

ASSOCIATION F. GONSETH  
INSTITUT DE LA METHODE

EPISTEMOLOGICAL LETTERS

LETTRES EPISTEMOLOGIQUES

EPISTEMOLOGISCHE BRIEFE

Hidden Variables and Quantum Uncertainty  
(Written Symposium, 31th Issue)

Variables cachées et indéterminisme quantique  
(Symposium écrit, 31ème livraison)

Verborgene Parameter und Quanten-Unbestimmtheit  
(Schriftliches Symposium, 31. Heft)

October 1981 Octobre

Contents	Sommaire	Inhalt
51.7 O.Costa de Beauregard	- Réponse à Popper, Garuccio et Vigier (suite)	1
52.1 F.Bonsack	- Esquisse d'un réalisme non métaphysique	3
57.1 J.-P. Vigier	- Causal Non-local Stochastic Interactions in Quantum Mechanics	25
64.1 E.Conte	- Can the Biological Organizing Principles admit a Physical Explanation by Quantum Mechanics?	37
64.2 H.Guggenheim	- Remarque sur 64.0	43
64.3 A.Michel	- Complément à 64.0	44

Errata pour 51.7 ci-contre

---

graphes III et IV →

graphes III, IV, V →

$$e^N P(N,1) = N, \quad e^N P(N,n) = P(1)^n / n ! \rightarrow$$

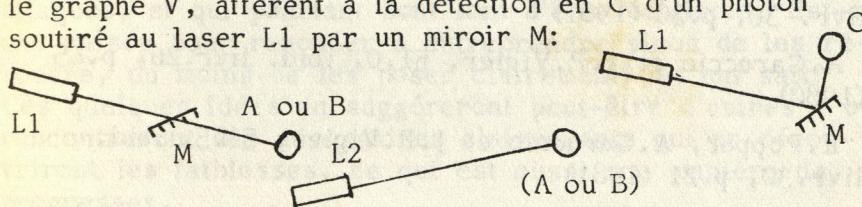
51.7 O.Costa de Beauregard - Réponse à Popper,  
Garuccio et Vigier (suite)

Les formules (5) de ma précédente lettre<sup>1</sup>, qui réfutent l'argument de Garuccio-Vigier<sup>2</sup> et de Popper-Garuccio-Vigier<sup>3</sup>, ont été établies par un calcul court et simple, qui en fait est de trop, car une application des règles de Feynman permet d'écrire ces formules du premier coup.

Les graphes I et II à superposer pour aboutir aux formules (5), que je récris,

$$P(I) = R S, \quad P(II) = R T, \quad (5)$$

sont l'un et l'autre disjoints, et obtenus en ajoutant aux graphes II et IV, afférents à l'interférence en (A ou B) des faisceaux respectivement issus des lasers L1 et L2, le graphe V, afférent à la détection en C d'un photon soutiré au laser L1 par un miroir M:



Graphe III  
(Intensité T)

Graphe IV  
(Intensité S)

Graphe V  
(Intensité R)

Notant T, S, R les intensités (carrés des modules des amplitudes) des graphes II, IV, V, les règles de Feynman donnent directement les formules (5) pour les intensités des graphes I = IV + V et II = III + V, c.q.f.d.

L'implication est évidemment l'indépendance des probabilités R et S d'une part, R et T de l'autre. La première est évidente. La seconde se lit sur la formule

$$P(N,n) = e^{-N} (N^n / n !)$$

rappelée par de Muynck<sup>4</sup>, valable tant en théorie classique qu'en seconde quantification;  $e^{-N}$  notant la probabilité de la valeur moyenne N du flux de photons dans un faisceau,  $P(N,n)$  est la probabilité d'y détecter n photons par unité de temps; cette formule donne

$$e^N P(1) = 1, \quad e^N P(n) = P(1)^n / n ! .$$

Elle exprime ainsi l'indépendance des émissions individuelles des photons (mutuellement "indiscernables").

Encore une remarque concernant les formules (2) et (3) de ma précédente lettre : Popper, Garuccio et Vigier remarquent qu'aux très bas flux,  $Q^2/2$  est négligeable devant  $Q$ ; mais  $S$  est aussi négligeable devant 1, en sorte que les deux produits  $QS$  et  $Q^2/2$  sont du même ordre: il n'est pas plus rare d'avoir 1 photon issu de L1 et 1 photon issu de L2 que d'avoir 2 photons issus de L1 et 0 photons issus de L2.

O. Costa de Beauregard

#### REFERENCES

- (1) O.Costa de Beauregard, 51.6, Lettres épistémologiques livr. 30, p.30 (1981)
- (2) A.Garuccio et J.P.Vigier, 51.0, ibid. livr.26, p.45 (1980)
- (3) K.Popper, A.Garuccio et J.P.Vigier, 51.5, ibid. livr.30, p.21 (1981)
- (4) W.M. De Muynck, 51.2, ibid. livr. 28, p.33 (1980).

## 52.1 F.Bonsack - Esquisse d'un réalisme non métaphysique

Qu'est-ce que le réalisme? Et quel rapport a-t-il avec la séparabilité (la localité)? Ce sont, dans notre débat, des questions centrales et il serait peut-être utile, après 30 livraisons, qu'on essaye de les préciser, de dire ce qu'on entend par "réalisme", par "réalisme physique" ou par "théorie réaliste" (ce que d'autres ont d'ailleurs déjà partiellement fait). Et peut-être aussi de se demander pourquoi certains exigent (ou d'autres estiment pouvoir se passer de) théories réalistes. Enfin, ce qui justifie cette exigence (ou si l'on préfère, ce qui justifie la "croyance" en une réalité physique).

Je suis bien conscient qu'il s'agit là de gros, d'énormes problèmes philosophiques auxquels les plus grands se sont attaqués, et qui pourtant sont loin d'être éclaircis. Est-ce une raison pour renoncer à entreprendre sinon de les résoudre, du moins de les poser clairement? Et qui sait? Ces quelques idées en suggéreront peut-être d'autres - ou rencontreront des adversaires clairvoyants qui en découvriront les faiblesses, ce qui est aussi une manière de progresser.

Mais ce n'est pas qu'un problème philosophique. Car même si, dans un premier temps, les théories réalistes s'efforcent de retrouver les résultats obtenus par la mécanique quantique ordinaire, leur structure est très différente et leurs promoteurs espèrent bien que, dans certains cas particuliers, leurs prédictions seront également différentes. En donnant la préférence à des théories réalistes, on engage donc la recherche dans une certaine voie - juste ou fausse. Il n'est donc pas superflu de se demander pourquoi on le fait, ce qu'on espère obtenir et si les avantages escomptés justifient vraiment les efforts investis ou si l'on s'agit simplement d'un combat d'arrière-garde pour sauver des préjugés dont on ne doit plus rien attendre.

L'un des champions incontestés d'une attitude réaliste, c'est Einstein. Et c'est bien à tort que les militants de l'"Ecole de Copenhague" lui ont reproché de refuser, en mécanique quantique, une révolution épistémologique analogue à celle dont il avait pris la tête dans la théorie de la Relativité. Non, c'est la même exigence d'une description du réel indépendante de l'observateur et du système de référence qui justifie aussi bien ses découvertes rela-

tivistes que ses réticences vis-à-vis de la mécanique quantique, cette exigence qu'il formulait en ces termes

"Es gibt so etwas wie den "realen Zustand" eines physikalischen Systems, was unabhängig von jeder Beobachtung oder Messung objektiv existiert und mit den Ausdrucksmitteln der Physik im Prinzip beschrieben werden kann." (Il y a quelque chose comme l'"état réel" d'un système physique, état qui existe objectivement indépendamment de toute observation ou mesure et peut en principe être décrit par les moyens d'expression de la physique.)

Mais cette profession de foi est immédiatement suivie d'un scrupule:

"Diese These der Realität hat nicht den Sinn einer an sich klaren Aussage wegen ihrer "metaphysischen" Natur ...". (Cette thèse de la réalité n'a pas le sens d'un énoncé clair en lui-même, à cause de sa nature "métaphysique" ...)

(A. Einstein, Einleitende Bemerkungen über Grundbegriffe, in Louis de Broglie, Physicien et penseur, Albin Michel, Paris 1953)

Et c'est bien ici la question: le réalisme est-il nécessairement "métaphysique"? Comme le fait justement remarquer G.Tarozzi (52.0, pp.51-56), celui qui est envisagé ici ne peut pas l'être; "réel" n'est pas une propriété supplémentaire invérifiable au sens de Carnap, mais plutôt un ensemble de caractéristiques qui distingue, parmi d'autres, une certaine classe de théories.

Ce faisant, je suis bien conscient de m'engager sur une voie paradoxale, et je ne donnerai pas tout à fait tort aux réalistes qui verront dans cette tentative un "réalisme positiviste" et jugeront inacceptables les importantes concessions que je fais - sans me contredire, je crois - au positivisme et même à l'idéalisme. Qu'ils aient la patience de me lire jusqu'au bout! Car je récupérerai, après coup, certains thèmes qui semblent au premier abord avoir été sacrifiés.

Mais avant de me placer au niveau des théories scientifiques, vérifiables par des mesures, je voudrais me référer d'abord au modèle réaliste du "common sense", basé sur notre expérience quotidienne, qui en est le prototype,

## 1. Le point de vue positiviste

Nos organes des sens (vue, ouïe, odorat, goût, toucher, mais aussi proprioceptivité) nous fournissent un flux de données, quelquefois sur un seul canal, quelquefois sur plusieurs canaux parallèles (par exemple les nombreux points de l'image visuelle perçus en même temps).

Ce flux de données n'est pas quelconque, ce n'est pas un bruit aléatoire où n'importe quoi suit ou accompagne n'importe quoi. Il apparaît des liaisons, des régularités, des formes, des "patterns" soit au cours du temps sur un même canal, soit entre les canaux (formes visuelles), soit entre différents canaux, mais avec un certain décalage temporel (mouvement d'une forme visuelle). La liaison entre les canaux peut aussi enjamber différents sens: je peux entendre ce que je vois ou voir ce que je touche.

Enfin, et il ne faut pas l'oublier, il y a également des liaisons entre les canaux d'entrée (sens) et les canaux de sortie, les effecteurs, par exemple les muscles: un bon nombre de nos sensations sont provoquées, répondent à des questions, à des actions de notre part: si je fais ceci, je perçois cela.

Le but de la connaissance, c'est - et ici je reste dans un strict positivisme - de découvrir ces liaisons, de pouvoir dire: "j'ai ressenti ceci, donc je vais ressentir cela", ou plus souvent "j'ai ressenti ceci, donc si je fais ceci, je vais ressentir cela, et si par contre je réagis de telle autre manière je vais avoir telle autre sensation". On établit donc des lois reliant tel pattern de sensations à tel autre pattern de sensations, ou tel pattern d'action dans telle situation sensorielle à tel pattern de sensations.

Ceci suppose d'abord un catalogage des patterns découverts (ceux dont les éléments apparaissent plusieurs fois dans les mêmes rapports réciproques, dans la même configuration) et leur identification (ce qui constitue la perception) puis un catalogage des liaisons de ces différents patterns entre eux ainsi que des patterns d'action avec eux (établissement de lois, qui peuvent être de types divers).

Jusqu'ici, nous n'avons pas d'objet, pas de monde. Nous n'avons qu'un centre de traitement avec des entrées (dont on ne sait pas d'où elles viennent) et des sorties (dont on ne sait pas où elles vont). Supposer ici, à ce

stade, un monde comme origine des sensations et comme récepteur de nos actions serait une supposition gratuite, injustifiable, "métaphysique". Tout ce que, dans cette vision, on pourrait éventuellement appeler "monde", ou "réalité", ce sont les liaisons des sensations entre elles et des actions avec elles.

