

## Epistemological Letters 2

A Cochran, A Home, Abner Shimony, F. Bonsack, G. Temple, Hans-Jurgen Treder, O. Costa de Beauregard, P. Bernays, P.A. Moldauer

### Publication Date

14-10-1900

### License

This work is made available under a Copyright Controlled by External Host license and should only be used in accordance with that license.

### Citation for this work (American Psychological Association 7th edition)

Cochran, A., Home, A., Shimony, A., Bonsack, F., Temple, G., Treder, H.-J., Beauregard, O. C. de ., Bernays, P., & Moldauer, P. A. (1900). *Epistemological Letters 2* (Version 1). University of Notre Dame. <https://doi.org/10.7274/24738624.v1>

This work was downloaded from CurateND, the University of Notre Dame's institutional repository.

For more information about this work, to report or an issue, or to preserve and share your original work, please contact the CurateND team for assistance at [curate@nd.edu](mailto:curate@nd.edu).

A s s o c i a t i o n F. G o n s e t h

I N S T I T U T D E L A M E T H O D E

E P I S T E M O L O G I C A L L E T T E R S  
L E T T R E S E P I S T E M O L O G I Q U E S  
E P I S T E M O L O G I S C H E B R I E F E

- - -

Hidden Variables and Quantum Uncertainty  
(Written Symposium, 2nd Issue)

Variables cachées et indéterminisme quantique  
(Symposium écrit, 2ème livraison)

Verborgene Parameter und Quanten-Unbestimmtheit  
(Schriftliches Symposium, 2.Heft)

May 1974 Mai

Contents	Sommaire	Inhalt
Comments from P. Bernays and G. Temple		1
H.J. Treder (Berlin, DDR) - The Einstein Shift in Einstein's box experiment		3
O. Costa de Beauregard - Du paradoxe au paradigme. "Pouvoir incantatoire" d'une lecture "rituelle" du formalisme		14
P.A. Moldauer - A new critique of EPR		23
A. Cochran - A new interpretation of quantum mechanics in relation to hidden variables and quantum uncertainty		25
F. Bonsack - Interpretation objectivistes ou subjectivistes?		31
A. Shimony, A. Horne - Errata		38

New participants:

<u>Belgium</u>	<u>Japan</u>	<u>USA (cont.)</u>
Dockx	Yanase	Gardner
Dopp	Yukawa	Giere
Ladrière	<u>Netherlands</u>	Grünbaum
Manneback	Freudenthal	Gudder
Paulus	Heyting	Hammer
Prigogine	Raven	Havas
Stengers	Wolvekamp	Hempel
<u>Canada</u>	<u>Poland</u>	Hoffmann
Salman	Kotarbinski	Hooker
<u>Denmark</u>	Mostowski	Kleene
Rosenfeld	<u>Switzerland</u>	Kreisel
<u>Finland</u>	Bochenski	Komar
von Wright	Gonseth	Margenau
<u>France</u>	Piaget	Merzbacher
Lichnerowicz	Portman	Nagel
Vandel	van der Waerden	Papliolios
<u>Western Germany</u>	<u>USA</u>	Petersen
Büchel	Band	Pipkin
Drieschner	Belinfante	Polya
<u>Great-Britain</u>	Church	Putnam
Braithwaite	Cohen	Quine
Heine	Cooper	Roman
Körner	Curry	Salmon
Needham	Earman	Scott
Pippard	Feigl	Sperti
Polanyi	Feinberg	Stachel
Popper	Fine	Stein
<u>Italy</u>	Finkelstein	Tisza
Montalenti	van Fraasen	Tutsch
Toraldo di Francia	Freedman	Wheeler
Tonini	Friedberg	Wightman
	Furry	de Witt
		Yourgrau

The present book is sent to you with a considerable delay, for our Institute was overworked in the last months. In the future, an improvement of the capacity of our secretary's office should allow us quicker issues.

Cette livraison aurait dû paraître depuis longtemps, mais l'Institut de la Méthode a été surchargé ces derniers mois. Une prochaine augmentation de la capacité du secrétariat devrait nous permettre une cadence plus rapide pour les futures livraisons.

Dieses Heft sollte seit langer Zeit erschienen sein, aber das "Institut für Methodologie" war in den letzten Monaten überfordert. Eine bevorstehende Erweiterung der Arbeitszeit des Sekretariats sollte uns ermöglichen, die nächsten Hefte in kürzeren Abständen erscheinen zu lassen.

---

Taken from a letter of G. Temple:

I am sure that it was a very happy idea of Professor Gonseth to establish this Institute and to arrange for these informal written discussions on matters of scientific and philosophic interest. I should be very glad indeed if you would be kind enough to send me the various reports and I should be interested to receive the report of the discussion on the Twin Paradox.

Some years ago, my friend Isador Good had a somewhat similar idea and thought of publishing a periodical which would be devoted to what he described as "half-baked theories", i.e. theories which the authors had not brought to completion but which seemed to be worthy of some discussion.-

Aus einem Brief von Prof. P. Bernays:

Nun wollte ich Ihnen auch für die Zusendung des ersten Heftes von dem schriftlichen Symposium bestens danken, sowie auch für Ihren begleitenden Brief vom 12. November.

Die sehr instruktive Einführung "De quoi s'agit-il?" ist wohl von Ihnen verfasst?

Ich begrüße sehr die Idee des Symposiums, wenn ich mich auch in diesem Falle nur mehr rezeptiv beteiligen kann. Immerhin möchte ich doch eine Anregung geben. Sollte nicht in die Diskussion die Erörterung des Standpunktes von Alfred Landé einbegriffen werden? Dieser gibt ja insbesondere für die Schwierigkeit, die Sie auf Seite 3, Mitte, besprechen (ich meine das optische Experiment mit den zwei écrans), eine Art der Auflösung, insbesondere auch für den entsprechenden Fall eines Experimentes mit materiellen Teilchen (Elektronen), wobei er sowohl die Einführung verborgener Variablen wie auch diejenige von Materiewellen vermeidet, dafür aber eine Quantenregel für den Impuls verwendet.

Sie wissen wohl, dass Herr Landé seine Gedanken in verschiedenen aufeinanderfolgenden Darstellungen entwickelt hat, deren jede gegenüber der vorigen Verbesserungen bringt. In diesem Jahre ist wiederum eine neue Darstellung erschienen "Quantum Mechanics in a New Key" (erschieden in der Exposition Press, New York). Ich hatte am Samstag ein Exemplar nach Lausanne mitgebracht, um es Ihnen zu zeigen. Auch das kam wegen der mangelnden Zeit nicht zustande.

Mit freundlichen Grüßen, Ihr P. Bernays.

2.0 Hans-Jürgen Treder, Potsdam-Babelsberg:

THE EINSTEIN SHIFT IN EINSTEIN'S BOX EXPERIMENT

The question whether the Einstein shift in clock rates is relevant for the validity of the fourth Heisenberg uncertainty relation is discussed. It is shown that, even if one would accept all the Bohr 1 and Rosenfeld 7 assumptions and conclusions, this uncertainty relation could not be "saved" by an Einstein shift in the case of an electrostatic weighing. This means that the Einstein shift does not play any role for the validity of the fourth Heisenberg relationship.

