUE QUANTIQUE

Nous nous proposons dans cet exposé de défendre la thèse paradoxale suivante : la physique classique est de nature discrète, le modèle mathématique continu en étant une approximation et la physique quantique, dans ce qu'elle apporte de nouveau, est de nature continue. Autrement dit, le "macroscopique" est discret par nature et le "microscopique" est continu.

Le mathématicien Kronecker a dit : Dieu a créé les nombres entiers et l'homme a créé le reste. Nous défendrons le point de vue que Dieu n'a pas non plus créé les nombres entiers.

Si le sens des mots n'est pas défini de façon précise il est facile de soutenir une thèse ou une autre. Les mots clés qui reviennent dans le contexte du sujet sont, pèle mèle : continu, discontinu, discret, isolé, séparé, séparable, discernable, indiscernable, identique, distinct

Nous ne préciserons cependant pas le sens de chacun de ces mots, bien que dans certains contextes ils aient un sens très précis (ainsi en topologie par exemple). Notre propos n'est pas de faire une théorie ni de défendre une thèse avec un grand T mais plutôt de remuer certaines idées trop bien établies et de faire éventuellement jaillir de ce remue-méninge des idées nouvelles.

§1 - LES DISCONTINUITES EN PHYSIQUE CLASSIQUE

La physique classique est normalement vue comme une physique du continu. Cela ne signifie pas que cette physique ne traite pas de phénomènes "discontinus". Nous allons en examiner quelques-uns pour montrer dans un premier temps que ces phénomènes peuvent être considérés d'un certain point de vue comme étant de nature "continue". Dans un deuxième temps ensuite nous interpréterons la continuité générale de la physique classique comme ayant un caractère fondamental "discret".

1- Quelques exemples de "discontinuités"

Nous regarderons, du point de vue continuité-discontinuité les exemples suivants : changement du nombre de racines dans une équation polynômiale (du second degré)-phénomènes de choc-séparation entre deux corps solides-l'atomisme .

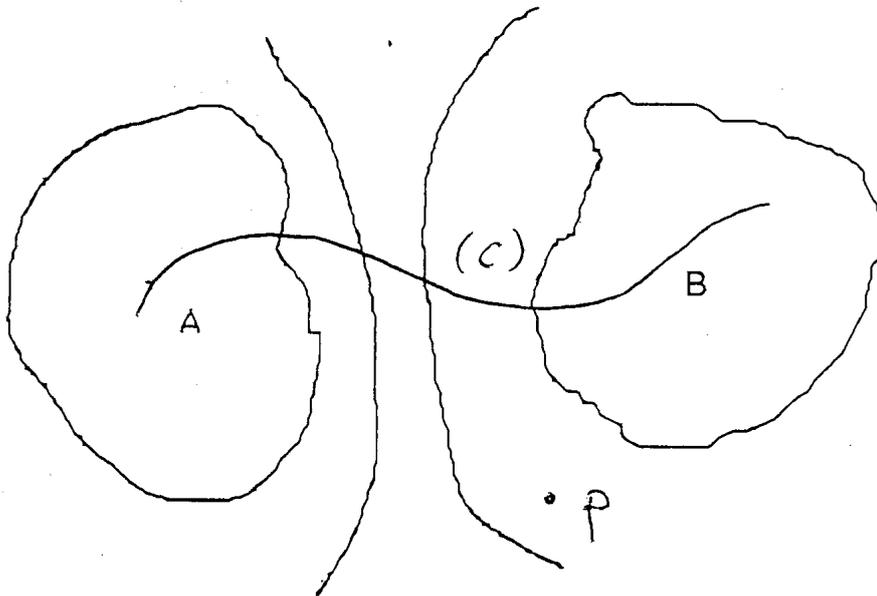
Dans ces exemples la "discontinuité" est à chaque fois associée à la variation continue d'un paramètre .