Il serait également vain, à ce stade, de se demander si les structures du flux des sensations sont dues au sujet ou à l'objet, puisqu'il n'y a pas d'objet. Tout ce que je peux dire, c'est que ce flux échappe en bonne partie à ma volonté et que, si je peux occulter le canal visuel en fermant les yeux, ou modifier mon champ visuel en bougeant les yeux, la tête ou le corps, je ne suis pas maître des messages qui me parviennent dans ces différentes circonstances.

Enfin s'il y a, dans le flux des sensations, indéniablement un temps, les sensations se succédant sur un canal, il n'y a pas à proprement parler d'espace, mais plutôt, quelque chose comme un proto-espace: le fait que des sensations me parviennent simultanément en parallèle sur plusieurs canaux. De même qu'une situation spatiale nous est donnée en une fois, dans sa diversité, et peut évoluer au cours du temps, les sensations des divers canaux – en particulier des nombreux canaux de la vue) nous sont données à la fois, les uns extérieurs aux autres tout comme les points d'un espace, cette "situation sensorielle" évoluant au cours du temps.

## 2. Le schéma réaliste, sa fonction

Il s'agit donc de trouver des régularités dans le flux des sensations, des lois permettant de prévoir certains patterns à partir d'autres patterns et des initiatives prises.

Dans certains cas, ce programme peut être facile à réaliser: des lois simples relient directement des patterns sensoriels à d'autres patterns sensoriels.

Mais le plus souvent, ces relations directes sont loin d'être simples et il s'avère préférable de recourir à un intermédiaire qui est un schéma, au sens de Gonseth. \*)

\*) Gonseth imagine le problème suivant: il y a dans une forêt une grande boule, et on se demande si, en la roulant entre les arbres, on arrivera à la sortir de

Notre représentation du monde est un tel schéma où les éléments sont des représentations d'objets. \*\*)

la forêt. Pour résoudre ce problème, il propose de représenter les arbres, numérotés, par des points numérotés sur une feuille de papier (éléments), puis de relier ces points par une ligne, noire si la distance (relation) entre les arbres correspondants est supérieure au diamètre de la boule, rouge sinon. On voit bien qu'une suite continue de lignes rouges constituera pour la boule une barrière infranchissable et que, si l'on découpe la feuille le long des lignes rouges, le problème n'a de solution que si le morceau qui porte la boule contient aussi la portion de la feuille qui présente l'extérieur de la forêt.

Gonseth, commentant ce schéma, y distingue

- des éléments (les points, numérotés et identifiés, la croix représentant la boule etc.).
- des relations entre ces éléments (les lignes de deux types représentant les distances entre les arbres)
- une "signification extérieure" des éléments et des relations, qui permet de passer des points numérotés aux arbres de même numéro, et des lignes noires ou rouges aux distances entre les arbres. Il s'agit aussi d'une relation, non plus à l'intérieur du schéma, mais entre le schéma et ce qu'il représente. Cette relation permet d'une part de passer de la situation au schéma où l'on essaye, selon certaines méthodes, de trouver une solution. La solution étant trouvée, il faudra la retraduire dans la forêt en repassant des points aux arbres à l'aide de ces mêmes relations de signification.  
*(Les mathématiques et la réalité, Blanchard, Paris 1936 et 1974, pp. 226-231)*

\*\*) Pourquoi parler de schéma? P. Bernays m'avait objecté que le géologue n'étudie pas un schéma de montagne, mais la montagne elle-même.

A cette remarque, on peut d'abord répondre que ce qui est un schéma, c'est, plutôt que la montagne elle-même, le cadre spatio-temporel et causal dans lequel s'inscrit cette montagne. (suite de \*\*), p. suivante)

Le premier problème est de passer d'une situation sensorielle à un ensemble d'éléments qui la représentent: il faut identifier des objets: ce que j'ai devant moi, c'est une pomme, une vache, une table, une montagne, je les reconnaît à certains caractères qui affectent mes sens, je puis vérifier cette identification par des actions: je peux prendre la pomme dans ma main, la palper, en estimer la résistance, la couper, la goûter, toutes ces "questions" suscitant des réponses sensorielles caractéristiques.

Mais je peux aussi renoncer à ces vérifications et estimer que, d'après ce que je perçois, la présomption de pomme est suffisamment assurée pour guider une action le plus souvent efficace, la suite des événements pouvant d'ailleurs m'amener à rectifier mes premiers jugements.

Une fois les éléments identifiés, c'est-à-dire reliés à des éléments du schéma, je peux travailler dans le schéma, prévoir, d'après mon expérience de ce type d'objet, comment il va évoluer, comment il va réagir à diverses interventions de ma part, comment il va interagir avec d'autres objets, etc..

Si le schéma est correct, s'il est fécond, utile, idoine, il permettra des prévisions correctes (c'est-à-dire que ce que j'ai prévu dans le schéma sera vérifié par l'expérience, moyennant les règles de correspondance établies entre le schéma et sa signification extérieure).

La prévision, au lieu d'être directe comme dans le système positiviste, fait donc un détour par le schéma, par un modèle qu'on s'est fait de la réalité.

---

Au lieu de schéma, on pourrait parler de "Weltbild", d'image du monde, mais ce terme recouvre d'habitude plutôt une vision philosophique qu'un cadre qui comprend, comme ici, la géométrie et toute la physique.

Mais même notre représentation de la montagne peut être considérée comme un schéma en ce sens qu'elle n'est que sommaire, qu'elle n'a pas intégré toute la richesse de détails de la montagne elle-même. Certes, ce schéma se complète par les nouvelles observations du géologue, mais ce ne sera jamais la montagne elle-même qui prendra place dans l'esprit de l'observateur.

Pourquoi ce détour? Pourquoi ne pas relier directement des sensations à des sensations? Ne postule-t-on pas ainsi des entités superflues qui devraient tomber sous le rasoir d'Occam?

Ce détour est cependant justifié.

Premièrement, il allège la mémoire et augmente la capacité prévisionnelle. Il est vrai que ce qui nous apparaît à un moment donné est une situation globale, et que le découpage en éléments, en objets que nous en faisons est plus ou moins arbitraire. Mais cette situation risque bien de ne pas se reproduire telle quelle, alors que si nous la découpons en éléments, ces éléments peuvent être assemblés différemment pour reproduire un très grand nombre d'autres situations. C'est le principe du Meccano: un jeu limité de pièces permet d'innombrables combinaisons.

Il se peut qu'on paraisse compliquer une situation isolée en l'analysant, en l'interprétant comme le résultat d'un jeu subtil de facteurs dont les effets se superposent et se compensent, et qui par conséquent ne peuvent pas tous être déterminés. Mais ce qu'on perd sur une seule situation, on le regagne lorsqu'on essaye de rendre compte d'un grand nombre de situations, où ces mêmes facteurs se combinent différemment. De même qu'une seule équation ne suffit pas pour déterminer plusieurs inconnues alors qu'un système de plusieurs équations le permet, un grand nombre d'expériences diverses permet d'attribuer la part de chaque inconnue dans chaque expérience et finalement de simplifier la description de l'ensemble des expériences.

Deuxièmement, les lois qui régissent les objets sont beaucoup plus simples que celles qui s'appliqueraient directement aux sensations.

Qu'appelle-t-on plus simple?

La loi la plus simple, c'est la constance au cours du temps, l'invariance, la conservation.

Or, bien souvent, il n'y a pas conservation au niveau de la sensation: les objets disparaissent si l'on interpose un objet opaque ou simplement si l'on se déplace, leur aspect change selon le point de vue, etc..

De telle sorte que les objets apparaissent principalement comme ce qui reste invariant au travers des sensations changeantes, ou même comme des constructions in-

variantes permettant de retrouver, selon certaines règles, les apparences variables.

Ainsi l'objet tridimensionnel ne nous est donné par aucune de ses perspectives visuelles. Mais, à partir de plusieurs de celles-ci et des points de vue correspondants, on peut (re)construire un objet tridimensionnel qui permettra de retrouver, par projection, la perspective vue de n'importe quel nouveau point.

L'invariance apparaît donc comme l'une des caractéristiques primordiales du réel ou, plus exactement, comme l'une des conditions primordiales que nous lui imposons: nous cherchons des invariants, et plus un élément du modèle est invariant, plus nous sommes disposés à le qualifier de réel.

Déjà Meyerson, dans "Identité et Réalité" (Vrin, Paris, 5e éd. 1951) voyait dans ce qu'il appelait "identité" (mais qui était en fait une invariance ou une conservation au cours du temps) la caractéristique essentielle du réel. Pour ma part, j'ai montré dans un article intitulé "Invariance as a criterion of reality" (Dialectica 31, 313-331 (1977)) qu'à cette invariance au cours du temps peuvent être adjointes d'autres invariances: celle, souvent évoquée, d'invariance par rapport au sujet particulier (intersubjectivité), par rapport à l'état ou à l'information du sujet, par rapport au point de vue et au système de référence, par rapport au mouvement, aux circonstances, au mode de perception, au type d'expérience, au langage etc..

Mais, si cette recherche des invariants est incontestablement importante, il faut sans doute aussi faire place à des lois moins simples, car souvent les objets eux-mêmes varient et non seulement la façon dont ils nous apparaissent. En particulier, la continuité joue certainement aussi un rôle: nous nous assurons de la conservation d'un objet qui se déplace en le suivant du regard dans son mouvement, c'est-à-dire en nous assurant que ce dernier ne présente pas de discontinuités.

Bref, tel le schéma copernicien, qui a substitué à des épicycloïdes complexes et arbitraires des mouvements circulaires ou elliptiques qui l'étaient beaucoup moins et ont ensuite pu être expliqués par des lois simples et unitaires, le schéma réaliste permet l'établissement de lois et de principes plus simples et plus généraux.

Enfin, ce schéma réaliste et la structure qu'on y définit exerce des contraintes permettant d'éliminer un grand nombre de possibles. Dans le schéma positiviste, tout est possible et, face à une situation radicalement nouvelle, on est entièrement désarmé. Au contraire, le schéma réaliste restreint de façon drastique les possibles, il est, du point de vue logique, beaucoup plus fort. Or un système cognitif permet des prévisions d'autant plus précises qu'il est plus fort.

(Certes, toute médaille a son revers et il se peut qu'un système trop fort exclue des possibilités qui sont effectivement réalisées. Mais ce n'est pas parce qu'un système de prédiction peut être quelquefois faillible qu'il faut renoncer à l'utiliser dans la majorité des cas où il est efficace.)

Le schéma réaliste permet donc

- de retrouver des éléments communs dans des situations différentes, ce qui permet de reconstituer, en combinant différemment ces éléments, des situations inédites
- de reconstruire, à partir de la variété des apparences, des objets présentant une relative invariance, obéissant à des lois et des principes plus simples et plus constants que ceux qui relient les sensations elles-mêmes
- d'introduire ainsi des contraintes excluant beaucoup de possibles et permettant de s'orienter même dans des situations nouvelles.

### 3. Quelques traits importants du schéma réaliste

Les éléments postulés dans le schéma - ou du moins une catégorie importante de ceux-ci - se laissent ordonner dans l'espace, c'est-à-dire ont entre eux des relations spatiales, des positions relatives. L'espace est lui aussi un schéma, dont la structure est décrite par la géométrie euclidienne; les corps obéissent à des principes généraux tels que

- deux corps ne peuvent pas occuper la même portion d'espace (il y a à ce principe quelques "exceptions" d'interpénétration à discuter)
- le même corps ne peut pas être à deux endroits différents.