1. The Einstein-Bohr box experiment

In a preceding paper 9 on the Einstein-Bohr discussion of Einstein's gedanken experiment, which Einstein proposed to evade the fourth Heisenberg uncertainty relation by measuring the energy difference

$$\delta E = E_1 - E_2 \quad (1)$$

by weighing a box at two sharply defined times  $T_1$  and  $T_2$ , we got the following results:

1. In accordance with Einstein's argument, it is possible to measure initial and final energies at sharply defined times. However, the fourth Heisenberg uncertainty relation

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq h \quad (2)$$

asserts that, for the measurement of an energy difference  $E_1 - E_2$  with an uncertainty  $\Delta E$ , a time interval  $\Delta t \geq \frac{h}{\Delta E}$  has to elapse between the first and the second measurement. ( $\Delta t$  is the lifetime of nonstationary states.) This means that starting from the uncertainty relation

$$\Delta p \cdot \Delta r \geq h \quad (3)$$

the replacement of  $\Delta p$  in relation (3) by Bohr's and Rosenfeld's quantities which follow from the Einstein shift cannot lead to relation (2), because the Bohr - Rosenfeld quantity  $\Delta T$  is not identical with the life-time  $\Delta t$  of the fourth Heisenberg uncertainty relation.

2. The fourth uncertainty relation cannot be evaded by Einstein's argument. The validity of this relation is a consequence of the non-stationarity of the damped oscillation of the suspension of the box, and a possible connection between quantum theory and gravitational theory has no part in it.

Additional to the considerations leading to the results 1. and 2., we discussed a "box of protons" to show that Bohr's argument could not save the validity of the fourth Heisenberg relation in this case (if such a "saving" would be at all necessary).

Einstein's gedanken experiment is based on the special relativistic equivalence of energy  $E$  and mass  $M$ :  $E = Mc^2$ . Contrary to Einstein, Bohr referred to the theory of general relativity by considering the gravitational shift in clock rates that follows from Einstein's equivalence of inertia and gravity. We remarked in [9] that such an Einstein shift there exists only in the case of a gravitational weighing, while all the other assumptions of Einstein's gedanken experiment are also fulfilled in the case of this electrostatic weighing: The weighing is done by determination of the total charge  $Q = Ne$  of  $N$  particles with identical specific charges  $\frac{e}{m}$ ,

$$c^{-2} (E_1 - E_2) = \frac{\delta E}{c^2} = \delta M = \delta Nm = \frac{m}{e} \delta Q, \quad (M = Nm). \quad (4)$$

Distinguished colleagues have repeatedly discussed our results. Some of them (B.H., L.J., A.L., W.Y.) essentially agreed with our viewpoint. However, often it has been stressed that Bohr's hint at Einstein's clock rate shift should have any meaning in connection with Einstein's gedanken experiment. To our argument that there is no (primary) Einstein shift in the case of an electric weighing, M.J. and L.R. objected that "auch hier das allgemeine Äquivalenzprinzip gültig bleibt, da sich ja die Energie bei der Bewegung in diesem Felde (the electrostatic field, H.T.) auch ändert. Wir haben also anstatt eines gravitationellen Potential-Gradienten einen elektro-statischen in der Rotverschiebungs-Formel." (M.J.)

In spite of the fact that, first, according to 1. and 2., the Einstein shift  $\Delta T$  has no connection with  $\Delta t$  and, second, our "box of protons" experiment is only an additional argument for plausibility, we will here discuss Einstein shift arguments in connection with electrostatic weighing in more detail; especially because it is also interesting, independent of the gedanken experiment discussed in [9].

In accordance with the viewpoint of the Einstein-Bohr discussion, we shall discuss these problems within the framework of the theory of general relativity.

### Clock rate shift in box experiments

The Einstein shift is a consequence of the geochronometric time dilatation. It follows from the fact that, in a static gravitational field, the proper time is defined by [2, 3]:

$$T = \sqrt{g_{00}} \quad t \quad (5)$$



where the time-time component  $g_{00}$  of the metric  $g_{ik}$  ( $i, k = 0, 1, 2, 3$ ) is modified by the gravitational potential  $\phi(x^\lambda)$  ( $\lambda = 1, 2, 3$ ). In the linear approximation, from Eq. (5) it follows

$$\left| \frac{\Delta T}{T} \right| \approx \frac{\Delta g_{00}}{2} \approx \frac{|\Delta \phi|}{c^2}, \quad (g_{00} \approx 1 + \frac{2\phi}{c^2}) \quad (6)$$

This geometrization of the gravitational field is possible because of the universality of the gravitational field, which can be formulated in the form of the Galilei-Einstein equivalence principle. In other words, the possibility of the geometrization follows from the fact that the "mass specific gravitational charge" is a universal constant (universal factor):

$$\frac{\text{gravitational charge}}{\text{inertial mass}} = \sqrt{f}$$

( $f$  is the Newtonian gravitational constant).

Considering now electrically charged particles, the specific electric charges  $\frac{e}{m}$  characterize the sort of particles, such that a metrization of the electric field leads to different geometries for different sorts of particles.

In fact, according to the theory of general relativity, the electric field does not directly contribute to the metric, but acts only as source of the metric via Maxwell's energy-momentum tensor  $T_{ik}$ . Accordingly, for a point-like source, the metric and thus its  $g_{00}$ -component depend linearly on the Newtonian gravitational potential  $\phi$ ; it depends bilinearly on the Coulomb potential

$$\phi = -\frac{E}{r} \quad (\text{Reissner metric}) \quad 1)$$

1) In Einstein's unified (nonsymmetric) field Theory [3], the electric field does not pro-

vide a linear contribution (i.e., a contribution without mediation of the gravitational field) to the  $g_{00}$ -component of the metric either. The electric field determines only the antisymmetric part  $g_{[kl]} = -g_{[lk]}$  of the non-symmetric tensor  $g_{kl} \neq g_{lk}$ , and, therefore, it does neither modify the line element nor the time definition. According to Einstein's interpretation [3] of his unified field theory, the  $g_{[kl]}$  are linear functions of the electromagnetic field strength  $F_{kl}$ , while  $g_{00}$  is a bilinear function of the field strength.

In the theory of general relativity, the Reissner metric provides

$$g_{00} - 1 \sim f \int \frac{F}{r} r^2 dr \sim f \int \frac{\epsilon^2}{r^5} r^2 dr \sim f \frac{\epsilon^2}{r^2} \sim f \varphi^2 ;$$

according to Einstein's unified theory we have [8]:

$$g_{00} - 1 \sim \int \frac{F'^2 r^2}{r} dr \sim \int \frac{\epsilon^2}{r^7} r^2 dr \sim \frac{\epsilon^2}{r^4} \sim F^2 .$$

In the linear approximation, the combined gravito- and electrostatic field of the Einstein-Maxwell theory [3] follows from the spherically symmetric Nordström metric (cf. [10]):

$$g_{00} = -g_{rr}^{-1} = e^{\nu} = -e^{-\lambda} = 1 - \frac{2f\mathcal{M}}{c^2 r} + f \frac{\epsilon^2}{c^4 r^2} ; \quad (7a)$$

the electric Coulomb field

$$F = F_{or} = \frac{\partial}{\partial r} \varphi = \varphi' \quad (\varphi = \frac{-\epsilon}{r} + \text{const}) \quad (7b)$$

belongs to this metric; here  $\mathcal{M}$  is the central mass producing gravitation and  $\epsilon$  is its electric charge. - The geochronometry of the "gravitostatic" "weighing" discussed by Einstein and Bohr [1] follows from the Schwarzschild metric

$$g_{00} = -g_{rr}^{-1} = e^{\nu} = -e^{-\lambda} = 1 - \frac{2fM}{c^2 r}, \quad (8)$$

here  $\epsilon = 0$ . The Reissner metric [10] belongs to the electrostatic weighing considered in [9]:

$$g_{00} = -g_{rr}^{-1} = e^{\nu} = -e^{-\lambda} = 1 + \frac{f \epsilon^2}{c^4 r^2} \quad (9a)$$

with the Coulomb field strength

$$F = \frac{\epsilon}{r^2} \quad (9b)$$

For the Reissner metric, the time dilatation is given by

$$T = \left(1 + \frac{f \epsilon^2}{c^4 r^2}\right)^{1/2} t \approx \left(1 + \frac{f \epsilon^2}{2c^4 r^2}\right) t \approx \left(1 + \frac{f}{2c^4} F \epsilon\right) t. \quad (10)$$

This relation leads to the relative Einstein shift

$$\left|\frac{\Delta T}{T}\right| \approx \frac{1}{2} \left|\Delta \left(1 + \frac{f \epsilon^2}{c^4 r^2}\right)\right| \approx \frac{f}{c^4} \frac{\epsilon^2}{r^3} \Delta r \approx \frac{f}{c^4} F \frac{\epsilon}{r} \Delta r. \quad (11)$$

In the case of the electrostatic weighing, we consider a box that contains  $N$  charged particles which have all the same elementary charges  $e$  and the same masses  $m$ . Then, the total charge  $Q$  of the box is given by

$$Q = Ne = \frac{e}{m} \sum m = \frac{e}{m} M = \frac{e E}{c^2} \quad (12)$$

and thus the elongation of the suspension of the box reads

$$\alpha r = QF = \frac{e E}{m c^2} F, \quad (13)$$

where  $\alpha$  is the spring constant.