Dans le premier exemple il s'agit de l'équation du second degré $ax^2 + bx + c = 0$ où $a = u(t)$, $b = v(t)$, $c = w(t)$ sont fonctions du paramètre "t". Si le discriminant $D(t) = b^2 - 4ac$ est tel que $D(t) \neq 0$ il y a deux racines, si t_0 est tel que $D(t_0) = 0$, quand t passe par t_0 on a la discontinuité : deux racines \rightarrow une racine. En dehors du fait que cette discontinuité apparait en fonction d'un paramètre continu, il faut remarquer qu'elle est de prime abord de nature mathématique : deux donne un. Du "point de vue physique" il ne faut pas oublier que les deux

racines distinctes se confondent continûment en une seule. En plus la discontinuité mathématique est effectivement (au sens des mathématiques constructives) très floue : effectivement on ne pourra pas toujours dire qu'on est en présence de deux racines ou d'une seule (ou d'aucune), on ne pourra pas toujours affirmer l'égalité des deux racines $a = b$.

Au phénomène de choc est associée le concept d'un changement brusque. En fait du point de vue de la physique classique cette discontinuité est une discontinuité du modèle alors que effectivement (du point de vue de la physique) les phénomènes réels, dans une théorie physique plus élaborée tenant compte des déformations etc, les choses se passent de façon continue.

Le troisième exemple est relatif à la figure suivante où A et B désignent deux corps matériels et p un point courant.



Le corps A apparaît comme séparé du corps B. Cette séparation est une "discontinuité" : en suivant la courbe (c) on est sur A, on ne l'est plus, on est sur B. Cette discontinuité est associée à une fonction continue : il existe une fonction continue $s(p)$ qui vaut un sur A et zéro sur B. Le passage de A à B se fait de façon continue. De nouveau la discontinuité peut être associée à une continuité.

L'atomisme est cité comme la physique du discontinu par rapport à la physique du continu qui ignore ces entités. L'analyse précédente montre qu'il n'en est rien. La situation des molécules de gaz dans un récipient est fondamentalement la même que l'éparpillement des étoiles dans le ciel.

Dans un premier temps nous avons donc montré le côté continu des discontinuités. Nous allons maintenant renverser le sens de l'analyse et montrer le côté fondamental discret de la physique classique. L'exemple de l'atomisme montre en effet un aspect discret prononcé, aspect lié à la séparabilité de deux objets. Cette séparabilité pose le problème de l'identité ontologique d'un seul objet. Nous pensons que le concept clé de la physique classique est celui d'objet classique. Cette identité de l'objet classique est postulée en physique classique tout au long du temps et est exprimée mathématiquement par une fonction $t \rightarrow U(t)$. L'objet identique U se déplace et est repéré sur un "fond", mais il y a permanence de l'identique. Nous reviendrons sur ce "fond" constitué de points individuéés classiques.

Le point de vue que nous venons d'exposer est le "point de vue de Lagrange" en mécanique. Dans le point de vue d'Euler c'est une entité du "fond" qui voit défiler des entités différentes d'instant en instant. C'est le "fond" qui est investi d'une ontologie, d'une permanence. Or la nature physique des "points" de ce "fond" est obscure en physique classique. Ce "fond" apparaît bien plus comme un modèle ou outil mathématique dans son fonctionnement en physique classique, malgré toute la littérature sur "l'espace et le temps" qu'on peut trouver. Le point de vue d'Euler n'est pas un point de vue centré sur l'ontologie des objets physiques, bien que s'insérant dans cette problématique (nous y reviendrons en mécanique quantique).

2-

Ainsi vue, la physique classique apparaît comme la physique du séparable, du séparé du discret. Le seul "continu" serait le "fond", la scène sur laquelle se déroule les phénomènes. D'après ce que nous avons dit cette scène est plutôt une entité mathématique que physique et en tant que telle elle est obligatoirement discrétisée dans les calculs effectifs (ordinateurs).

Ce que nous sommes en train d'exposer, nous remarquera-t-on, c'est l'aspect corpusculaire des théories physiques classiques, mais qu'à côté de cet aspect il y a la théorie des champs (classiques) qui elle revêt un aspect essentiellement continu et que notre interprétation de la physique classique comme physique du discret ne peut être maintenue.