Mais il n'y a pas relations spatiales qu'entre des corps différents, il y en a aussi des parties d'un corps entre elles, et qui constituent sa forme.

La notion de temps peut elle aussi être objectivée, c'est-à-dire constituer un schéma unidimensionnel orienté par rapport auquel les états des corps et les événements peuvent être ordonnés, repérés.

L'espace et le temps sont mis en relation dans le mouvement, qui obéit lui aussi à des principes généraux ou plus particuliers: changer la vitesse d'un corps ne peut se faire que sous certaines conditions, et souvent la vitesse relative coûte (dans le frottement, par exemple).

Une autre catégorie importante du schéma réaliste est la causalité, qui régit l'évolution des systèmes, mais aussi et surtout les interactions entre les corps et qui permet de provoquer certains effets désirés en mettant en oeuvre des causes adéquates.

Or - et c'est particulièrement important pour le problème de la localité - il y a liaison entre la causalité et l'espace-temps. En gros, n'agit que ce qui est proche, et même ce qui semble agir à distance le fait par une chaîne d'intermédiaires proches les uns des autres. Plus encore, on postule que toute l'interaction est dans chacun des intermédiaires et qu'il n'en saute pas une partie directement de l'agent à l'agi sans passer par ceux-ci.

Un principe analogue est postulé pour le temps: un passé n'agit sur un futur qu'à travers un présent, et toute l'interaction peut être reconstituée à partir de ce présent. En outre, la causalité a un sens: c'est toujours le passé qui agit sur le futur - jamais l'inverse.

Enfin, la relativité, qui a relié l'espace et le temps, a d'une part introduit de nouvelles contraintes sur la liaison entre la causalité et le cadre spatiotemporel (l'interaction causale se fait à une vitesse inférieure à celle de la lumière, donc les causes d'un événement sont à chercher dans son cône de lumière passé), d'autre part, elle a permis de relier les deux principes, spatial et temporel, d'action de proche en proche, en un seul principe: Si l'on ferme le cône de lumière passé d'un événement E par une hypersurface quelconque  $\Sigma$  (pouvant être localement du genre espace ou du genre temps), on obtient un hypervolume

fermé. Si un événement  $E'$  du cône de lumière passé de  $E$ , mais situé à l'extérieur de ce domaine, a une action sur  $E$ , toute cette action est contenue dans l'état de l'hypersurface  $\Sigma$ . Autrement dit, l'état sur  $\Sigma$  contient tout ce qui peut déterminer l'évolution instantanée de  $E$ ; on peut oublier tout ce qui est antérieur et extérieur. (Ce principe d'action de proche en proche ne suppose pas un déterminisme d'évolution: il se peut que l'état sur cette hypersurface  $\Sigma$  ne détermine pas entièrement l'état de  $E$ . Ce qu'affirme le principe c'est que cet état n'est pas déterminé et donc ne peut pas être contrôlé par quelque chose d'antérieur ou d'extérieur à l'hypersurface sans qu'un porteur ne l'ait traversée.)

Cette énumération de quelques traits du schéma réaliste ne prétend être ni exhaustive, ni irréformable. Il est fort possible d'en abandonner l'un ou l'autre sans pour autant cesser d'être réaliste: la mécanique newtonienne postulait une action à distance qui ne satisfaisait pas au principe d'action de proche en proche; elle n'en était pas moins réaliste. Il se peut de même que la violation, par la mécanique quantique, des inégalités de Bell, nous oblige à certains réaménagements de la relation entre causalité et cadre spatio-temporel.

#### 4. La position du sujet

On a souvent prétendu que le réalisme évacue le sujet, qu'il se place du point de vue de Sirius et s'imagine qu'on peut connaître le monde sans troubler le cours des événements.

Ce reproche est injustifié. Le réalisme n'oublie pas le sujet, mais il le réinterprète comme objet.

Il a, pour cela, de bonnes raisons. D'abord parce que d'autres sujets - auxquels il a toutes raisons de s'identifier - lui apparaissent comme des objets parmi les autres objets, interagissant avec eux selon les lois de la causalité et de la physique. Et parce que lui-même, certaines parties de son corps ou même son corps entier lui apparaissent dans certaines circonstances comme un objet (dans un miroir, sur des photographies etc.).

En outre, la sensation est elle aussi réinterprétée comme résultant d'une interaction causale entre les objets et le sujet objectivé. Comme l'écrit R. Blanché "La connaissance à laquelle aboutit le réalisme est une certaine partie du réel,

retrouvée à l'intérieur de celui-ci comme un élément à côté d'autres éléments ("Les attitudes idéalistes, P.U.F., Paris 1949, p.41). C'est seulement à ce stade, au moment où le schéma réaliste est construit et où le sujet y est intégré, qu'on peut parler de "monde extérieur", qui n'est alors plus un métaphysique et inconnaisable au-delà des sensations, mais une partie d'un schéma cohérent et efficace. Le réel n'est pas un donné, mais un construit posé comme donné d'un autre construit (le sujet objectivé), cette construction globale permettant d'interpréter les données sensibles et d'agir efficacement (l'efficacité étant mesurée, en dernier ressort, à des sensations ou à quelque construit qui peut s'y ramener).

Cette réinterprétation du sujet dans le monde des objets permet de comprendre bon nombre de "faits" sensoriels qui sans elle demeurerait mystérieux: l'image visuelle changeante selon les positions relatives du sujet et de l'objet peut être prévue en attribuant à l'un et à l'autre une position dans l'espace (par rapport à un référentiel matérialisé telle qu'une chambre); on comprend de même pourquoi l'image disparaît ou se colore lorsqu'on interpose un objet opaque ou un filtre, pourquoi les objets semblent se déplacer lorsqu'on presse sur un globe oculaire ou pourquoi les sons s'affaiblissent lorsqu'on se bouche les oreilles. De telle sorte qu'une modification de la sensation doit, selon les cas, être attribuée à une modification du sujet-O ou à une modification de l'objet lui-même: elle s'interprète en fonction des états et de la situation relative de l'objet et du sujet-O.

De ce fait, le réalisme établit une limite nette entre l'épistémologie et la science objective: aucune considération épistémologique n'intervient dans la description du monde, c'est-à-dire dans le schéma lui-même. Certes, la connaissance et la critique de la connaissance ont aidé à construire le schéma, mais elles n'y sont pas intégrées, elles en disparaissent comme les échafaudages une fois la maison achevée.

Cette "banalisation" du sujet, certains auteurs actuels commencent à en saisir l'importance dans l'interprétation de la mécanique quantique, s'insurgeant contre les idées de Bohr qui faisait de la mesure quelque chose de spécial, échappant au monde ou du moins au monde quantique. On voudrait éviter que la sensation et la mesure soient en

quelque sorte rejetées à l'extérieur du schéma théorique:

"Everett's interpretation (...) opens for us now the task of building concrete analyses of quantum measurements. As we have seen, the Copenhagen interpretation cannot but consider this question as a metaphysical one. On the contrary, from the new point of view, (...) a measurement is a specific type of interaction process between two physical systems, which is to be fully described within quantum theory" (J.M. Lévy-Leblond, Towards a proper quantum theory, *Dialectica* 30, p.186, (1976)).

Et B.d'Espagnat, dans son article 40.0 (E.L.22, 1979) oppose lui aussi "un point de vue dans lequel rien, qualitativement, ne distingue une mesure d'un autre événement" à une doctrine où, "pour une raison ou pour une autre (macroobjectivisme, rôle privilégié de l'observateur, libre-arbitre de l'expérimentateur, ou ainsi de suite) les événements "mesure" ont quelque chose qui, objectivement, en font des événements différents des autres événements."

C'est un caractère essentiel du réalisme que de vouloir ainsi interpréter soit la sensation naturelle, soit la mesure qui est son prolongement, comme des événements physiques ordinaires, obéissant aux mêmes lois que les autres interactions entre deux systèmes objectifs. Et, contrairement à ce qu'on a souvent prétendu, le réaliste ne répugne pas à l'idée d'une perturbation incontrôlable du système mesuré par l'appareil de mesure, pourvu qu'il puisse en rendre compte dans son schéma sous forme d'une interaction physique.

Autrement dit, dans le schéma, on postule une existence indépendante aussi bien pour les objets que pour les sujets objectivés; bien que le schéma lui-même ait été construit d'après l'expérience sensorielle et de ce fait en dépende, les objets qui peuplent ce schéma ne dépendent évidemment pas de la connaissance réinterprétée comme interaction causale entre ces objets et le sujet objectivé: leur existence dans le schéma est indépendante de toute interaction avec d'autres objets ou avec d'éventuels sujets (ce qui ne signifie pas que leur état puisse en dépendre).

Peut-être serait-il opportun, pour une meilleure clarté, de donner des noms différents aux deux connaissances et aux deux sujets.

Si l'on appelle

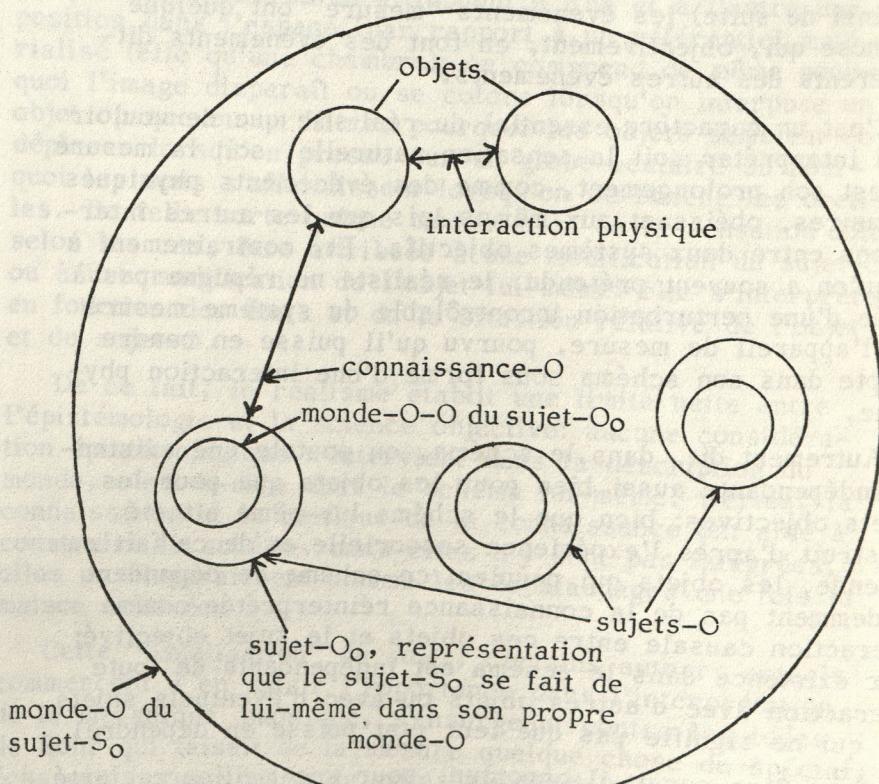
Sujet-S le véritable sujet, le moi, le théâtre de toutes nos représentations

Sujet-O le sujet objectivé, représentant le sujet-S dans le schéma réaliste (monde-O)

Connaissance-S le donné sensoriel

Connaissance-O la représentation, dans le schéma réaliste, de la connaissance-S, mais interprétée maintenant dans le monde-O comme une interaction physique et causale entre les objets-O et le sujet-O,

on pourra reformuler la thèse ci-dessus en disant que si le schéma réaliste dépend de la connaissance-S, puisqu'il a été construit d'après elle, dans le monde-O au contraire, l'existence des objets-O ne dépend évidemment pas plus de la connaissance-O que de n'importe quelle interaction avec d'autres objets-O.