Following Bohr's argument [1], the uncertainty  $\Delta p$  of the momentum  $p$  of the box would have to satisfy the relation

$$\Delta p \leq \Delta Q_{FT} = \frac{e}{m} \frac{\Delta E}{c^2} FT = \Delta M \frac{e}{m} FT, \quad (14)$$

because of the field-momentum transfer to the box during the weighing time. Here

$$M = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{e}{m} \Delta Q \quad (15)$$

is the uncertainty of the measured mass  $M$ . With relation (14), from the uncertainty relation

$$\Delta r \cdot \Delta p \geq h \quad (16)$$

it follows that

$$\frac{h}{\Delta r} \geq \frac{e}{m} \frac{\Delta E}{c^2} FT = \Delta Q_{FT} \quad (17)$$

Substituting expression (11) of the Einstein

shift  $\left| \frac{\Delta T}{T} \right|$  in relation (17), we get

$$\frac{h}{\Delta r} \leq \frac{e}{m} \frac{\Delta E}{c^2} F \Delta T \frac{c^4}{f F \frac{\epsilon}{r} \Delta r} \approx \frac{e}{m} \frac{c^2}{f} \frac{\Delta E \Delta T}{\frac{\epsilon}{r} \Delta r} \quad (18)$$

Therefore, in the case of the "electrostatic weighing", we obtain the relation

$$\Delta E \Delta T \geq h \left( \frac{m \sqrt{f}}{e} \right) \frac{\sqrt{f}}{c^2} \frac{\epsilon}{r} \quad (19)$$

Instead of the fourth Heisenberg uncertainty relation. This means the product  $\Delta E \Delta T$  vanishes for vanishing  $\frac{\epsilon}{r}$  :

$$\Delta E \Delta T \rightarrow 0 \quad \text{for } r \rightarrow \infty \quad (20)$$

However, in this case the electrostatic weighing (12, 13) would become impossible, because of  $F \sim \frac{\epsilon}{r^2}$  .

On the other hand, weighing the box in the microscopic electric field of elementary particles, we have

The American Physical Society is pleased to publish this paper in the Journal of Applied Physics. The copyright in this article is held by the American Physical Society.

$$\frac{\epsilon}{r} \frac{\sqrt{f}}{c^2} \approx 1 \quad (21)$$

Then, the relation (19) becomes

$$\Delta E \Delta T \geq h \frac{m\sqrt{f}}{e} \approx \gamma^{-\frac{1}{2}} h \quad (22)$$

and thus it provides an uncertainty  $\Delta E \Delta T$  which is less than Heisenberg's uncertainty  $h$  by a factor

$$\gamma^{-\frac{1}{2}} \approx \frac{m\sqrt{f}}{e} \approx 10^{-18} \cdot / \cdot 10^{-20} \quad (\gamma = \text{Eddington's number}), \quad (23)$$

even in this extreme case.

The relation (22) can also be derived in the following manner: The  $g_{00}$ -component

$$g_{00} = 1 + \frac{f}{c^4} \frac{\epsilon^2}{r^2} = 1 + \frac{f\epsilon}{c^4} F \quad (24)$$

follows from the linear approximation of the time-time component of Einstein's equations with the Maxwell tensor  $T_{ik}$  [10]:

$$\begin{aligned} -R_{00} &= \frac{8\pi f}{c^4} T_{00} = e^{\nu-\lambda} \left( \frac{1}{2} \nu'' + \frac{1}{r} \nu' - \frac{1}{2} \nu' \lambda' + \frac{1}{4} \nu'^2 \right) \\ &= \frac{f}{c^4} e^{\nu} \frac{\epsilon^2}{r^4} \rightarrow \frac{\nu''}{2} + \frac{\nu'}{r} = \frac{8\pi f}{c^4} T_{00} \end{aligned} \quad (25)$$

From this relation it follows that, in accordance with Einstein's approximation [3], we have

$$g_{00} = 1 - \frac{2f}{c^4} \int \frac{T_{00} dx}{r} \quad (26)$$

Therefore, substituting the electrostatic quantities, we find

$$g_{00} = 1 - \frac{f}{c^4} \frac{\epsilon}{r} \varphi \quad (27)$$

From (27), using the Einstein-shift relation

$$\left| \frac{\Delta T}{T} \right| = \frac{f}{c^2} |\phi| |F| \Delta r \quad \text{we have}$$

$$\Delta E \Delta T \geq h \left( \frac{m \sqrt{f}}{e} \right) \frac{\sqrt{f}}{c^2} |\phi| \quad . \quad (28)$$

According to the theory of special relativity, we now can ascribe the Coulomb potential an absolute value (via Einstein's energy-mass equivalence):

$$\sqrt{f} |\phi| = c^2 \text{ for } r \rightarrow \infty, = -\frac{\epsilon}{r} + c^2 \quad . \quad (29)$$

Finally, substituting Eq. (29) in relation (28) we obtain again the estimate

$$\Delta E \Delta T \geq h \frac{m \sqrt{f}}{e} \frac{\sqrt{f} |\phi|}{c^2} \leq h \frac{m \sqrt{f}}{e} \quad (30)$$

that agrees with relation (22). Using the asymptotic value  $|\phi| = c^2 f^{-\frac{1}{2}}$  of the Coulomb potential determined via theory of special relativity, we can draw the following conclusion:

If one would try to follow Bohr's argument that the uncertainty of  $T$  arises from the Einstein shift,

$$\delta E = E_1 - E_2$$

and

$$\Delta T = T_1 - T_2$$

together would be measurable to an accuracy

which is better by a factor  $\frac{1}{\sqrt{\nu}} = \sqrt{\frac{fm^2}{e^2}}$  than

that one asserted by the fourth Heisenberg uncertainty relation. - But this means that the Einstein shift cannot be relevant for the validity of this uncertainty relation (in the case of the gravitative weighing either).

I would like to thank my friends and colleagues, Professors B.Hoffmann (New York), M. Jammer (Tel

Aviv), L. Janossy (Budapest), A. Landé (Columbus) Sir Karl Popper (London), L. Rosenfeld (Kopenhagen), and W. Yourgrau (Denver) for their critical discussions of my first box-experiment paper. - I thank my co-worker Dr. H.-H. v.Borzeszkowski for his helpful assistance.