Il ne faut pas oublier que le point de vue de Lagrange a un caractère discret qu'il s'applique à un corpuscule ponctuel ou à un corps étendu. En effet le corps étendu, à travers l'hypothèse atomique, est un ensemble formé d'entités discrètes et le modèle mathématique continu utilisé apparaît comme un modèle synthétique approximant un modèle mathématique fini et discret qui serait trop compliqué. Dans le point de vue d'Euler le "fond" est le support du continu. Ce fond est ou bien de nature mathématique plutôt que physique et la remarque précédente s'applique, ou bien le "fond" a un "contenu" physique, comme l'éther par exemple, et la remarque précédente s'applique encore : le modèle mathématique utilisé est une approximation.

Ces considérations nous permettent de les appliquer aux champs classiques. D'abord le champ de gravitation classique. C'est un intermédiaire de calcul et de ce fait on ne peut lui conférer un caractère physique continu qui serait essentiel. Ensuite, le champ électromagnétique. La théorie ondulatoire de la lumière a toujours, de Huyghens, Fresnel jusqu'à Maxwell compris, été associée à un support matériel, l'éther, différent selon les auteurs, support en dehors duquel on ne pouvait imaginer la transmission d'un ébranlement. C'est au début de ce siècle, à travers Einstein, que s'est opéré un passage essentiel. Le champ de Maxwell s'est vu libéré de son support pour devenir un être mathématique pris comme totalité. Le champ évolue dans le vide et est considéré comme un continuum en lui-même. Ce changement de point de vue a une connotation positiviste, mais affirmer que "Einstein adopte une attitude strictement positiviste" à cette occasion (B.Maitte - La lumière p.278) est sans doute exagéré, bien qu'une telle position soit possible. L'habitude faisant on est arrivé à considérer que "la physique classique distingue deux catégories d'objets inconciliables : les corpuscules et les ondes. (Ibidem p 290) Mais ce n'est pas parce que 'on s'est habitué au concept de "champ évoluant dans le vide" qu'on a supprimé les difficultés d'interprétation que cela pose. Du point de vue formel, il n'y a pas de changement fondamental si on remplace l'éther par le vide. Dans les deux cas, le point de vue sous-jacent est le point de vue d'Euler. Dans le premier cas le "fond" a un contenu physique dans le deuxième ce contenu est vide. Historiquement on n'a pas été choqué par une particule qui traverse le vide, par contre la propagation d'un champ à travers le vide provoque des réticences. Il y a problème dans les deux cas, le "vide" n'ayant pas de sens physique bien précis

en physique classique. Dans le deuxième cas il y a un problème supplémentaire dû au fait que la théorie des champs utilise le point de vue d'Euler. Dans ce point de vue la matière se dérobe : on ne sait plus qui ou quoi se déplace. Les objets classiques bien tangibles du point de vue de Lagrange sont dilués et s'évaporent pour ainsi dire dans le point de vue d'Euler. Le champ de Maxwell senti comme étant dépouillé de toute matière, de toute ontologie classique a un caractère fondamentalement non classique. Parler de "l'objet champ" au même titre que de "l'objet corpuscule" n'est pas conciliable. Ce sont des concepts de nature différente. L'objet mathématique "champ" (sans support) n'a pas d'interprétation dans le cadre de la physique classique. En supprimant le support au champ de Maxwell et en introduisant l'hypothèse du photon, Einstein fait basculer la physique classique vers une nouvelle ère. Paradoxalement l'introduction des quanta de lumière rétablit, une situation plus classique : en effet, on réintroduit une ontologie, des objets discrets, des particules. La "matière", que le point de vue d'Euler a fait disparaître, réapparaît. Einstein en introduisant l'hypothèse des quanta se rendait bien sûr compte que amalgamer la théorie ondulatoire de la lumière et la théorie corpusculaire demandait une refonte totale des théories antérieures et l'établissement d'une nouvelle théorie. Ce qui est amalgamé en fait c'est un point de vue d'Euler et un point de vue de Lagrange, points de vue qui sont complémentaires.

Le champ électromagnétique ne pourra en fait être "compris" qu'en théorie quantique. En physique classique il fonctionne, en fait, comme le champ de gravitation c'est à dire comme un outil formel. Il ne suffit pas de dire que "le champ est un être physique au même titre qu'une particule" pour résoudre les problèmes d'interprétation que pose un tel concept en physique classique.