## 5. Quelques problèmes

Dans cette perspective, un certain nombre de faux problèmes s'évanouissent.

"Exister", au moins dans l'un de ces sens, c'est appartenir comme objet-O à ce schéma spatio-temporel et causal (monde-O) que nous utilisons pour comprendre, prévoir et agir, c'est y être nécessaire pour rendre compte de certaines sensations, de certaines mesures, de certaines réactions. +(voir note p.24)

Se demander si un objet continue d'exister lorsqu'aucun observateur ne le perçoit n'a plus grand sens. Ce qui en a un, c'est de se demander s'il est utile de postuler son existence, sa permanence et des lois de conservation qui s'y appliquent, si postuler cette existence permet de mieux rendre compte que l'hypothèse contraire de ce que nous constatons. Et la réponse à cette question est claire: postuler cette permanence justifie la conduite "chercher un objet que nous ne voyons plus"; puisque cette conduite est souvent efficace, le postulat de permanence est justifié.

Il est de même requis pour l'interprétation de traces présentes d'événements qui se sont passés en l'absence de tout observateur. Si la maison isolée et inhabitée n'existe plus lorsque personne ne l'observe, comment expliquerait-on qu'on la retrouve consumée après avoir été, sans témoins, frappée par la foudre? Se demander par exemple si la terre existait avant l'apparition d'êtres conscients n'a pas plus de sens: les traces que nous constatons maintenant ne s'expliquent de façon cohérente que si l'on postule dans le schéma l'existence, bien avant l'apparition de l'homme sur la terre, des minéraux, des végétaux et des animaux. Sinon qu'on nous propose une explication concurrente et ses avantages éventuels! Car il ne s'agit pas seulement d'expliquer les événements présents, mais les traces présentes que nous attribuons, dans notre schéma, à des événements passés.

Dans ce schéma, où les sujets-O sont mis sur le même plan que les objets, rien ne s'oppose à l'apparition, au cours du temps, de sujets-O parmi des objets antérieurement existants.

Enfin, troisième problème délicat entre tous: le schéma est-il perfectible, et s'approche-t-il progressivement d'un

réel qui ne dépendrait pas de notre connaissance et ne valoirait pas avec elle?

La réponse à cette question demande quelques éclaircissements préalables.

Ecartons d'abord l'objection que nos schémas théoriques successifs sont incomparables entre eux et ne peuvent donc pas converger.

Les mathématiciens savent bien que l'on ne peut pas parler de convergence tant qu'on n'a pas défini une distance ou du moins une topologie (c'est-à-dire lorsqu'on n'a pas défini ce qui est proche, voisin). Et aussi qu'une suite peut converger selon une certaine topologie et ne pas converger selon une autre.

Il faut donc bien s'entendre sur ce qu'on appellera "théories proches", et ce sur quoi on jugera leur proximité: à leur structure logique, aux notions qu'elles utilisent, ou aux résultats expérimentaux, aux sensations qu'elles permettent de prévoir? Même si deux théories sont contradictoires entre elles sur certains points, même si elles font appel à des entités théoriques différentes, ne peuvent-elles pas rester comparables quant aux résultats numériques qu'elles permettent de prévoir pour une expérience donnée?

Et qu'on ne vienne pas nous raconter qu'on mesure le temps relativiste avec des horloges relativistes et que les indications de ces horloges relativistes ne sont pas comparables à celles données par des horloges classiques. Même si c'était vrai, on pourrait toujours comparer les données numériques (il n'y a pas de nombres relativistes qui seraient incomparables avec des nombres classiques), mais en fait, ce n'est pas vrai: on mesure les temps dans les deux théories avec des horloges classiques et Einstein, dans son article de 1905, synchronise des horloges classiques à l'aide de signaux lumineux qui sont les mêmes, qu'ils soient observés par un physicien classique ou par un physicien relativiste. La seule différence, c'est que l'un, postulant que la vitesse de la lumière est la même pour tous les observateurs, déclare simultanés des signaux que l'autre, qui ne fait pas cette hypothèse, déclare successifs, et il faudra voir par la suite laquelle de ces deux hypothèses permet de s'approcher mieux de l'expérience.

Cette hypothèque de l'incommensurabilité étant levée, il faut maintenant chercher à voir où est le problème, essayer de le cerner clairement.

On peut voir la difficulté sous cette forme: "Si le réel est schéma, comment pourrait-il être sa propre référence? On comprendrait que le schéma s'approche d'un réel extérieur, mais s'il n'y a pas de réel extérieur, de quoi s'approchera-t-il?"

A une telle question, on peut d'abord répondre que le monde-O n'est pas mesure de lui-même, puisqu'il se mesure à l'expérience, puisqu'il s'ouvre sur l'expérience. Et si vraiment on voulait parler d'un monde-E, dont le monde-O serait le schéma, il faudrait le chercher dans les liaisons à l'intérieur du flux de nos sensations et de ce flux avec le flux de nos actions. Nous l'avons déjà dit, ce monde-E n'est pas informe, il présente des corrélations, des messages structurés, et il ne répond pas arbitrairement à nos actions. Mais ces structures, ces régularités ne nous sont pas données sous forme d'un monde organisé, que nous n'aurions qu'à recopier. Elles nous sont données sous une forme éparsillée, et c'est à nous à imaginer, à construire un monde-O qui simule ces régularités. Qui les simule plus ou moins bien, d'où l'idée de l'approximation du monde-E (qui n'est pas un monde, mais une structure du donné) par le monde-O.

A cette première réponse, on peut en ajouter une seconde: le monde-O est peuplé d'objets, mais aussi de sujets-O, qui reçoivent des objets environnants et des autres sujets-O des messages physiques dont ils sont censés reproduire la structure à l'aide d'un schéma intérieur que j'appellerai "monde-O-O". Le "monde-O-O" est donc une structure mentale objectivée à l'intérieur du sujet-O, qui représente, dans le monde-O d'un sujet-S<sub>0</sub>, le monde-O de ce sujet-S<sub>0</sub> lui-même (en l'attribuant au sujet-O<sub>0</sub>). "... Le réaliste retrouve, dans son univers de choses, l'ensemble des idées, mais réduites à l'état de choses", comme l'écrit R. Blanché (loc.cit.p.41). Mais, dans le monde-O d'un sujet-S<sub>0</sub>, il y a, outre sa représentation comme sujet-O<sub>0</sub>, les représentations sujet-O<sub>1</sub>, sujet O<sub>2</sub> ... d'autres sujets, auxquels on attribuera aussi des schéma mentaux monde O-O<sub>1</sub>, monde O-O<sub>2</sub> etc..

Ces mondes-O-O ne sont pas tous équivalents: certains sont plus adéquats que d'autres, selon le degré d'intelligence, d'objectivité, selon la culture et la civilisation de leurs constructeurs (car nous avons aussi des témoignages de mondes-O de sujets d'autres siècles, et que nous intégrons dans notre propre monde-O sous forme de mondes-O-O).

Dans ce cadre (comparaison des mondes-O-O des sujets-O), la notion de progrès des mondes-O-O vers une meilleure adaptation a un sens bien précis, même si l'on ne connaît pas la limite vers laquelle ils tendent. C'est ce que Cauchy a bien montré en mathématiques: il a donné de la convergence une définition qui ne présuppose pas la connaissance - en général impossible - de la limite elle-même.

Enfin, le sujet lui-même est conscient des insuffisances de son schéma: il ne sait pas tout, et l'histoire de la pensée lui a appris que même des acquisitions qui paraissent définitives, inébranlables ont été remises en question.

Il peut donc être tenté de remonter l'image précédente (des mondes-O-O dans le monde-O) d'un type (au sens logique) et postuler pour son propre monde-O le même statut de relativité que celui qu'il constate au niveau des mondes-O-O. Autrement dit admettre que son monde-O est en progrès vers un monde-O limite qui lui, concrétiserait l'idéal réaliste d'un univers indépendant de la connaissance.

Autrement dit: le réaliste se constitue un monde-O dans lequel les objets sont ce qu'ils sont, la connaissance-O, étant consécutive à une interaction physique entre ces objets posés comme en soi et un sujet-O posé comme en soi.

Mais le sujet sait bien que son monde-O effectif ne peut pas remplir les conditions qu'il en exige, puisqu'il évolue, puisqu'il s'améliore au cours de l'histoire de l'humanité et de celle de l'individu. Le monde-O effectif est à l'image de la connaissance, qui est imparfaite, même si elle se complète progressivement.

Le réaliste est donc amené à postuler, au-delà de son monde-O, un monde-O idéal et inaccessible, qui aurait l'indépendance exigée vis-à-vis de la connaissance et où les choses, au lieu d'évoluer à la fois en soi et pour nous, n'évolueraient plus qu'en soi.

On me dira que ce monde-O est métaphysique parce qu'inaccessible. Je l'admetts volontiers, encore qu'il ne s'agisse plus ici d'un au-delà des sensations, mais d'un au-delà des connaissances actuelles.

Certains iront même jusqu'à estimer que ce monde-O idéal, irréformable en principe, constitue un obstacle à leur libre créativité, qu'ils ne supportent rien devant eux, sinon un champ vierge ouvert à tous les possibles.

Mais ne suffit-il pas qu'il soit inatteignable? Que tous nos mondes-O effectifs restent ouverts à une révision et à un progrès? Ce qu'il faut éviter, c'est de fermer notre monde-O, de croire l'idéal, la limite atteints. Comment ce monde-O idéal pourrait-il restreindre notre liberté puisque nous ne le connaissons pas? Et la principale fonction du postulat d'un tel monde-O idéal n'est-elle pas d'ouvrir nos mondes-O effectifs à leur propre révision?

## 6. Résumé et conclusions

En résumé, le réaliste ne postule pas un au-delà des sensations inaccessible et donc métaphysique. Comme le positiviste, il veut, à partir de ce qu'il ressent, pouvoir prévoir l'avenir en fonction de ses actions, ce qui lui permettra de choisir des moyens efficaces pour réaliser ses buts. Mais au lieu de relier directement des sensations et des actions à des sensations, il fait un détour par un schéma, peuplé d'objets, structuré par l'espace et le temps, régi par des lois causales, schéma unitaire où le sujet lui-même prend place, la sensation étant ré-interprétée comme une interaction entre les objets et lui.

Il se peut que ce schéma doive être profondément modifié, qu'on doive diminuer l'importance des notions spatiales, qu'on doive renoncer à un déterminisme strict, que l'étoffe de cet univers ne soit pas des particules matérielles, mais un champ, un éther ou même un mixte d'ondes et de corpuscules. Cela ne devrait pas entamer le "noyau dur" du réalisme.

Par contre, ce qu'il exige, ce qu'il n'est pas prêt à sacrifier, c'est cet "univers" global où les objets et les sujets objectivés ont leur devenir propre et où sensation et mesure sont interprétées comme résultant d'interactions objet-sujet selon les lois de la physique. Il ne se satisfait pas d'un schéma qui ne représenterait que ce qu'il

sait sur le monde, c'est-à-dire qui se modifierait en fonction de la connaissance qu'en prendraient les sujets. Pour lui, la connaissance doit être le résultat d'une interaction physique entre un système en soi, descriptible comme tel dans le schéma et un sujet (ou un appareil de mesure) en soi, également descriptible comme tel dans le schéma. Et ici l'on rejoint la citation d'Einstein qu'on pourrait modifier et tronquer pour la débarasser de son caractère métaphysique:

"Wir nehmen so etwas, wie den "realen Zustand" eines physikalischen Systems an, was mit den Ausdrucksmitteln der Physik unabhängig von jeder Beobachtung oder Messung im Prinzip beschrieben werden kann." (Nous postulons quelque chose comme l'"état réel" d'un système physique, état qui peut en principe être décrit, indépendamment de toute observation ou mesure, par les moyens d'expression de la physique).

l'idée étant que la description du monde ne doit pas dépendre de la prise de connaissance par un observateur, ce processus de mesure et de prise de connaissance étant au contraire interprété comme une interaction physique entre le système observé et l'appareil d'observation ou l'observateur objectivé.