- [1] N. Bohr "Diskussion mit Einstein über erkenntnis-theoretische Probleme in der Atomphysik".  
In: Albert Einstein, Philosoph und Naturforscher (ed. P.Schilpp) Stuttgart 1955; N.Bohr, Atomphysik und menschliche Erkenntnis I. Braunschweig 1958
- [2] A. Einstein, Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. Leipzig 1916; 5. Aufl. 1929
- [3] A. Einstein, The Meaning of Relativity. Princeton 1922. 3. Aufl. 1950, 4. Aufl. 1953, 5. Aufl. 1955
- [4] L.D. Landau und Quantenmechanik. Berlin 1965.  
E.M. Lifschitz, (Lehrbuch der Theoretischen Physik, Bd. III)
- [5] A. Landé, New Foundations of Quantum Mechanics. Cambridge (Mass.) 1965
- [6] K.R. Popper, The Logic of Discovery. 5. Aufl. London 1968

- [7] L. Rosenfeld, "Quantentheorie und Gravitation". In: H.-J. Treder (ed), Entstehung, Entwicklung und Perspektiven der Einsteinschen Gravitationstheorie. Berlin 1966
- [8] M.A.Tonnelat, Les théories unitaires de l'électromagnétisme et de la gravitation. Paris 1965
- [9] H.-J.Treder, "The Einstein-Bohr Box Experiment". In: W. Yourgrau und A.v.d.Merwe (ed.), Perspectives in Quantum Theory. Cambridge (Mass.) und London 1971; s. auch Mber. DAW Berlin 12, 180 (1970)
- [10] H. Weyl, Raum, Zeit, Materie. 5. Aufl. Berlin 1922

Author : Professor Dr. H.-J.Treder,  
Direktor des Zentral-Institutes für  
Astrophysik der Akademie der Wissen-  
schaften der DDR



3.0 0. Costa de Beauregard:

DU PARADOXE AU PARADIGME. "POUVOIR INCANTATOIRE"  
D'UNE LECTURE "RITUELLE" DU FORMALISME.

La solution radicale qu'on propose aux problèmes E.P.R. et du chat de Schrödinger décalque la méthode d'Einstein pour la Relativité en 1905, et celle qui a (presque) permis à Dirac la prédiction du positron:

- Accorder une confiance totale à un formalisme mathématique reconnu opérationnel et cohérent.
- Postuler que les symétries internes du formalisme sont reproduites dans la réalité.

Parce qu'Einstein a eu "existentiellement" foi dans le groupe de Lorentz - Poincaré (déjà connu de Larmor en 1898 et de Voigt en 1887) il a découvert que l'espace et le temps "locaux" sont aussi "vécus". Et la découverte du positron, de facto rare, a justifié la symétrie de jure des énergies positives et négatives.

Pour interpréter la Mécanique Quantique nous poserons deux Postulats de Base:

I. Nature de l'événement aléatoire ("Collapse du  $\psi$ "):  
intervention active de la conscience de l'observateur.

En Mécanique Statistique Classique l'Existence de l'événement aléatoire est postulée. (1)  
En Mécanique Quantique J.von Neumann (1), et London et Bauer (2), ont reconnu qu'il faut postuler spécialement non seulement l'existence, mais aussi la nature de l'événement aléatoire, parce que rien dans le formalisme ne dit quand, ni comment, il survient (3). Parler de "transition" n'est qu'un alibi: la transition n'est que le corollaire d'une méthode de description ("description d'interaction")  
Et en raisonnant axiomatiquement sur les collectifs on "balaie le problème sous le tapis".

Avec von Neumann, et London et Bauer, nous postulons que l'événement aléatoire individuel, appelé collapse du  $\psi$ , implique un acte de conscience de l'observateur.

Ceci entraîne que la probabilité essentielle inhérente aux Quanta n'est ni objective, ni subjective, mais indissolublement objective et subjective, étant le noeud qui lie psychisme et réalité.

II. Symétrie de droit des ondes retardées et avancées, de la prédiction et de la rétrodiction, de l'acte de connaissance et de l'acte de volonté.

Fock (4) semble être le premier à avoir indiqué qu'en Mécanique Quantique les ondes convergentes ou avancées servent à la rétrodiction statistique ("aveugle" au sens de Watanabe (5)). Nous (6) avons montré qu'une réinterprétation obvie de la démonstration de la croissance de l'entropie lors d'une mesure sur un collectif de von Neumann (1) associe bi-univoquement ondes retardées et entropie croissante d'une part, ondes avancées et entropie décroissante d'autre part.

L'interprétation de la néguentropie comme information est partout implicite chez von Neumann; le formalisme en a été explicité (en Mécanique quantique) par Jaynes (7). Par ailleurs une analyse cybernétique due à de nombreux auteurs (6) (et qu'il serait trop long de résumer) montre que l'acte de conscience cognitive type est lié à l'entropie croissante, aux ondes retardées, à la causalité, et l'acte de conscience volitive type à l'entropie décroissante, aux ondes avancées, à la finalité. Nous considérons les deux aspects symétriques du concept aristotélicien de l'Information comme strictement corollaires de la symétrie de droit des ondes retardées et avancées (et aussi de ce que les ondes de la Mécanique Quantique sont des ondes d'information).

Shared with permission of the Association for the Philosophy of Language, the first to publish Epistemological Letters, CC BY-NC-ND

La rareté de fait des phénomènes de finalité et de volonté devant les phénomènes de causalité et de connaissance rappelle, à notre avis, la rareté du positron devant l'électron. Elle ne contredit pas leur symétrie de droit, mais, au contraire, invite à rechercher le phénomène atypique et rare.

Par définition nous pensons ici "collectifs".

L'acte de prise de connaissance comme source d'ondes retardées (selon von Neumann<sup>(1)</sup>), et l'acte de volonté comme puits d'ondes avancées (que nous postulons symétriquement), sont macroscopiques, en ce qu'ils transforment la subjectivité de l'observateur-acteur en un événement de l'échelle macroscopique. Au contraire, s'il ne s'agit que d'un événement aléatoire individuel, parler de connaissance ou de volonté est pur solipsisme de la part de l'observateur-acteur. Parler alors d'ondes retardées ou avancées n'aurait aucun sens: le propagateur, ou fonction de Green de l'espace-temps, qui ne distingue pas entre avenir et passé, suffit. Incidemment, tout ce discours possède de soi la covariance relativiste; nous <sup>(8)</sup> avons montré en détail comment tout le formalisme quantique de base peut-être doté d'une parfaite covariance relativiste.

### Le paradoxe du chat de Schroedinger <sup>(9)</sup>

Si le collapse du  $\psi$  est dû à un acte de conscience au sens large, à quel autre observateur l'attribuer, dans le problème de Schroedinger, qu'au chat lui-même? C'est aussi, semble-t-il, ce que pense B.d'Espagnat <sup>(10)</sup>.

Si alors le problème est de mettre en évidence des faits macroscopiquement observables de rétrodiction statistique aveugle, quel sujet sera plus "motivé" que le chat, sur qui est suspendue une épée de Damoclès? A condition, bien sûr, que l'alternative défavorable soit moins irréparable que la mort, et permette au chat un apprentissage.

Or, une telle expérience a été faite bien des fois en parapsychologie (avec des rats ou des blattes). Elle a régulièrement montré que l'animal fausse en sa faveur le fonctionnement normal d'un générateur aléatoire de "récompenses" ou de "punitives", et notamment lorsque le générateur aléatoire est gouverné par la mécanique quantique (11).

C'est là une belle preuve de la réalité macroscopique des ondes d'information avancées. L'animal "anti-regarde" le phénomène aléatoire individuel à travers le mécanisme amplificateur, au moyen d'une onde d'information avancée dont il est le "puits". Le néologisme anti-regarde est forgé par analogie avec le nom des anti-particules.

Mais, objectera-t-on, s'il n'y a pas de chat (ou de rat, ou de blatte) de Schroedinger, le mécanisme amplificateur qui fait émerger macroscopiquement l'événement quantique a certainement lieu tout de même. Observé ou non, l'atome se désintègrera "au hasard", et l'électron  $\beta$  actionnera ou non le compteur de Geiger. C'est le paradoxe de Schroedinger à rebours.