En résumé, nous pensons que la physique classique est une physique de l'objet classique, du discret, le champ électromagnétique mis à part, ce champ ne trouvant un statut réellement qu'en théorie quantique.

§ 2 - LES DISCONTINUITES EN MECANIQUE QUANTIQUE

Dans ce paragraphe nous allons adopter la démarche inverse de celle du premier paragraphe. Nous allons exhiber les discontinuités bien connues de la mécanique quantique pour montrer ensuite qu'elles ont soit un caractère classique soit un caractère continu plus fondamental.

1 -

L'histoire de la mécanique quantique est intimement liée aux discontinuités. L'association est si étroite que la nouvelle mécanique a été appelée d'après elles. La constante h , les quanta, les sauts quantiques, les perturbations dues à la mesure, le spectre discret sont autant de manifestation de la "discontinuité" fondamentale qui s'introduit ainsi en physique.

Le développement historique est bien connu : c'est Planck qui introduit le premier des discontinuités : l'énergie ne peut être absorbée ou émise que par paquets nh où h est la constante de Planck. Les discontinuités de Planck avaient un caractère formel, purement mathématique, et ne reflétaient pas une nature discontinue. C'est Einstein qui introduit les "quanta de lumière" comme corpuscules discrets doués d'impulsion. Bohr introduit des niveaux discrets de l'énergie et des sauts quantiques qui accompagnent l'émission d'un photon.

Chez Heisenberg nous trouvons les sauts brusques incompressibles dues à la mesure. Nous allons repasser en revue ces différentes "discontinuité" pour analyser leur statut.

2 -

Les discontinuités de Planck étant purement formelles on ne peut leur conférer un statut de discontinuité essentielle. Planck lui-même ne leur donnait aucun statut de réalité. Mais on peut dire que les "discontinuités de Planck" étaient à l'origine des autres discontinuités de la mécanique quantique.

Nous avons déjà parlé des quanta d'Einstein et nous avons remarqué que l'introduction des corpuscules de lumière revenait à introduire un caractère discret classique. Cette discontinuité est donc d'ordre classique et non quantique. (Voir aussi le n°4.)

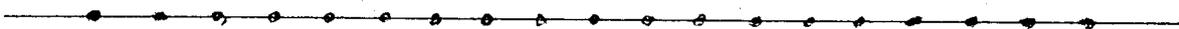
Ce qui est "quantique" c'est le lien établi entre une théorie ondulatoire et une théorie corpusculaire (de Broglie : $p=hk$ $E=hv$) La constante h , "discrète" comme toute constante est donc à regarder comme un lien entre deux théories de nature différente, complémentaires comme nous l'avons dit plus haut. La constante h ne peut donc être interprété comme conférant un statut discontinu fondamental à la théorie quantique.

La constante h apparaît dans les incertitudes de Heisenberg. L'analyse du microscope par Heisenberg montre à l'évidence les conceptions classiques qui étaient sous-jacentes à cette analyse. On y trouve en effet à l'oeuvre le concept classique de choc et les idées de sauts brusques ou discontinuités que Heisenberg a pu en tirer ne peuvent être que de nature classique. La déduction des inégalités de Heisenberg par lui-même n'a en fait rien de quantique au sens de nos jours, comme le fait bien remarquer von Neumann dans ses "fondements mathématiques de la mécanique quantique". (Heisenberg obtient ses inégalités en traitant la lumière à la fois comme onde et comme corpuscule). Les discontinuités de Heisenberg sont devenues, une fois le formalisme de la nouvelle mécanique établi, la réduction du paquet d'ondes. Nous y reviendrons.

Regardons maintenant le modèle de l'atome de Bohr. Nous y trouvons deux discontinuités : le spectre discret et les transitions brusques d'un niveau énergétique à un autre, les sauts quantiques. Nous reviendrons sur les sauts quantiques plus loin. Analysons de plus près l'idée de spectre discret et voyons si ce caractère discontinu peut être regardé comme fondamental pour la mécanique quantique.