(On remarquera ici la parenté d'une telle exigence avec celle qu'Einstein a fait valoir dans la théorie de la Relativité: la description des événements électromagnétiques doit être indépendante du choix arbitraire du système de référence, et ce qui apparaît aux divers observateurs doit pouvoir être retrouvé en liant chacun de ceux-ci à l'un des systèmes de référence de ce schéma. Autrement dit, c'est en plongeant les observateurs dans un univers absolu qu'on arrive à rendre compte de la relativité de leur description.)

Ces exigences réalistes, quelles raisons a-t-on de les maintenir, ou quelles raisons impérieuses aurait-on de les abandonner?

Ici, il faut bien avouer qu'on a fort peu d'arguments expérimentaux et que par conséquent, les convictions personnelles sont prépondérantes.

Le réalisme est une position, une option épistémologique, qui représente une attitude vis-à-vis de la connais-

sance. C'est une position qui a largement fait ses preuves dans tous les domaines macroscopiques: la recherche d'une connaissance objective paye, elle est efficace, elle se révèle idoine.

Certes, il n'est pas impensable que cette position soit mise en échec.

Mais il faut bien se rendre compte qu'une remise en question du réel lui-même dépasse de loin en importance toute remise en question, même fondamentale, de la structure de ce réel. Des expériences nouvelles, des résultats imprévus peuvent ébranler des caractéristiques du réel qu'on croyait bien établies: la causalité, le cadre spatio-temporel etc.. Mais peuvent-ils remettre en question l'attitude épistémologique du sujet face au monde?

Nombreux sont ceux qui pensent aujourd'hui que Bohr et Heisenberg ont proposé une solution épistémologique à un problème physique. Par exemple M.Paty dans un preprint intitulé Einstein, Popper et le débat quantique aujourd'hui dit d'Einstein, Podolsky et Rosen qu'ils ont "mis en défaut l'explication traditionnelle de l'incompatibilité des variables en termes de perturbation par l'acte d'observation, explication qui s'apparente à une réponse passe-partout et occulte la nature physique de la question posée par une prise de position philosophique sur la nature de la connaissance".

Le mérite de cette clarification, de ce que M.Paty appelle "la décantation du mélange physique/philosophique de la problématique", revient, après les auteurs que M.Paty a cités ci-dessus, à J.S.Bell dont l'inégalité, infirmée par les expériences, a clairement montré qu'il n'y avait pas inséparabilité entre le sujet et l'objet, mais entre deux systèmes physiques. Le problème est donc posé sur un plan physique, objectif et il apparaît vain de lui donner une solution épistémologique.

Ma conviction est que réalisme et positivisme sont des attitudes de connaissance toutes deux inattaquables philosophiquement et que n'importe quelle expérience, n'importe quelle théorie pourra être interprétée aussi bien selon l'une que l'autre.

Une expérience pourra donc nous obliger à modifier de façon plus ou moins profonde le schéma réaliste, mais je  
33 doute qu'elle nous force à l'abandonner. Ce n'a du moins

pas été le cas jusqu'ici. Comme l'écrit A. Shimony dans 31.0 (Epist.Lett.19, p.23 (1978)): "No definitive argument has been given that we must abandon the general point of view of realism and construe scientific theories only as instruments for ordering and anticipating our experience".

Et, avant de terminer, je voudrais rappeler quelques points de cet article qui me paraissent importants et peut-être originaux.

Le réalisme est ici présenté comme un schéma permettant d'ordonner et d'anticiper l'expérience, mais un schéma obéissant à un certain nombre de contraintes dont certaines apparaissent plus essentielles que d'autres. L'une des caractéristiques importantes du réalisme est que le sujet prend place, sous une forme objectivée, parmi les objets et que la sensation est réinterprétée comme une interaction physique entre les objets environnants et le sujet objectivé.

Sont distingués plusieurs niveaux qui permettent d'éviter les paradoxes – car ce qui est vrai à un niveau peut être faux à un autre. Ainsi le monde-O est en quelque sorte dans le sujet-S, alors que le sujet-O est dans le monde-O. Le monde-O dépend de la connaissance-S en fonction de laquelle il est construit, mais il ne dépend pas de la connaissance-O qui n'est qu'un de ses éléments. Le sujet-S n'a pas de monde en face de lui, il n'est pas un intérieur en face d'un extérieur alors que tout ceci devient vrai pour le sujet-O. R. Blanché a déjà dénoncé ces "antithèses verbales": "... L'univers me comprend comme être pensant, et par la pensée je comprends l'univers; ma représentation est un événement du monde et le monde est ma représentation; l'âme est dans le corps et c'est le corps qui est dans l'âme (loc.cit.p.42).

Bref, ces distinctions fournissent un langage clair, introduisent une certaine rigueur dans un domaine semé de pièges et permettent de donner un sens défini à certaines notions qui apparaissaient comme métaphysiques.

F. Bonsack

<sup>+</sup>(n.de p.17) En ce sens – c'est paradoxalement, mais cependant cohérent – les sensations-S, celles que le solipsiste et l'idéaliste considèrent comme seules réelles, n'"existent" pas, puisqu'elles n'appartiennent pas au schéma. Seules "existent" 24 les sensations-O.

57.1 J.-P. Vigier - Causal Non-local Stochastic Interactions in Quantum Mechanics

If one studies the collection of Epistemological Letters one realizes that the epistemological discussion (and interest) has been steadily concentrating on the E.P.R. paradox and the forthcoming experiments of Aspect<sup>1</sup> and Rapisarda<sup>2</sup>. This is an evident consequence of the general belief that the (now very probable<sup>3</sup>) discovery of actions at a distance (foreseen by Quantum Theory<sup>3</sup>) opens a major crisis which might culminate in the destruction of the causal mechanism of relativity theory.

The aim of the present contribution is to show that it is not so in general, i.e.:

- 1) That it is perfectly possible to introduce, in relativity theory, certain types of action-at-a-distance which preserve Einstein's causality ... provided they satisfy certain supplementary covariant conditions
- 2) That the Quantum Potential introduced for isolated objects by de Broglie<sup>4</sup> – Bohm<sup>5</sup> and by Vigier et al.<sup>6</sup> between correlated pairs of Quantum Particles satisfies the said conditions
- 3) That the Stochastic Interpretation of Quantum Mechanics<sup>7</sup> satisfies Einstein's principle that all interactions (including the preceding quantal actions-at-a-distance) are mediated by the contact interactions of extended intervening particles.

We shall split this demonstration into two theorems.

Theorem I. Unless one introduces specific constraints on non-local interactions the corresponding action-at-a-distance breaks causality and implies retroactions in time.

To show this (see fig. 1) let us consider two observers  $O_1, O_2$  with respective rest frames  $S, S'$ . At the event  $\mathcal{E}_1$ ,  $O_1$  sends (in its relative future) a superluminal signal to  $O_2$  which absorbs it at  $\mathcal{E}_2$ ; after some time, at the event  $\mathcal{E}_3$ ,  $O_2$  sends (in its relative future) another superluminal signal to  $O_1$  which absorbs it at  $\mathcal{E}_4$ . It is easy to verify<sup>8</sup> that we can always arrange this experiment so that  $\mathcal{E}_4$  precedes  $\mathcal{E}_1$  ... so that we can use superluminal signals in order to modify the absolute past of

$O_1$ ! In other terms, as can be checked easily, the criss-crossing of space-like paths allows the transport of positive energy backward into time from  $\mathcal{E}_1$  to  $\mathcal{E}_4$ .

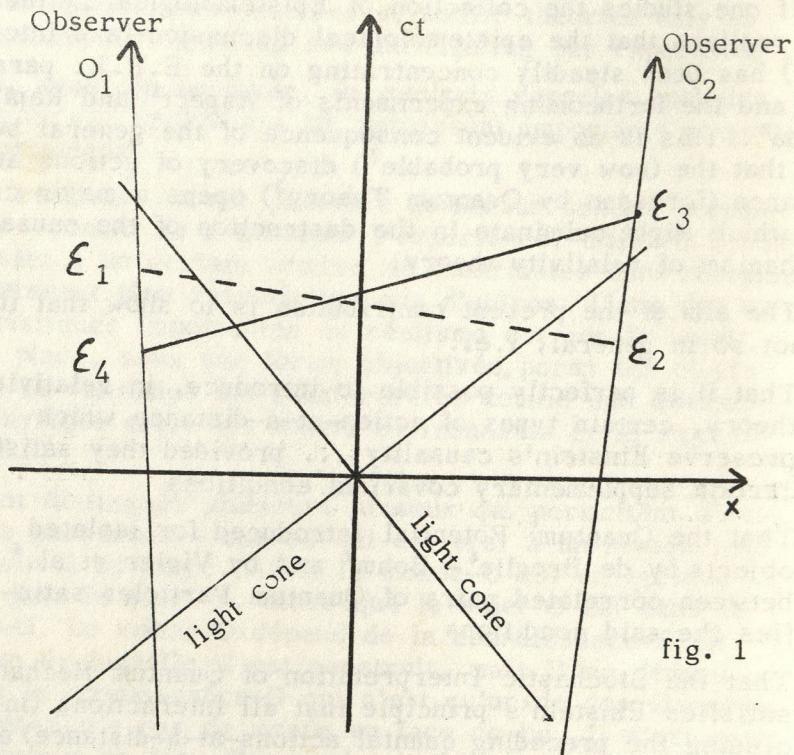


fig. 1

Moreover (as noted by Møller<sup>8</sup>) the order in time of events  $\mathcal{E}_1$  and  $\mathcal{E}_2$  (or  $\mathcal{E}_3$  and  $\mathcal{E}_4$ ) depends on the external observer.

Before discussing Theorem II let us briefly recall what is meant by Einstein's causality versus the usual, classical, causality. In classical mechanics, because of the existence of an absolute time-flow, the succession of events (causes and effects), which affect any particle moving in time, is the same for all observers. This results from the invariance of mechanical laws under the Galilei Group. The existence of instantaneous actions-at-a-distance (such as the gravitational forces) raises no problems. Given knowledge of positions and velocities at any (absolute) instant of time (i.e. Cauchy's initial conditions) the future evolution of the system can be predicted (in the sense of

solving the Cauchy problem) by Hamilton's differential equations ... and one can describe its past behaviour by retrodiction.

Relativity theory cannot accept such a simple scheme. As a consequence of its invariance under Lorentz transformations, Einstein, a consequent determinist, thus had to introduce new conditions to preserve causality i.e.

- a) to recover the invariance of the sequence of causes and effects with respect to all possible observers, he had to assume that all particles move along time-like paths and only carry positive energy in the forward time direction
- b) to maintain the objective character of physical laws they must be written in a covariant form. On mathematical grounds, years later, Zeeman<sup>9</sup> has then shown that, if one represents causality by a partial ordering of test particles on Minkowski space, the group  $G$  of all automorphisms which preserve this partial ordering is necessarily generated by the inhomogeneous Lorentz Group (i.e. the Poincaré Group) with dilatations and space reversals.
- c) to insure that all interactions are mediated by material contact interactions, and if particles are points, then the possible causal origin of any situation, at any given world point  $P$ , is limited within its past light cone ... whereas its possible causal consequences are limited to its forward light cone. In other terms one deduces from the point particle assumption that causality implies locality. Vice versa Einstein's locality yields causality, if only point particles carry interactions and/or informations.