Puisque nous avons postulé que tout événement aléatoire implique un acte de conscience, nous voici donc obligé, avec Leibniz, de peupler l'univers d'innombrables "monades", le chat étant assez élevé dans la hiérarchie. Ce faisant, nous sommes en compagnie non seulement de Leibniz, mais aussi de Bergson, et de bien d'autres penseurs.

Le paradoxe EPR (12)

Bell (13), puis Horne (14) et Shimony (15), ont mis en évidence une remarquable conséquence instable de la différence (déjà maintes fois signalée) entre la forme de la statistique classique et celle de la statistique quantique. Elle concerne la corrélation à distance entre états de spin de deux fermions, ou de polarisation de deux

photons, A et B, issus de la désintégration d'un système I de spin 0. Il s'agit d'une spécification d'un paradoxe d'Einstein (16), de Schrodinger (9), de Renninger (17) et, bien entendu, d'Einstein, Podolsky et Rosen (12).

Ce type d'inférence à distance, quant au résultat d'une mesure faisable sur B, en vertu du résultat d'une mesure faite sur A, compte tenu d'une information qu'on possède sur I et des principes de conservation de la physique, n'a rien de paradoxal en mécanique statistique classique. Il est important de remarquer, toutefois, que l'inférence logique de A en B (ou de B en A) n'est pas "télégraphiée" directement le long du vecteur du genre espace AB (ce qui serait interdit par la Relativité). Le formalisme mathématique lui-même, au contraire, montre que cette inférence logique est télégraphiée le long des deux vecteurs du genre temps AI et IB (ou BI et IA) une fois vers le passé, une fois vers le futur, le long d'un "zigzag à la Feynman". Ceci montre que "l'interdiction de télégraphier dans le passé" d'Einstein est une interdiction macroscopique; elle ne s'applique pas aux inférences relatives aux cas individuels.

Il reste qu'en mécanique statistique classique, l'inférence à distance est une simple télédiction, et pas une téléaction (de A en B ou de B en A).

Tout change avec la Mécanique Quantique, parce qu'on peut choisir de mesurer sur A (12) l'une de deux grandeurs non simultanément mesurables, par exemple l'un de deux états de polarisation linéaire d'un photon (14) (15). Alors se manifeste le fait bien connu qu'une observation est aussi une action sur un système quantique, et la télédiction (18) EPR devient aussi (en un certain sens) une téléaction. C'est ce qu'Einstein, Podolsky et Rosen rejetaient à priori, mais que nous au contraire, en vertu de notre philosophie, devons accepter.

Notre hypothèse est elle testable? Oui. L'on peut étudier, théoriquement et expérimentalement, les corrélations entre observations passives, ou cognitives, faites en A et B (19) (20). L'on peut aussi "coupler" un observateur A et un "sujet psychocinétique" B, ou encore deux sujets psychocinétiques A et B. Dans ces deux derniers cas il s'agit d'expériences (non encore faites) de parapsychologie.

### Le paradoxe de l'ami de Wigner (21)

Nous ne l'étudierons pas en détail. Il combine des aspects des deux paradoxes précédents.

D'une façon générale, notre thèse implique une réinterprétation radicale de l'accord existant entre divers observateurs quant au résultat d'une même mesure. Etant chacun également habilité à "collapser" le  $\psi$ , ces observateurs sont nécessairement en interaction (coopération ou compétition) relativement au résultat. Cette interaction entre psychismes via le système matériel peut comporter tous les degrés, depuis la lutte équitable typique du paradoxe EPR, jusqu'à l'extrême disparité des motivations attendues à priori du chat et de son "observateur" (sans d'ailleurs qu'il faille exclure la possibilité d'une rétroaction du "second" observateur sur le "premier").

De toutes façons, l'actualisation que nous proposons des ondes avancées et, en corollaire, de l'acte de volonté, nous lance en pleine parapsychologie.

### Brève conclusion.

On lit dans un dictionnaire (22): Paradoxe: opinion surprenante et qui paraît absurde, mais peut être vraie. En ce sens, il y a des paradoxes savants, s'imposant d'en haut (Copernic, Einstein) et des paradoxes vulgaires, s'imposant (à la longue) d'en bas (météorites, influence de la Lune sur les marées). Quelquefois c'est le paradoxe

d'en haut qui justifie le paradoxe d'en bas (action à distance de Newton et théorie des marées).

La promulgation d'un paradoxe d'en haut est souvent associée à un triomphe du "formalisme" sur le "modélisme". Par exemple, le formalisme de la Relativité a balayé les théories modélistes de l'éther. Toutefois, le "sujet du verbe onduler" perdu par la Relativité restait à retrouver.

Paradoxe une fois de plus: la Mécanique Quantique retrouve le sujet du verbe onduler: ce qui ondule à travers l'espace-temps "vide", c'est l'amplitude de la probabilité. On a affaire à des ondes d'information (au formalisme sui generis).

De jure les ondes avancées ont le même droit à l'existence que les ondes retardées, comme les antiparticules ont le même droit à l'existence que les particules.

Le paradoxe d'en haut des ondes d'information contient-il donc la justification du paradoxe d'en bas de la psychokinèse?

Aux partisans du formalisme d'en débattre avec ceux du modélisme - en espérant que le débat restera courtois!

A défaut de mieux, ce simple essai aura du moins eu le mérite de mettre en évidence les implications logiques du formalisme quantique, que rien n'empêche de concevoir sous sa forme explicitement relativiste (8).

#### R E F E R E N C E S :

( 1 ) J.von Neumann, Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik, Springer, Berlin, 1932.

( 2 ) F.London et E.Bauer, La Théorie de l'Observation en Mécanique Quantique, Hermann, Paris, 1939.

( 3 ) Ce point est délibérément mis de côté dans deux études, par ailleurs très bonnes, de P.Mol-

dauer: Phys.Rev.D 5, 1028 (1972) et Intern.Journ. Theor.Phys. 2, 41 (1972).

( 4 ) V.Fock, Doklady Akad Nauk SSSR, 60,1157 (1948).

( 5 ) S.Watanabe, Phys.Rev.84,1008 (1951):  
Rev.Mod.Phys. 27, 26, 40, 179 (1955).

( 6 ) O.Costa de Beauregard, Studium Generale 24, 10(1971). Nombreuses références bibliographiques sur tout le problème de l'irréversibilité.

( 7 ) E.T.Jaynes, Phys.Rev. 108,171 (1957). Voir aussi W.M.Elsaesser, Phys.Rev.52, 987 (1937).

( 8 ) O.Costa de Beauregard, Précis de Mécanique Quantique Relativiste, Dunod, Paris, 1967.

( 9 ) E.Schroedinger, Naturwiss.23,787,823,844(1935). Schroedinger déclare voir "de la magie" dans l'interprétation quantique des corrélations à distance...

(10) B.d'Espagnat, Conceptual Foundations of Quantum Mechanics, Benjamin, Menlo Park, California, 1971, p.302.

(11) H.Schmidt, Journ.Appl. Phys. 41, 462 (1970). Journ. Parapsych. 34, 175 (1970).

(12) A.Einstein, B.Podolsky et N.Rosen, Phys. Rev. 47, 777 (1935).

(13) J.S.Bell, Physics 1, 195 (1965).

(14) M.Horne, Experimental Consequences of Local Hidden Variable Theories, Thèse, Boston Univ.,1971.

(15) A.Shimony, Foundations of Quantum Mechanics (B.d'Espagnat ed.) Academic Press, New York, 1971, p. 182.

(16) A.Einstein, Actes du 5<sup>e</sup> Congrès de Physique Solvay, Gauthier Villars, Paris, 1928, p.253.

(17) W.Renninger, Zeits. Phys. 158, 417 (1960).