Nous avons vu que la physique classique peut être considérée comme mathématiquement continue mais "ontologiquement" discrète. Le spectre, classique, de l'énergie peut ainsi être regardé comme ontologiquement discret. Quelle est alors la nouveauté apportée par la mécanique quantique? C'est bien elle qui introduit des spectres discrets. A notre avis la nouveauté réside dans la différence des spectres.

Ainsi le spectre "continu" classique



devient le spectre discret quantique (par exemple)



Ainsi peut on croire que cette différence traduit un différence de nature fondamentale. Mais une autre interprétation est possible : toute mesure se ramenant en bout de chaîne à une "mesure de

position", c'est à dire à une insertion dans le "fond", on peut dire que le spectre est différemment inséré en physique classique et en physique quantique. On peut considérer que le spectre inséré (2) est une distorsion du spectre inséré (1). Le fait que le spectre (1) aussi bien que le spectre (2) sont nécessairement "insérés dans le fond" vient de l'évidence que la mesure, même en physique quantique, est de nature classique. Le fait que les spectres sont insérés différemment peut venir de la disproportion entre l'objet quantique et l'appareil de mesure, disproportion qui oblige à remplacer "grandeur" par "opérateur".

3 -

Dans le point précédent nous avons montré la nature classique de certaines discontinuités "fondamentales" de la mécanique quantique. (rappelons que nous reviendrons sur la réduction et les sauts quantiques). Le concept clé de la physique classique étant l'objet classique, il nous paraît plus fondamental de se poser la question de la nature de l'objet quantique plutôt que d'insister sur le caractère "discontinu" de la mécanique quantique. L'opposition de la physique classique à la physique quantique n'est pas l'opposition entre le "continu" et le "discontinu" (ce sera plutôt entre le "discontinu" et le "continu") mais bien plus l'opposition entre objet classique et objet quantique. La question de la nature de l'objet quantique est loin d'être triviale et elle est peut être LA question de la nouvelle physique.

En physique classique, l'objet est formellement nommé : une planète est représenté par exemple par un "point" $(x(t), v(t)) = \pi$. On peut dire que le "point π " est la planète. La physique classique considère évidemment des objets plus complexes, mais à chaque fois l'espace des objets est formellement désigné. Qu'en est-il en mécanique quantique? Est-ce que le ψ peut formellement nommer l'objet quantique? A notre avis non, car l'onde vérifie une équation d'Euler qui n'est pas de nature ontologique. Pour trouver éventuellement un équivalent formel d'un objet quantique, il faudrait peut-être regarder dans le cadre du point de vue de Lagrange qui, en mécanique quantique est le point de vue de Heisenberg :

Schrodinger	→	Euler
Heisenberg	→	Lagrange

Une analyse sommaire aurait éventuellement amené à croiser les flèches. En effet l'habitude "d'associer" un $\psi(t)$ à un système quantique peut faire croire que $t \rightarrow \psi(t)$ est une trajectoire quantique analogue à la trajectoire classique $t \rightarrow U(t)$ du point de vue de Lagrange.

La nature du ψ est à notre avis relationnelle, c'est à dire "l'objet" et les "interactions de mesure" sont traitées par un même objet mathématique. Si ρ est l'état du système son intérêt est de donner des moyennes de résultats de mesure :

$$\langle A \rangle = \text{Tr}(\rho A)$$

C'est ψ qui médiate l'objet et l'espace-temps. C'est à dire, l'objet, dans le formalisme, n'est pas désigné. La phrase : "soit un micro-système ou un système quantique" est une phrase qui prend un sens dans un contexte expérimental. Ce contexte permet éventuellement d'associer un espace de Hilbert à l'objet quantique, mais cet espace de Hilbert ne dénote pas cet objet qui reste formellement absent. Le fait d'inventer un nouveau mot : le "quanton", "ne résout absolument pas la question fondamentale de la nature de l'objet quantique. Citons à ce propos un texte de Goethe dans Faust . Il s'agit de la scène entre un écolier et Méphistophélès (qui a pris la place de Faust) :

L'ECOLIER

..... j'ai presque envie d'étudier la théologie

MEPHISTOPHELES

Je désirerais ne pas vous induire en erreur, quant à ce qui concerne cette science ; il est difficile d'éviter la fausse route ; elle enferme un poison si bien caché, que l'on a tant de peine à distinguer du remède ! Le mieux est, dans ces leçons-là, si toutefois vous en suivez, de jurer toujours sur la parole du maître. Au total...arrêtez vous aux morts ! et vous arriverez alors par la route la plus sûre au temple de la certitude.