However (and this is a crucial point), contrary to widespread opinion (and as noticed by Einstein and Dirac) the causality group  $G$  does not imply locality in the precise sense that if extended test particles can propagate internal superluminal, non-local, interactions, then one can construct in principle phase phenomena (like collective excitations in superconductivity) which propagate, by contact, faster than light on a material "aether" filled with stochastic motions<sup>7,10</sup>. Of course such motions cannot propagate signals, but, as we shall see later, they can explain, in principle, the su-

perluminal interactions which already appear indirectly in the first phase of Aspect's experiment on the E.P.R. paradox<sup>3</sup>.

We have emphasized here the locality-causality connection because many people still believe that they are inseparable concepts. This is evidently not true and does not follow from Zeeman's theorem.

Indeed if we drop the point-like aspect of relativistic particles and consider them as extended timelike hyper-tubes<sup>7</sup> which can transmit superluminal interactions localized within their internal structure we see:

- A) that though they preserve causality locally (in the sense that the sequence of causes and effects observed by any observer along the timelike paths followed by a characteristic internal point (center of mass or center of matter density) does not change for any observer) they break locality on small distances.
- B) that they can break locality macroscopically, in the sense that they can carry on local superluminal interactions which are not transmitted by individual particles (limited to timelike motions) but result from the superluminal propagation of a real physical collective excitation (i.e. a density wave) which propagates like a phase phenomenon (analogous to the successive lighting of electric bulbs on a christmas tree) on the top of a continuous thermostat of such extended elements ... which then corresponds to the material "vacuum" which supports the real physical  $\Psi$  waves associated to individuel particles in the B.V. particular version<sup>11</sup> of the causal interpretation of quantum mechanics.

We now come to Theorem II. Its aim is to show that, under specific covariant constraints, the actions-at-a-distance associated with Quantum Mechanics are perfectly causal in the sense that

- a) the system of correlated particles can be solved in the forward (or backward) time direction in the sense of the Cauchy problem.
- b) the path of these correlated particles must be timelike
- c) the formalism must be invariant under the Poincaré Groupe  $P = T \otimes \mathcal{L}^\uparrow$ .

To establish it, in Quantum Mechanics, we first summarize the results, obtained in relativistic mechanics, of the "predictive" school<sup>12</sup> essentially by Droz-Vincent et al.<sup>13, 14, 15</sup>. They have shown indeed that one can have actions-at-a-distance and preserve  $\alpha)$   $\beta)$   $p$ ) if the following constraints are satisfied.

Starting from the free relativistic scalar Hamiltonians  $H_{01} = 1/2 p_1^\mu p_1^\nu$  and  $H_{02} = 1/2 p_2^\mu p_2^\nu$  canonically conjugated to the proper times  $\tau_1$  and  $\tau_2$  we complete them with non-local potentials  $V+W$  and  $V-W$  so that as phase space functions (in sixteen dimensions) we get

$$H'_{01} = H_{01} + V + W \quad \text{and} \quad H'_{02} = H_{02} + V - W .$$

In order to satisfy  $\alpha)$  and  $\beta)$  it has been shown<sup>13, 14</sup> that it is geometrically necessary that the complete Hamiltonians satisfy

$$\{ H'_{01}, H'_{02} \} = 0 \quad (1)$$

the  $\{ \}$  denoting Poisson brackets. Condition (1) implies indeed the independent causality of particles 1 and 2. To calculate (1) we consider the canonical coordinates  $q_1, p_1, q_2, p_2$ : where  $q_1$  and  $q_2$  are points in Minkowski space, while  $p_1$  and  $p_2$  are four vectors. These canonical coordinates satisfy the standard Poisson bracket relations. Beware that, due to the so-called "No interaction theorem"<sup>16</sup>, the  $q_1, q_2$  cannot be confused with the positions  $x_1, x_2$  when interaction is present<sup>17</sup>. Here, when possible, greek indices running from 0 to 3 are omitted. For instance  $p_1$  stands for  $p_1^\mu$ , etc.. Scalar products are written in compact form; i.e.:  $p^2 = p \cdot p = p_\alpha^\mu p_\mu^\nu$ , etc..

We separate external from internal variables by setting  $r = x_1 - x_2, z = q_1 - q_2, P = p_1 + p_2, y = 1/2(p_1 - p_2)$ . Application of the projector  $\Pi^\mu_\beta = \delta^\mu_\beta - p^\mu p_\beta / p^2$  to any object will be noted  $\tilde{\sim}$ . For instance  $\tilde{z}^\mu = \Pi^\mu_\beta z^\beta$ . The energy is the time component of  $P$ : but the hamiltonians (who generate the motion in manifestly covariant form) are the phase-space scalar functions  $H'_{01}$  and  $H'_{02}$ .

In order to make easier forthcoming calculations we shall use the combinations  $4(H + H') - p^2$  and  $H - H'$ . Assuming that  $V$  and  $W$  are Poincaré invariant,  $\{ H'_{01}, p^2 \}$

and  $\{H'_01, P^2\}$  vanish. Thus we can replace eq. (1) by the equivalent condition:

$$\{4(H'_01 + H'_02) - P^2, H'_01 - H'_02\} = 0 \quad (2)$$

Using the obvious identities:

$$4(H'_01 + H'_02) - P^2 = 4y^2 \quad (3)$$

$$H'_01 - H'_02 = y \cdot P \quad (4)$$

We get:

$$4(H'_01 + H'_02) - P^2 = 4y^2 + 8V \quad (5)$$

$$H'_01 - H'_02 = y \cdot P + 2W \quad (6)$$

Inserting (5) (6) into (2), performing the calculation, we can finally write the condition (2) in the form:

$$\{y^2, W\} + \{V, y \cdot P\} + 2\{V, W\} = 0 \quad (7)$$

which is equivalent to condition (1).

The preceding conditions (7) evidently imply causality (which is thus disjointed from locality) since:

- A) the scalar hamiltonians  $H'_01, H'_02$  are separately invariant under the causal group  $P$ .
- B) everything goes as if the two particles moved causally (under each other's influence of course) along their paths ... as a consequence of  $\{H'_01, H'_02\} = 0$ .

One has thus restablished, in relativity theory, the causal mechanism of classical mechanics.

A large class of solutions can be obtained by setting  $W = 0$ . This particular situation will be referred to us the single-potential case. This case deserves special interest because of its simplicity: then the condition (7) is completely solved<sup>44</sup> by requiring that  $V$  depends on  $\tilde{z}^2, P^2, \tilde{y}^2, \tilde{z} \cdot \tilde{y}, y \cdot P$  but does not depend on  $z \cdot P$  which is just, in the rest-frame of the system<sup>44</sup>, the relative co-ordinate-time, up to a factor  $1/P$ . In the particular case where  $m_1 = m_2$  the external coordinates represent the center of mass and the supplementary conditions means that the relative four momentum  $y$  is in the particles rest frame

since (with  $W = 0$ ) we get  $y \cdot P = 0$ . As we shall now see this is satisfied, for two quantum particles, by the superluminal quantum potential.

Since the detailed arguments concerning two scalar correlated particles have i) already been published by Cufaro-Petroni, Droz-Vincent and Vigier<sup>15</sup>, and ii) also been established for two spin 1 particles by Cufaro-Petroni and Vigier<sup>17</sup> (and used by Garuccio, Rapisarda and Vigier<sup>18</sup> to interpret present E.P.R. experiments) we shall limit ourselves to a simplified form of

Theorem II. If two Bose-Einstein particles 1 and 2 (with identical masses) are shown to interact in phase space through a Quantum Potential  $U = U_1 + U_2$ ;  $U_1$  and  $U_2$  representing the potentials in real space-time one can show 1) that one has  $U_1 = U_2$  2) that the causality condition  $P \cdot y = 0$  is satisfied both for spin zero and spin 1 correlated particles.

Let us start with spin 0. For a classical system of two relativistic particles interacting at distance, the evolution, in our multitemporal formalism<sup>6</sup>, is described by two parameters:  $\tau_1, \tau_2$ , i.e. the proper times of the two particles. The movement is generated in the phase space  $T(M_4) \times T(M_4)$  in a symplectic way by the covariant hamiltonians  $H'_{01}$  and  $H'_{02}$  analyzed in the first part of this letter. Of course we can build the canonical transformation theory in this covariant framework<sup>19</sup>. The transformation which solves the motion equation is generated by the Jacobi's principal function  $S$  but it is simpler to consider the covariant Hamilton-Jacobi characteristic function  $W = S - \frac{m^2}{2}(\tau_1 + \tau_2)$  which is determined by the Hamilton-Jacobi system

$$\left\{ \begin{array}{l} H_1(q_1^M, q_2^M; \frac{\partial W}{\partial q_1^M}, \frac{\partial W}{\partial q_2^M}) = \frac{m^2}{2} \\ H_2(q_1^M, q_2^M; \frac{\partial W}{\partial q_1^M}, \frac{\partial W}{\partial q_2^M}) = \frac{m^2}{2} \end{array} \right. \quad (8)$$

By straightforward standard quantization of this multitemporal canonical formalism (or in SIQM by the use of Markov processes at the velocity of light<sup>6</sup>) one obtains for a system of two free particles the Klein-Gordon system (with  $\hbar = c = 1$ )

$$-\square_1 \Psi(x_1, x_2) = m^2 \Psi(x_1, x_2); -\square_2 \Psi(x_1, x_2) = m^2 \Psi(x_1, x_2) \quad (9)$$

where  $\Psi$  is a two points dependent function. Out of (8) we can extract the usual main equation:

$$(\square_1 + \square_2) \Psi(x_1, x_2) = 2m^2 \Psi(x_1, x_2) \quad (10)$$

completed by the so-called "subsidiary" condition:

$$(\square_1 - \square_2) \Psi = 0 \quad (11)$$

We now introduce in a relativistic way the concept of Quantum Potential<sup>6,20</sup>. Following de Broglie's original method we set  $\Psi = \exp(R + iW)$  where  $R, W$  are real functions. Separating eq.(9) in real and imaginary part we get for the real part

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} (\partial_{1\mu} W \partial_1^\mu W) + U_1 = \frac{1}{2} m^2 \\ \frac{1}{2} (\partial_{2\mu} W \partial_2^\mu W) + U_2 = \frac{1}{2} m^2 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} a \\ b \end{array} \quad (12)$$

where we have:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_1 = -\frac{1}{2} (\square_1 R + \partial_1^\mu R \partial_{1\mu} R) \\ U_2 = -\frac{1}{2} (\square_2 R + \partial_2^\mu R \partial_{2\mu} R) \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} a \\ b \end{array} \quad (13)$$

To be more specific we will consider the case of a  $\Psi$  eigenstate of  $P^\mu = i(\partial_1^\mu + \partial_2^\mu)$  i.e.

$$\Psi = \exp i(K_\mu \frac{x_1^\mu + x_2^\mu}{2}) \varphi(z^\mu); \quad \text{where } K_\mu \text{ is a constant timelike vector, so we have:}$$

$$(\partial_1^\mu + \partial_2^\mu) R = 0, \quad (\partial_1^\mu + \partial_2^\mu) W = K^\mu \quad (14)$$

Since we have in general  $(\partial_1^\mu, \partial_2^\mu) = 0$  and writing  $D_\mu = (\partial_1^\mu + \partial_2^\mu)$ ,  $d_\mu = (\partial_1^\mu - \partial_2^\mu)$  we get  
 $(\square_1 - \square_2) F = d^\mu D_\mu F$  and  $\partial_1^\mu W \partial_1^\mu W - \partial_2^\mu W \partial_2^\mu W = d^\mu W D_\mu W$ ;  
 $F$  and  $W$  being scalar functions. This yields immediately for the difference (13)a - (13)b the relation

(15)

$$U_1 = U_2$$

and for the difference (12)a - (12)b

$$D_\mu W d^\mu W = K_\mu \cdot y^\mu = 0 \quad (16)$$

since  $p_\mu^1$  and  $p_\mu^2$  are given by  $e^{-2p} \partial_\mu^{1,2} W$ .