(18) Là où tous les auteurs écrivent prédiction nous écrivons télédiction comme plus adéquat et



relativistiquement plus correct. Voir O.Costa de Beauregard, *Dialectica* 19, 280 (1965) et Proc.Intern. Conf.Thermodynamics, (P.T.Landsberg ed.) Butterworths, London, 1970, p. 540.

(19) S.J.Freedman, Experimental Test of Local Hidden-Variable Theories Thèse, Berkeley (1972). S.J.Freedman et J.F.Clauser, *Phys.Rev.Lett.* 14, 938 (1972).

(20) R.A.Holt, Atomic Cascade Experiments, thèse présentée au département de physique de l'Université de Harvard en 1973.

(21) E.Wigner, Foundations of Quantum Mechanics (B. d'Espagnat ed.) Academic Press, New York, 1971, p.16-17.

(22) Dictionnaire du Français Vivant, Bordas, Paris.

O.Costa de Beauregard

#### 4.0 P.A.Moldauer: A NEW CRITIQUE OF EPR\*

I should like to offer what I believe to be a new critique of the argument of Einstein, Podolsky and Rosen that the quantum mechanical description of reality is incomplete. The familiar counter argument of Bohr criticizes the EPR definition of reality. On the other hand, I shall discuss the modes of theoretical description of reality that are implicit in the EPR argument. While Bohr sought to distinguish between the reality of a predicted as against a conditionally predictable physical quantity, I wish to call attention to the universal distinction between the description of a known as against a conditionally knowable aspect of reality. Just as the grammar of our everyday language distinguishes between the indicative and the subjunctive, so the language of physical theory (all physical theories) permit us to describe known physical quantities in terms of well-determined numerical values, while conditionally predictable quantities are described by algebraic variables.

For example the position of any classical particle is described by an algebraic variable in the Newtonian equations of motion. Once the initial position and velocity of a specific particle has been ascertained, the equations can be solved to specify a well-determined numerical value for that particle.

In the case of quantum mechanics, EPR considered the case of a pair of physical attributes, both of which are conditionally predictable, however such that the conditions for making the two predictions are mutually exclusive. Quantum mechanics is then criticized for being unable to provide a complete description that specifies well-determined numerical values for both of these attributes. But, according to the foregoing, the conditional predictability of these two attributes only obliges the theory to provide an algebraic description which, within the framework of the theory,

expresses the terms of predictability of these attributes. This requirement is fulfilled by quantum mechanics. Both attributes are represented by elements of the algebra of observables in such a way that fulfillment of the conditions for predicting either of them, permits the theory to specify a well-determined numerical value for that attribute. Since the conditions for predicting the two attributes are mutually exclusive, the theory is under no obligation to provide well-determined numerical descriptions for both attributes at once.

On the basis of foregoing remarks, I am tempted to conclude that quantum mechanics provides as complete a description of the presently known aspects of reality as any theory can provide and that the contrary conclusion of the EPR argument arises from a confusion of the appropriate modes of description of reality in a theory.

Following Einstein, Podolsky and Rosen, we may wish to believe that "reality" is independent of the observer. But a description of the reality certainly depends on an observer (or describer) and in particular on the observer's possible range of experiences, and on such limitations as mutually exclusive experiences. Theory is such a description of reality. We may legitimately be dissatisfied with certain limitations on the range of our experiences, such as the mutually exclusive experiences of the EPR experiment. We may, and perhaps should, endeavor to overcome such limitations in our experiences by experimentation and by theoretical speculation. But we should also distinguish between incompleteness of a theoretical description of reality and limitations of our experiences of that reality. P.A.Moldauer

\*) A more complete discussion is given in the article, P.A.Moldauer, Reexamination of the Arguments of Einstein, Podolsky and Rosen, Foundations of Physics, to be published.

## 5.0 A. Cochran:

### A NEW INTERPRETATION OF QUANTUM MECHANICS IN RELATION TO HIDDEN VARIABLES AND QUANTUM UNCERTAINTY.

In previous papers <sup>1-4</sup>I explored and tested the hypotheses that atoms and the fundamental particles of matter have a rudimentary degree of consciousness, volition, or self-activity; that the basic features of quantum mechanics are a direct result of this property of matter; and that the quantum mechanical wave properties of matter are actually the conscious properties of matter. Detailed consideration of Pauli's exclusion principle, causality and determinism in modern physics, the behavior of helium near the absolute zero of temperature, and diffraction phenomena seemed to indicate that the new hypotheses account for the major features of modern physics better than do current concepts.

In this paper only one of these subjects --diffraction phenomena-- will be discussed, and the discussion will concern conceptual and philosophical interpretations of quantum mechanics.

Consider the much-discussed experiment in which monochromatic photons (or electrons) are passed through two small holes close together in a screen. First, only the top hole is opened and a picture is taken on a film. The result is either a spot of light or a spot surrounded by concentric rings. Then, a picture is taken with both holes open, and the result is strikingly different: alternating stripes of light and darkness, with the stripes roughly perpendicular to a line joining the two holes. The pattern is completely different than two one-hole patterns superimposed. These results are not caused by physical interactions between different photons, because exactly the same diffraction patterns are obtained when the photons pass through the apparatus one at a time. <sup>5</sup>

The tendency to form these diffraction patterns resides in each individual photon.

Opening the bottom hole had the effect of changing the rings from the top hole into stripes. Furthermore, positions can be found on the film that received much light when only the top hole was open, but that did not receive any light when both holes were open. Opening the bottom hole somehow prevented any light from reaching these positions.<sup>6</sup> Concerning these results, Einstein and Infeld wrote, "How is it possible then that the presence of another hole completely changes the effect? Apparently the hole through which the photon does not pass, even though it may be at a fair distance, changes the rings into stripes! ... The photon is indivisible and can, it would seem, pass through only one of the two holes. How could a photon passing through a hole possibly know that another hole has been made some distance away?"

Of the same experiment, Margenau<sup>7</sup> wrote, "This result, perhaps innocent at first sight, is fraught with sinister meaning. An electron going through the upper hole must have modified its behavior because of the presence of the lower hole! That is the least we are forced to conclude in following out the mechanical interpretation of happenings in time and space. Already one feels uneasy and hopes he will not be called upon to explain the presumed interaction between the electron and the supernumerary hole through which it did not pass... If each electron did take cognizance of the hole which it avoided, how did it know through which hole its predecessors and its successors were to go or had gone? How did it achieve that correlation with the action of its precursors and successors which is manifest in the regular pattern on the target screen?"

At this point, rather than invoke a mysterious influence through time, one is constrained to

admit that each electron passed through both holes at once, or that each had some inherent disposition for forming the pattern which the whole aggregate only was able to realize. Electron waves were invented by the model addict to avoid facing this issue."

It is evident in these quotations that another explanation, involving a rudimentary degree of consciousness possessed by the photon, occurred to these physicists. The explanation is simply that each photon is fairly localized and passes through only one hole, but that it is aware of the presence of the other hole, and this awareness causes it to change its direction of travel. Because of our classical philosophical heritage, this possible explanation was not pursued. Yet, is it wise or scientific to exclude from serious consideration one of the only two explanations that have been advanced for the very important phenomena of diffraction?

One currently-accepted explanation of this diffraction experiment is that each photon (or electron) passes, wavelike, through both holes at once. The wave is diffracted, interferes with itself, and then strikes the film at one point like a particle. This explanation has serious weaknesses, whether or not one believes that the waves actually exist. Real waves spread out as time goes on; yet, after a photon or an electron has been diffracted and its wave has spread over a large region, it is always possible to locate it in some definite spot that is very much smaller than the region occupied by the wave. After electron waves spread out, how is it possible for them to recombine and concentrate their energy on a single atom or electron, as they are observed to do? If an electron goes through the apparatus mentioned earlier, most of the waves must be absorbed or reflected by the screen in which the holes are made, and some of the waves must pass through

each hole and then diverge over a large volume. We cannot imagine all these waves recombining at a single point; this is contrary to all our experience with nature and impossible to visualize.