L'ECOLIER

Cependant un mot doit toujours contenir une idée.

MEPHISTOPHELES

Fort bien ! mais il ne faut pas trop s'en inquiéter, car, où les idées manquent, un mot peut être substitué à propos ; on peut avec des mots discuter fort convenablement, avec les mots bâtir un système ; les mots se font croire aisément, on n'en ôterait pas un iota. (Traduit par Gérard de Nerval)

Voici un résumé qui colle en fait plus au texte allemand :

"Car là où manquent les concepts un mot est vite trouvé"

(Goethe faisait allusion à la "Trinité" : trois personnes en un seul Dieu)

Le fait que c'est une situation expérimentale qui permet de "définir" un système quantique nous donne une raison supplémentaire d'interpréter le vecteur ψ de façon relationnelle et de souligner son caractère phénoménologique dû à l'introduction d'un "hamiltonien" qui régit son évolution et au fait que l'appareil de mesure est encore "plus" absent du formalisme que le micro-système. Il s'ensuit que la réduction du paquet d'onde ne peut être considérée comme un processus réel ; il s'agit tout au plus d'un "tout se passe comme si". La discontinuité des sauts brusques est plutôt une fiction qu'une réalité.

Celui qui s'est toujours élevé contre les "sauts quantiques" c'est Schrodinger. En effet Schrodinger donne nettement la prééminence au principe de superposition. Que la portée fondamentale de ce principe n'ait pas été saisie par tous les fondateurs de la mécanique quantique est compréhensible (cas de Heisenberg et Born par exemple). Une des leçons que nous apprend la mécanique quantique est justement ce principe de superposition qui est un principe de "continuité". Ce que nous montre ce principe c'est l'idée qu'un système n'est pas nécessairement dans tel ou tel état d'énergie, mais plutôt qu'il est dans tous les états à la fois. Au lieu de distinguer de discrétiser, la mécanique quantique mélange, confond. Exit donc la discontinuité des transitions quantiques et apparaît à la place un principe fort de "continuité" inconnu en physique classique. Certaines discontinuités considérées comme étant à la base de la mécanique quantique apparaissent maintenant comme des principes de continuité.

4 -

Nous avons donc clairement montré soit le caractère classique des discontinuités quantiques soit leur caractère innovateur comme nouveau principe de continuité. Qu'en est-il de la deuxième quantification? Nous allons montrer que cette nouvelle "quantification" apporte une nouvelle continuité.

Avant de parler de la deuxième quantification proprement dite, regardons les conséquences qu'entraîne la position qui consiste à associer un ψ à un microsysteme. Une conséquence importante en est que la notion de "systeme quantique" devient floue. En effet, à travers la considération du produit tensoriel, "deux" systemes ayant interagi ne peuvent en général plus être considéré que comme "un" systeme, la fonction d'onde générale du produit tensoriel étant non décomposable. Au vecteur d'état $\psi = \sum c_{n,k} u_n \otimes v_n$, est associé un microsysteme.

Ce phénomène bien connu se présente dans le problème EPR

$$\psi = 1/\sqrt{2} (|\uparrow\rangle \otimes |\downarrow\rangle - |\downarrow\rangle \otimes |\uparrow\rangle)$$

tout à fait similaire au problème des particules indiscernables

$$\psi = 1/\sqrt{2} (\psi_1 \otimes \psi_2 - \psi_2 \otimes \psi_1)$$

où il s'agit de l'interaction d'échange.