This implies of course that the non-local quantum potential acts only instantaneously in the rest frame of our correlated particles. The generalization to the correlated photon pairs of the Aspect<sup>1</sup> and Rapisarda<sup>2</sup> experiments is straightforward.

Assuming photons have a non zero very small rest mass  $m_\gamma$  we write, following Landau and Lifshitz<sup>21</sup>, their CIQM wave field (justified in SIQM by Cufaro-Petroni and Vigier<sup>22</sup>) in the form  $\Psi_{\mu\nu}(x_\mu^1, x_\nu^2, \tau_1, \tau_2) = \omega_{\mu\nu} \cdot \exp(P + iW)$  where  $\omega_{\mu\nu} \omega^{\mu\nu} = 1$ . The corresponding wave equations become:

$$(\square_1 + \square_2 + 2m_\gamma^2)\Psi_{\mu\nu} = 0 \quad , \quad (17)$$

with the subsidiary condition

$$(\square_1 - \square_2)\Psi_{\mu\nu} = 0 ; \quad (18)$$

which result from the two relations

$$\left\{ \begin{array}{l} (\square_1 + m_\gamma^2)\Psi_{\mu\nu} = 0 \\ (\square_2 + m_\gamma^2)\Psi_{\mu\nu} = 0 \end{array} \right. \quad (19)$$

Contracting by  $\omega^{\mu\nu}$  we obtain the spin 1 counterpart of relations (12) i.e.

$$\left\{ \begin{array}{l} \{\partial_\mu^1 W \partial_1^\mu W - \{\square_1 P + \partial_\alpha^1 p \partial_1^\alpha P + \omega^{\mu\nu} \square_1 \omega_{\mu\nu} + m_\gamma^2\}\} = 0 \\ \{\partial_\mu^2 W \partial_2^\mu W - \{\square_2 P + \partial_\alpha^2 p \partial_2^\alpha P + \omega^{\mu\nu} \square_2 \omega_{\mu\nu} + m_\gamma^2\}\} = 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} a \\ b \end{array} \quad (20)$$

the {} denoting the two non local potentials  $U_1$  and  $U_2$ . If we now consider as before an eigenstate of  $P_\mu = i D_\mu$  i.e.

$$\Psi_{\mu\nu} = \exp i(K_\alpha \cdot \frac{x_1^\alpha + x_2^\alpha}{2}) \Psi_{\mu\nu}(z_\mu) \text{ and add to } D_\mu P = 0,$$

$D_\mu W = 0$ , the relation  $D_\alpha \omega_{\mu\nu} = 0$ , we obtain  $U_1 = U_2$  i.e.

$K_\mu d^\mu W = K_\mu y^\mu = 0$  along with the transversality conditions  $D_\mu \omega_{\mu\nu} = K^\mu \omega_{\mu\nu} = 0$  and  $D^\mu \omega_{\mu\nu} = K^\nu \omega_{\mu\nu} = 0$ . In Aspect's

and Rapisarda's case<sup>1,2</sup> the Quantum potential (instantaneous in the rest frame) propagates with a velocity  $7,57c$  in the laboratory frame<sup>18</sup>.

According to plan we conclude this Letter with a brief recall of the demonstration of point 3). Since all its elements have already been published we limit ourself to its principles and corresponding references. The essential idea is that the relativistic form of Nelson's equations can only be demonstrated<sup>20</sup> if one assumes, in the hydrodynamical form given to wave equations, the purely local (i.e. Einstein's contact idea) form of the mean accelerations. Indeed (in de la Peña's<sup>21</sup> and Vigier's<sup>20</sup> notations) only the form ( $a_-^+ + a_+^-$ ) can appear in the relativistic form of Nelson's equation in that case, so that we get:

$$\frac{1}{2} m (a_-^+ + a_+^-) = F^+ ; \quad (21)$$

which yields the stochastic equations of Guerra-Ruggiero<sup>23</sup> and Vigier<sup>20</sup>. Since one has deduced from relation (21) the wave equations of spin 0<sup>20</sup>, spin 1/2<sup>24</sup> and spin 1<sup>25</sup> particles we conclude that, in S.I.Q.M., only Einstein's contact interpretation of interactions can justify his basic intuition that Quantum Mechanical statistics result from organised collective motion, which propagate causally on the top of a real material, covariant, subquantal chaos.

J.-P. Vigier

## REFERENCES

- (1) A. Aspect, Ph. Grangier, G. Roger Experimental test of realistic theories via Bell's Theorem, Phys. Rev. Lett. 47, 460 (1981)
- (2) F. Falciglia, G. Iaci, V.A. Rapisarda, Nuov. Cim. Lett. 26, 149 (1979)
- (3) B. d'Espagnat, Found. of Phys. 11, 205 (1981)
- (4) L. de Broglie, Une interprétation causale et non-linéaire de la Mécanique Quantique, Gauthier-Villars, Paris (1972)
- (5) D. Bohm, Phys. Rev. 85, 166, 180 (1952)
- (6) N. Cufaro-Petroni and J.P. Vigier, Nuov. Cim. Lett. 26 149 (1979), Kh. Namsrai, J. Phys. A. 14, 1307 (1981)
- (7) For Summary and References see J.P. Vigier, Nuov. Cim. Lett. 29, 467 (1980)

- (8) C. Møller, The theory of Relativity, Oxford and Clarendon Press, Oxford 52 (1962)
- (9) E.C. Zeeman, Journ. Math. Phys. 5, 490 (1964)
- (10) P.A.M. Dirac, Nature 168, 906 (1951)
- (11) D. Bohm and J.P. Vigier, Phys. Rev. 96, 208 (1954)
- (12) L. Bel, J. Martin, Phys. Rev. 8, 4347 (1973)
- (13) Ph. Droz-Vincent, Ann. Inst. H. Poincaré 27, 407 (1977)
- (14) Ph. Droz-Vincent, Phys. Rev. D. 19, 702 (1979)
- (15) N. Cufaro-Petroni, Ph. Droz-Vincent and J.P. Vigier, Action-at-a-distance and causality in the Stochastic Interpretation of Quantum Mechanics, Nuov. Cim. Lett. 31, 415 (1981)
- (16) D.J. Currie, Phys. Rev. 142, 817 (1966)
- (17) N. Cufaro-Petroni and J.P. Vigier, Bari University Preprint July 1981
- (18) A. Garuccio, V.A. Rapisarda and J.P. Vigier, Superluminal velocity and causality in E.P.R. correlations, submitted to Nuov. Cim. Lett. July 1981
- (19) D. Hirondel, Ph.D. Thesis, Paris 1977
- (20) J.P. Vigier, Nuov. Cim. Lett. 24, 265 (1979)
- (21) L. Landau and E. Lifshitz, Phys. Th. Vol. 4, Edition MIR Moscow, 45 (1972)
- (22) L. de la Peña and A.M. Cetto, Found. of Phys. 5, 355 (1975)
- (23) F. Guerra and P. Ruggiero, Nuov. Cim. Lett. 23, 529 (1979)
- (24) L. de la Peña, Auerbach, Journ. Math. Phys. 12, 453 (1971), N. Cufaro-Petroni and J.P. Vigier, Phys. Lett. A. 81, 12 (1981)
- (25) N. Cufaro-Petroni and J.P. Vigier, Phys. Lett. A. 73, 289 (1979).



64.1 E. Conte - Can the Biological Organizing Principles admit a Physical Explanation by Quantum Mechanics ?

### Introduction

The general interest in the biological implications of physics at the quantum level has been pursued for a long time since various authors<sup>4</sup> critically questioned the problem to define basic problems for a "quantum biology".

In contrast with the structurists that were largely stimulated by their experimental techniques (as X-ray diffraction) in the view of the relation of physics to biology in order to account all the biological phenomena not as matter of their complexity but in terms of conventional physical laws, the informationists were largely stimulated about the doubt concerning the adequacy of physics to explain the biological dynamics.

In 1934 N. Bohr and E. Schrödinger in 1945 expressed their "informational" view point on the reliability of the results one can obtain, by physics, about the basic mechanism of genetic instructions.

It must be argued that the doubts of Bohr and Schrödinger concerned the possibility of a physical explanation only in a reductionistic or objective sense.

This is in fact a basic point.

To bypass less-recently developments in this subject, we can remember also E.P. Wigner who considered transformations involving a unitary collision matrix in order to treat the essential features of selforganization.

### Comments

In our opinion the general interest on this subject should be devoted to the problem of the biological implications of OBSERVABILITY at the quantum level. Various authors questioned this thesis under different approaches: as example R. Rosen<sup>2</sup> only assumed the "phenomenological" quality of quantum mechanics but he did not discuss the possible role of the "non separability" or " $\psi$ -collapse mechanism" that of course could contain profound biological implications.

Among these different approaches one of particular interest is the epistemological approach of H.H. Pattee<sup>3</sup> who,

starting from the well-known argumentations of Wigner<sup>4</sup>, asked the question of the possible relation between information, physical structures and basic mechanisms of biological systems.

H.H.Pattee proposed a complementary principle relating rate-dependent processes (described by physical laws) and rate-independent processes (i.e. "initial conditions"<sup>4.1</sup>) by a basic scheme concerning a measuring system (or like a measuring system!) and an object system on which the measurements are to be made.

In conclusion he connected the problem of the quantum measurement controversies<sup>4</sup> to the problematic biological approach pointing out, as example, the question of the first occurrence of the measurement-event, relating where and when information occurs for the first time. H.H.Pattee concludes "... information first appears and this at the origin of life, not at the origin of quantum (measurement) theory".

It must be noted that all the argumentation of H.H.Pattee is a central epistemological problem.

Now, in our opinion the previous epistemological argumentation reaches a crucial stage by the recent confirmations of quantum mechanics via Bell's inequalities.

- 1) In fact is it an immovable conclusion (following from Bell's verifications) that the information originates during the measurements?
- 2) And is it an immovable point that Lorentz and CPT invariances are explicitly required not only in the formalization but also in the conceptualizations of the physical laws?<sup>6</sup>

As we think it's necessary to agree with the points (1) and (2) that support the complementary principle of Pattee's epistemology. In fact the invariances concern for the  $\psi$  the new phenomenon that is the  $\psi$ -retrocollapse where one has to define the actualization of  $\langle \varphi_i | \psi_j \rangle$  in the transition amplitude and the time symmetrical product acts from  $|\psi\rangle$  to  $|\psi\rangle$  (collapse that is PREDICTION and than it relates INFORMATION as knowledge and it acts from  $|\psi\rangle$  to  $|\psi\rangle$  (retrocollapse) in retrodiction and relating INFORMATION as ORGANIZATION.

It is obvious that such a  $\psi$ -collapse mechanism represents here an extreme simplification to demonstrate how the information-mechanism arises during a measurement or measurementslike process, but the crucial point is that it appears as a pseudo dynamical law or a "rate independent process" that operates with an organizing account. In conclusion it demonstrates in a preliminar way the logical possibility of accounting for the macroscopic biological properties in terms of known quantum conclusions. Consequently the previous mentioned interest in the biological implications of observability (and in particular of  $\psi$ -collapse-retrocollapse mechanism) at the quantum level becomes reasonable and mot only at the stage of epistemological approaches only.