Such reasons lead to the belief that quantum-mechanical waves do not actually exist, but that the wave function describes the probable locations of the particle. But if the wave function is only a mathematical probability function that enables the prediction of the location of the particles, then other serious weaknesses arise: (1) There is no explanation of what causes an electron to change its direction of travel when it passes through a hole. (2) In the diffraction experiment mentioned earlier, most of the electrons diffract at a finite number of definite angles; otherwise, no circles or stripes would be formed. When the distance between the screen and the film is varied, the predominant angles of diffraction change to different values, and the distances between the circles or stripes also change. Similar changes occur when the distance between the holes is varied, or when one hole is closed, or when the frequency of the photons or the energy of the electrons is varied. In each case the predominant angles of diffraction change, but a characteristic diffraction pattern is formed. What causes the particles to always diffract at the correct angles necessary for the formation of the diffraction patterns? Currently-accepted theories have no explanation for any of these facts.

The explanation on the basis of consciousness is simpler than the other two explanations and it explains much more. Each electron passes through only one hole, but it is aware of the existence of the other hole when it is open, and it chooses different angles of diffraction when the second hole is open--angles that will enable it to form a part of the diffraction pattern. Instead of

being something that has both particle and wave properties, the electron in this concept is a particle that has a degree of consciousness. The consciousness of the electron is a periodic pulsation with a frequency that is directly proportional to the energy of the electron, and it does not involve an extended wave. The electron exhibits its particle aspects in interactions in which it gains or loses energy, and it exhibits its degree of consciousness in interactions in which its energy remains constant, such as diffraction. Since an electron going through a hole can deflect its course in a great many directions, a prediction of its future course involves a large number of possibilities and takes the form of the quantum mechanical wave function. The wave function describes the principal choices open to the electron and the relative probabilities that each choice will be realized.

In this concept of diffraction, the serious weaknesses of the other explanations are removed. Instead, the wave properties of matter are interpreted in terms of something that really exists and is part of our daily experience--consciousness.

By the concept of matter briefly outlined in this paper, quantum mechanics describes systems that contain hidden variables, although the variables are of a type perhaps not envisioned by Einstein, Podolsky, and Rosen. The hidden variables are the rudimentary degrees of consciousness of the fundamental particles of matter, which, in many experimental situations, give them a degree of choice. Because each particle has a small but finite degree of choice, the behavior of individual particles cannot be predicted; only statistical predictions of the behavior of large numbers of particles can be made, and these can be made only because the number of choices is small enough



to be manageable. The quantum uncertainty relations stem from the same unpredictable behavior of individual particles. When the position of a particle is measured, its momentum is changed unpredictably and our knowledge of its new momentum is less precise. When the momentum of a particle is measured, its position is changed unpredictably and our knowledge of it is less precise.

The difficulty of elucidating such hidden variables in order to formulate a more exact quantum mechanics can readily be appreciated. Development of a more exact theory might depend on learning more about the nature of the rudimentary degree of choice possessed by the fundamental particles. At present such a task appears to be difficult, but many experiments can be conceived that would ask pertinent questions of nature along this line of thought.

R E F E R E N C E S :

- (1) A.A.Cochran, Foundations of Physics. 1, No. 3, 1971, pp. 235-250.
- (2) A.A.Cochran, Thesis T 1484, University of Missouri--Rolla, 1963.
- (3) A.A.Cochran, Dialectica, International Review of Philosophy of Knowledge. 19, No. 3/4, 1965, pp. 290-312.
- (4) A.A.Cochran, Main Currents in Modern Thought. 22, No. 4, 1966, pp. 79-88.
- (5) D.Bohm, Quantum Theory (Prentice-Hall, New York, 1951), ch.6.
- (6) A.Einstein, and L.Infeld, The Evolution of Physics (Simon and Schuster, New York, 1938), ch. IV.
- (7) H.Margenau, The Nature of Physical Reality (McGraw-Hill, New York, 1950), ch. 16.

A.A.Cochran

6.0 François Bonsack,

## INTERPRETATIONS SUBJECTIVISTES OU OBJECTIVISTES?

1. La probabilité est souvent interprétée comme étant subjective. Car elle dépend de ce que sait sur l'événement celui qui estime la probabilité de cet événement. Un client d'une compagnie d'assurances n'a pas les mêmes chances de survie selon qu'on tient ou ne tient pas compte de son sexe, de sa profession, des sports qu'il pratique, de son poids, des maladies qu'il a eues, de son hérédité (1).

Mais on voit ici immédiatement le sens et les limites de cette "subjectivité". En réalité, la probabilité ne dépend pas de ce qu'on sait, mais de ce dont on veut tenir compte. Une compagnie d'assurance peut très bien savoir certaines choses sur son client, mais ne pas en tenir compte, pour ne pas compliquer ses tarifs, ou faute de statistiques concernant ce facteur particulier.

La façon la plus claire de présenter les choses est, je crois, la suivante:

La probabilité n'est pas une propriété d'un événement, mais d'un type, d'une classe d'événements. Un événement particulier est compris dans un grand nombre de classes emboîtées ou non les unes dans les autres. Suivant la classe à laquelle on l'attribue, suivant la manière dont on le "typifie" (2), la probabilité d'un même événement changera.

Bien sûr, lorsqu'on en aura la possibilité, on exploitera toutes les informations acquises pour attribuer l'événement à une classe aussi restreinte, aussi définie que possible: cela permettra en général des prévisions plus précises. En particulier, lorsqu'on acquiert une nouvelle information, on peut passer d'une classe plus générale à une classe plus restreinte; si donc on décide d'ex-

exploiter le renseignement, la probabilité change. Et c'est la raison pour laquelle il semble que la probabilité change suivant ce que sait l'observateur, et au moment où il en devient conscient.

On peut imaginer des exemples dans lesquels ce que je viens de dire apparait de façon particulièrement claire. Supposons que je prenne quatre rois, ici en Suisse, que je brasse ces 4 cartes et que je les dispose retournées devant moi. J'en choisis une au hasard, je la glisse sans la regarder dans une enveloppe et je l'envoie à un correspondant qui se trouve en Nouvelle-Zélande. Je lui demande alors d'estimer la probabilité que j'ai de retourner, parmi les 3 cartes qui me restent, une carte et que ce soit le roi de coeur. Tant qu'il n'a pas vu la carte que je lui ai envoyée, cette probabilité sera pour lui de  $1/4$ . Mais supposons qu'il regarde sa carte et qu'il voie que c'est justement le roi de coeur: alors la probabilité de mon tirage - pour lui lointain - tombe instantanément à zéro. Il est clair qu'il n'a pas pu avoir d'action physique sur mon jeu. S'il considère la probabilité que j'ai de tirer un roi de coeur comme une propriété physique, objective de mon jeu, alors il doit faire appel à la parapsychologie pour expliquer que la conscience qu'il a prise du fait que sa carte était le roi de coeur a brusquement modifié l'état de mon jeu. Mais cette conclusion ne s'impose que si l'on considère la probabilité d'un événement comme une propriété de cet événement seul. Elle devient superflue si l'on tient compte du fait que la probabilité n'est pas une fonction à un seul argument - l'événement - mais une fonction de deux arguments: l'événement et la classe à laquelle on l'attribue. On peut même aller plus loin encore et dire avec Ashby (3) que la notion

de probabilité est un artifice de langage qui consiste à attribuer faussement à l'événement une propriété qui appartient en fait à la classe à laquelle il appartient:

"Si les statistiques nous disent que vingt millions de femmes ont trente millions d'enfants, cela n'implique pas que chaque femme ait un enfant et demi. Par contre, pour celui qui doit s'occuper de la construction d'écoles, ceci n'est pas absurde, car pour lui, un enfant et demi ne représente pas une fraction, mais un groupe de millions d'enfants.