Ce type de fonction d'onde confère quasi immédiatement un caractère de non-localité (et évidemment de non-séparabilité) au systeme associé. Le caractère "indiscernable" des "deux" systemes, c'est à dire le fait qu'il s'agit que d'un seul objet quantique se manifeste seulement à la détection, détection qui a comme conséquence de faire apparaître de nouveau deux objets! Ceci montre le flou dans la notion d'objet quantique et que le "nombre" de tels objets n'est pas indépendant de la détection qui elle est de nature macroscopique et qui sépare, localise discrétise. En physique classique nous n'avons pas une telle situation : l'objet a une existence (formelle) indépendante de sa détection.

La deuxième quantification légifère en quelque sorte la situation précédente. Elle ne confère plus une individualité aux "particules". Elle fait glisser cette individualité vers le vecteur d'état ψ dont l'ensemble est constitué en "fond eulérien". En chaque "point" ψ on note le nombre de particules qui "passent par ψ ". La deuxième quantification est tout à fait analogue au passage du point de vue de Lagrange au point de vue d'Euler. Le principe d'indiscernabilité ou la deuxième quantification n'attribue de l'individualité qu'aux états et non aux "particules". Il en résulte un flou, un mélange fondamental de la notion d'objet. Les états à nombre déterminé de photons ou d'excitations sont des états particuliers, l'état général étant une superposition quantique de ces états. L'autre méthode de quantification, celle du champ directement, arrive exactement au même point. La deuxième quantification ne revient nullement à quantifier au sens "discontinuer", mais bien plus à rendre flou, mélangé ce qui était distinct individué. Ainsi le "un" est peut-être "deux" à moins qu'il ne soit "0" ou les deux à la fois. C'est de nouveau la détection (ou la préparation) qui peut faire apparaître des états discrets à exactement n photons etc. Mais la détection nous ramène du côté macroscopique.

Le résultat de cette quantification est que les nombres entiers perdent leur caractère ontologique. Les entiers sont de nature essentiellement macroscopique comme tout ce qui est discret. Nous pouvons donc dire que ce sont bien les hommes qui ont créé les nombres entiers et non Dieu.

La mécanique quantique semble nous découvrir que le monde quantique est fondamentalement continu, inséparable. Les "discrétudes" "un", "deux", ... sont à remplacer par l'UN qui, sous certaines conditions macroscopiques apparaît sous des formes différenciées discrètes.

5 -

En conclusion nous dirons que la mécanique quantique est une théorie du continu quantique. Le continu classique, construit à partir des entiers, a un caractère potentiellement discret (entre deux points il y a toujours un troisième point) et la base de ce continu classique est constitué par ces entiers qui sont l'essence même de l'objet macroscopique classique. Dans ces conditions il est légitime de poser la question si les mathématiques actuelles peuvent être aptes à décrire la réalité quantique. En même temps se pose une autre question : est-ce que l'homme est apte à faire des mathématiques d'une autre nature?

Une question fondamentale nous paraît être la question de l'objet quantique. L'objet quantique se dérobe derrière le formalisme qui ne le nomme pas explicitement. Il apparaît seulement à un méta-niveau ou au niveau de l'interprétation. De plus la théorie quantique mélange continûment objet quantique et appareil de mesure. Si on cherche à avoir une théorie quantique qui admettrait une interprétation vraiment réaliste il faudrait à notre avis d'abord épurer le formalisme de son caractère phénoménologique évident lié à l'observation et donc développer une théorie de l'objet quantique. Le formalisme actuel, bien qu'il ait sûrement touché juste à certains égards, fait un mélange étonnant de concepts de nature différente ce qui ne rend que plus obscure la notion d'objet quantique.

Il n'est pas évident que cette théorie de l'objet quantique soit faisable, le concept philosophique "d'objet" étant lié à notre insertion spatio-temporelle. Il est possible que la philosophie classique ne nous soit d'aucune aide dans cette question, ou nous défende même de la poser. Le salut pourrait venir du formalisme lui-même, mais à condition de l'épurer dans le sens indiqué.

Un premier pas (élémentaire) pourrait être d'adopter systématiquement le point de vue de Heisenberg (correspondant au point de vue de Lagrange) et de se placer dans le cadre de l'approche algébrique de la physique quantique.

Séminaire EPIPHYMATHS

Jean MERKER

Mathématiques

Faculté des Sciences et Techniques

25030 BESANCON CEDEX