### Conclusion

To conclude we will consider two basic questions in molecular and biomolecular systems.

It is possible to consider biosystems which contain predictive models<sup>5</sup> of themselves and their environments. One finds that such systems can exhibit behaviour which appears anticipatory. They have also many unique control properties that result vastly different from feedback or cybernetic control that is REACTIVE rather than ANTI-  
CIPATORY.

One example of such systems is that one of Fig.1 if  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  include signals rather than fluxes of materials only.

Now: the basic question about such systems concerns their ontogenesis.

How can a system generate such predictive models?

It is certainly true that in inorganic systems the only mechanism we can think of which can automatically generate anticipatory behaviour involves propagation of the same advanced potentials that are concerned in  $\psi$ -retro-collapse mechanism.

Consider another stimulating approach.

Followings Wu's experimental probe of Lee and Yang's discovery on the violation of the parity during  $\beta$ -decay by weak-interactions and on the basis of Goldhaber's demonstration for the circular polarisation of Bremsstrahlung produced by  $\beta$ -decay electrons<sup>9</sup>, the following mechanisms were proposed<sup>10</sup> to explain the abiotic origin of the

present unique chirality\*) of molecules in the biosphere:

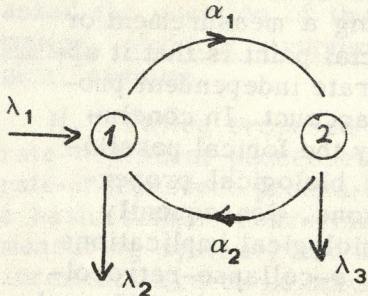
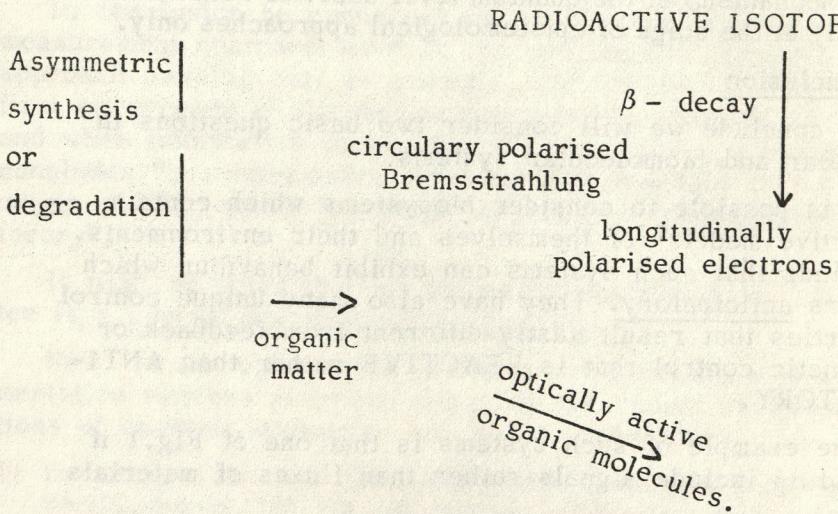


Fig. 1: bicompartamental Model of control biosystem.



The experimental demonstrations of this mechanism were unsuccessful. However Garay in 1968 showed<sup>44</sup> that D-tyrosine in diluted aqueous alkali was more decomposed than L-tyrosine, after 18 months of exposition in  $^{90}\text{SrCl}_2$  in solution. Garay's experiment is now attempted to be repeated by us and if, as we suppose, it will be confirmed, we should be induced to conclude that a direct energetic interaction occurs. In fact the recent discovery of neutral currents has revived interest in parity-violating effects at atomic and molecular physics. Confirming Garay's results we will be also induced to consider in general an "entropy exchange phenomenon" as possible mechanism for inducing optical activity.

\*) unique chirality of molecules in the biosphere = only one of the two isometric forms of optically active molecules is realised in living matter

This entropy exchange is very small since the energy difference between  $\beta$ -particles and molecules is very large. However it could occur between the processes of formation of products and absorption of radiation so that the state of ORDER of the molecules increases (and for example the optical activity is produced) while the state of ORDER of the  $\beta$ -electrons decreases (depolarization).

The conclusion than is that we can conceive of contexts with a general interest in the biological implications of observability at the quantum level. However this conclusion cannot support the reductionistic epistemology: "rate-dependent" (Pattee's words) models can be used at all the levels of organization, from Schroedinger equation to equilibrium thermodynamics and chemical kinetics and non-equilibrium dissipative structures. But when we are considering biological information we consider an ORDER and sequences that are not characterized by rate-dependent functions.

Than the informational subjective description of a structure cannot be integrated in time along with the "rate equations" describing the laws.

As rule we have an alternative subjective description of a structure that is complementary to the objective physical description by equations and laws.

The resemblance of this conclusion with the implication of  $\psi$ -collapse-retrocollapse is very stimulating.

Elio Conte,  
Centro Interdipartimentale di  
Biocibernetica e Tecniche  
Radioisotopiche,  
Università di Bari, Italy.

## REFERENCES

- 1) N.Bohr, Nature 121,580 (1928); Atomic theory and the description of nature, Cambridge Univ.Press.(1934); Essays 1958-1962, Interscience, J.Wiley, N.Y. (1963) E.Schroedinger, What is life? Cambridge Univ.Press, (1945); L.Brillouin, Science and Information theory, Ac. Press (1962); H.Eigen, Naturwissenschaften 58, 465 (1971); J.von Neumann, The Mathematical Foundations of Quantum Mechanics, Princeton Univ.Press (1955); M.Delbrück, Science 168, 1312 (1970).

1.1) E.P.Wigner, Science, 145, 995 (1964)

Wigner also concludes "the present laws and concepts of quantum mechanics" should not have "to undergo modifications before they can be applied to the problem of the life".

A great step has been devoted to irreversible macroscopic thermodynamics and reversible microscopic laws also by Prigogine and coworkers:

I.F.Prigogine, Proc.Nat.Acad.Sci..USA 69, 6, 1629 (1972); 74, 4152 (1977)

- 2) R.Rosen, Bulletin of Math.Biol. 22, 227 (1960); Ann.N.Y.Acad.Sc. 178 (1979)
- 3) H.H.Pattee, Can life explain quantum mechanics?, Cambridge Univ.Press 307 (1971) and Int.J.Gen.Syst.3, 259 (1977)
- 4) B.d'Espagnat, Conceptual Foundations of Quantum Mechanics, Benjamin Reading Mass. (1976)
- 5) E.Conte, Journ.Nucl.Md. and Allied Sciences 23, 4, 196, (1979)
- 6) O.Costa de Beauregard, Lett.Nuovo Cimento 28, 53 (1980); see also E.Conte, Epistemological Letters 30, 1, April 1981
- 7) C.S.Wu et al., Phys.Rev. 105, 1413 (1957)
- 8) T.D.Lee and C.N.Yang, Phys.Rev. 104, 254 (1956)
- 9) H.Goldhaber et al., Phys.Rev. 106, 826 (1957)
- 10) F.Vester, T.L.V.Ulbricht et al., Naturwissenschaften 46, 68 (1959)
- 11) A.S.Garay, Nature 219, 338 (1968); see also J.Bekenstein et al., Phys.Rev.Lett. 46, 623 (1981).

64.2 H. Guggenheimer - Rémarque à 64.0

J'ai lu avec grand intérêt la note de A. Michel sur "La Biophysique témoigne-t-elle d'une physique cachée?" dans les Lettres épistémologiques n° 30.

Déjà en 1977 j'ai remarqué à M. Pohl que son analyse du problème de la double hélice n'est pas rationnelle du point de vue mathématique. En effet, l'attitude de Pohl et Roberts est statique, ils raisonnent en imaginant l'épine dorsale des hélices faites en acier ou une matière semblable. Cela seulement permet la définition du nombre des "self-linkings" étudié par M. Pohl et ses élèves. En réalité, toute structure chimique est un phénomène dynamique et une molécule aromatique ou une hélice close sont des phénomènes de résonance oscillatoire. En particulier, il me semble que la résonance de l'hélice double est un phénomène d'oscillation de relaxation (non-linéarité d'ordre supérieur induite par un pseudo-équilibre des forces de Coulomb) dont le modèle le plus simple est l'oscillation de la diode déterminée par l'équation de van der Pol. Un tel modèle n'a besoin ni d'enzymes hypothétiques ni de topologie différentielle. Je suis assez convaincu que l'index de Gauss (self-linking number) des lignes polygonales joignant les centres (?) des acides amino des deux hélices n'est pas une constante par rapport au temps.

Je me rappelle que dans les années 50, Mme Paulette (Destouches-)Février a publié une note dans les CR sur l'argument que la chimie et la biologie sont à situer sur un niveau de réalisation différent de la physique parce qu'en physique la place d'un atome est indéterminée mais en biologie la place de l'atome dans le gène est déterminé et décisif. Cet argument naturellement est invalide du fait qu'en biologie on n'étudie pas la localisation absolue comme en physique, mais la constitution d'un système. Toutefois, il me semble qu'on devrait étudier l'influence de l'incertitude statistique de la théorie des quanta (interprétation de Copenhague) sur la tératogenèse (le modèle des oscillations de relaxation nous promet des hélices closes pour presque tous assemblages d'éléments amino mais non la réplique exacte chaque fois). Une telle influence, si elle peut être vérifiée de façon statistique, pourrait peut-être décider entre Bohr et Einstein dans l'interprétation de la physique quantique.

H. Guggenheimer, New York

### 64.3 A.Michel - Complément à 64.0

M. F.Pohl m'a répondu avec la plus grande netteté:  
"The discovery of the double stranded breaking – passing  
through – rejoining operation of the enzyme gyrase resol-  
ves the paradox pointed out by Roberts and myself".

En effet les expériences citées montrent que cette en-  
zyme gyrase fait ce qui était réputé impossible: le para-  
doxe topologique est levé expérimentalement.

Dans aucune de ces expériences je n'ai remarqué que  
l'on tente d'expliquer la physique de cette enzyme, et des  
autres, comme la catenase, qui ont de si surprenantes  
propriétés. Est-ce bien la physique de l'électron? L'avis  
d'un biologiste moléculaire ne serait-il pas le bienvenu?

A.Michel,  
St. Vincent les Forts



"Epistemological Letters" are not a scientific journal in the ordinary sense. They want to create a basis for an open and informal discussion allowing confrontation and ripening of ideas before publishing in some adequate journal.

Les "Lettres épistémologiques" ne voudraient pas être un périodique comme les autres. Elles désirent instaurer un mode de discussion libre et informel, permettant de confronter les idées, de les faire mûrir, avant leur éventuelle publication définitive dans une véritable revue.

Die "Epistemologischen Briefe" sollten keine wissenschaftliche Zeitschrift im üblichen Sinne sein. Sie möchten eher Gelegenheit bieten, frei und formlos Ideen auszutauschen und reifen zu lassen, welche dann in einer eigentlichen Fachzeitschrift veröffentlicht werden können.

Contributions, remarks, objections, answers  
should be sent to :

Les contributions, remarques, objections, réponses  
sont à envoyer à :

Beiträge, Bemerkungen, Einwände, Antworten  
sind zu richten an :

ASSOCIATION FERDINAND GONSETH  
CASE POSTALE 1081  
CH - 2501 BIENNE.

Nouvelle adresse du secrétaire :

François Bonsack  
Av. de la Gare 27  
CH - 1007 Lausanne.