"Prenons donc pour base qu'un énoncé relatif à un groupe peut être vrai, faux ou encore absurde si on l'applique aux éléments du groupe...

"Un exemple frappant est celui du cas où une fraction d'un ensemble possède une propriété particulière. Ainsi, dans un village, sur 100 hommes, 82 sont mariés. La fraction 0,82 est caractéristique du groupe, mais n'a aucun sens pour un individu, chaque homme étant marié ou célibataire. En regardant d'aussi près que l'on veut, on ne trouve nulle part trace du 0,82 sur lui. D'ailleurs si un homme change de village, même si cela ne crée en lui aucun changement, l'indice 0,82 qui lui était attaché sera modifié: c'est en effet une propriété du village et non de l'individu.

"Néanmoins, il est souvent commode de dire que la fraction 0,82 a une signification pour l'individu: on peut dire qu'il a 82 chances sur 100 d'être marié. Cette forme d'expression est sans danger si l'on n'oublie pas que l'énoncé, présenté sous forme individuelle, est en réalité attaché au village. L'oublier mène à une foule de paradoxes aussi absurdes et ridicules que toute tentative d'enseigner à une moitié d'enfant."

Si l'on tient compte de ces remarques, le paradoxe disparaît. L'identification du roi de coeur ne change rien à l'événement, il modifie simplement la classe à laquelle il est attribué - ou n'est pas attribué. L'attribution à une classe est une décision du sujet, contrairement aux propriétés statistiques de la classe, qui appartiennent, elles, objectivement à la classe.

On peut toujours passer d'une interprétation subjectiviste de la probabilité en termes de connaissance, à une interprétation objectiviste en termes de propriétés statistiques d'une classe, et cela aura une certaine importance dans ce qui suit.

2. Car cette dualité d'interprétation se retrouve dans la plupart des théories faisant appel à la probabilité.

Par exemple dans la mécanique statistique, où l'entropie peut être interprété subjectivement comme une mesure de l'ignorance de l'état microscopique particulier dans lequel se trouve momentanément le système, ou au contraire objectivement comme une mesure de la variété, de la diversité de la classe des états microscopique défini par les grandeurs d'état: pression, volume, température etc.

Il en est de même en théorie de l'information: on peut interpréter la quantité d'information comme une mesure de la réduction de l'ignorance du récepteur lors de la réception du message, ou de la spécificité de la classe à laquelle appartient le message effectivement reçu par rapport à l'ensemble des messages possibles à l'arrivée. Parmi les deux formules équivalentes de Shannon (4) pour la transmission avec bruit, l'une

$$R = H(x) - H_y(x)$$

s'interprète plus commodément en termes subjectivistes et l'autre

$$R = H(y) - H_x(y)$$

appelle une interprétation objectiviste.

R           taux de transmission effectif de l'information

H(x), H(y)   densités moyennes d'entropie de l'ensemble des messages au départ et à l'arrivée

H<sub>x</sub>(y), H<sub>y</sub>(x) densités conditionnelles d'entropie (de l'ensemble des messages issus d'un message particulier émis, ou de l'ensemble des messages dont peut être issu un message particulier reçu).

L'interprétation séduisante que donne M.Brillouin du démon de Maxwell repose sur une identification discutable de la nég-entropie physique et de la quantité d'information, toutes deux étant interprétées subjectivement. Mais, on peut également interpréter le démon dans une perspective objectiviste, ce qui évite de faire intervenir sa conscience (5).

3. Il devrait en être de même en mécanique quantique. Dans l'interprétation de Born, aujourd'hui universellement acceptée, le carré du module de l'onde  $\psi$  représente une densité de probabilité de présence; la mécanique quantique devrait donc également être une théorie probabiliste et autoriser des interprétations objectiviste et subjectiviste.

Mais ici, les choses se compliquent. Car, selon l'Ecole de Copenhague, la probabilité dont il s'agit ici ne serait pas une probabilité ordinaire, description globale d'un microdéterminisme sous-jacent. Il s'agirait au contraire d'un hasard inconnu jusqu'ici, et qu'on désigne sous le nom de "hasard primaire".

D'autre part, cette même école affirme que l'objectif et le subjectif ne peuvent plus être clairement dissociés et que le processus de mesure doit être pris globalement.

Si l'on prend l'interprétation de Born au pied de la lettre, c'est-à-dire si l'on fait de la mécanique quantique une véritable théorie probabiliste, l'interprétation de ce que M. Costa de Beauregard appelle "collapse du  $\psi$ " ne présente aucune difficulté: alors que, selon une précédente mesure, la particule pouvait, après un certain intervalle de temps, se trouver dans un domaine assez vaste, la nouvelle mesure permet de la situer dans un domaine beaucoup plus restreint, l'amplitude de l'onde  $\psi$  représentant sa probabilité de présence tombant à zéro partout ailleurs. Ici encore, ce n'est pas la "prise de conscience" qui modifie l'événement, mais la décision de tenir compte de nouvelles informations qui permet d'attribuer cet événement (inchangé) à une autre classe, plus restreinte, d'événements. (Si la mesure a perturbé le système, la nouvelle classe n'est pas forcément une sous-classe de l'ancienne; elle est une sous-classe de l'ensemble des systèmes perturbés possibles).

Les paradoxes ne surviennent que lorsqu'on traite l'onde  $\psi$  comme une réalité physique: tant que celle-ci reste une onde d'information, représentant non pas la réalité, mais ce qu'on sait sur cette réalité, il n'est pas paradoxal que de nouvelles informations la modifient.

Tout dépend donc du statut de réalité qu'on attribue à l'onde  $\psi$ , et ce statut est très ambigu dans l'interprétation orthodoxe (peut-être même volontairement ambigu). Car, rappelons-le, l'expérience des trous d'Young oblige à attribuer une certaine réalité physique à l'onde  $\psi$ . Et la distinction de de Broglie entre une onde  $\psi$  pro-

babilliste et une onde u physique a du moins le mérite de la clarté.

- [1] Marcel Boll, "Les certitudes du hasard" Coll. "Que sais-je?", PUF, Paris 1951, p.25
- [2] F.Gonseth, "Philosophie des Sciences, Vue d'ensemble" dans "La philosophie au milieu du vingtième siècle", R.Klibansky ed., La Nuova Italia Editrice, Firenze 1958
- [3] W.Ross Ashby, "An Introduction to Cybernetics" Shapman & Hall Ltd, London. Trad.française chez Dunod, Paris 1958.
- [4] Shannon C.E., "A Mathematical Theory of Communication", Univ. of Illinois Press, Urbana 1949
- [5] F.Bonsack, "Information, Thermodynamique, Vie et Pensée", Gauthier-Villars, Paris 1961 et "Pour une interprétation objectiviste de la théorie de l'information", Dialectica 16 (4) 385-395 (1962).

---

1.1 A.Horne, A. Shimony:

Local Hidden-variable Theories - Errata

p.11, line 18 - substitute: "condition (2)" for "condition (1)"

p.13, 5 lines from bottom: "value"

p.14, 2nd line from bottom:  
substitute "exhaustive" for "exclusive".

p.15, 11 lines from bottom: "sixteen"

p.18, inequality (9b) - it should read

$$E(\pi/8)_{lhv} - 3E(3\pi/8)_{lhv} \leq 2.$$

p.18, line 9 should read

$$E(\pi/8)_{qm} = -E(3\pi/8)_{qm} .$$

Missing reference: The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence, by B.Innhelder and J.Piaget (Basic Books, 1958), p.251 (ch. 16, III) and p. 337 (ch. 18).



"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 könnten.

Contribution, 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.