

LA MESURE EN MECANIQUE QUANTIQUE

G. KLEIN

CENTRE DE RECHERCHES NUCLEAIRES
Laboratoire de Physique des Rayonnements
et d'Electronique Nucléaire
23, rue du Loess
67037 STRASBOURG CEDEX

Abstract

It is assumed that consciousness, memory and liberty (within the limits of the quantum mechanics indeterminism) are fundamental properties of elementary particles. Then, using this assumption it is shown how measurements and observers may be introduced in a natural way in the quantum mechanics theory. There are no longer fundamental differences between macroscopic and microscopic objects, between classical and quantum objects, between observer and object. Thus, discrepancies and paradoxes have disappeared from the conventional quantum mechanics theory. One consequence of the cumulative memory of the particles is that the sum of negentropy ^{plus} information is a constant. Using this theory it is also possible to explain the "paranormal" phenomena and what is their difference from the "normal" ones.

Introduction

Le processus de la mesure en M.Q. (mécanique quantique) a toujours été traité de façon phénoménologique. On introduit une hypothèse "ad hoc", l'observateur dont l'action de mesurer est inexplicable. On sait que l'acte de mesure par un observateur conscient entraîne la "réduction du paquet d'ondes", c'est-à-dire une transition quantique d'un état qui est généralement une combinaison linéaire d'états propres vers un état propre bien particulier, et ceci de façon instantanée. On ignore comment cela se fait et comment cela est possible. Qu'est ce que la conscience de l'observateur a donc de particulier qui lui permette de produire de telles transitions ? Depuis 50 ans les physiciens essaient de trouver une réponse à cette question [1-4]. D'autres problèmes de la M.Q. qui sont assez bien illustrés par les fameux paradoxes du "chat de Schrödinger", de "l'ami de Wigner" et celui d'Einstein, Podolsky et Rosen [3] sont également étroitement liés au problème de la mesure.

Pour résoudre ces problèmes, les physiciens introduisent généralement d'autres hypothèses "ad hoc", par exemple la non séparabilité de deux sous-systèmes, ou les variables cachées, etc..., qui ne font généralement que déplacer les problèmes. Il nous semble que tous ces problèmes proviennent essentiellement d'une mauvaise description de la mesure. C'est pourquoi, dans cet article nous reprendrons les mêmes postulats que ceux de la M.Q. conventionnelle en ce qui concerne la description des états quantiques et de leur évolution continue et déterministe avec le temps. Mais les postu-

lats concernant la mesure seront remplacés par les postulats suivants :

Chaque particule de ce monde a la conscience et la mémoire de son état et la liberté que lui laisse l'indéterminisme de la M.Q. orthodoxe.

Les postulats ou hypothèses

Les propriétés de conscience et de mémoire sont indispensables pour que la liberté puisse se manifester autrement que par des actes aléatoires. Nous allons dire maintenant ce que nous entendons exactement par liberté : soit un système isolé dont le vecteur d'état en fonction du temps $|\psi(t)\rangle = \sum_i \alpha_i(t) |\psi_i\rangle$ est exprimé dans une base complète $\{|\psi_i\rangle\}$. La liberté est la possibilité pour ce système de produire au temps t une transition discontinue vers n'importe quel état $|\psi'\rangle = \sum_i \beta_i |\psi_i\rangle$ avec les seules restrictions $\sum_i |\beta_i|^2 = 1$, et $\beta_i = 0$ si $\alpha_i(t) = 0$. Une possibilité particulière étant ce qu'on appelle habituellement la réduction du paquet d'ondes : $|\beta_i| = 1$ et $\beta_j = 0$ pour $j \neq i$. Par système isolé, nous entendons un système dont l'état ne puisse en aucune façon dépendre de ce qui se passe à l'extérieur de ce système. Notamment deux systèmes ayant été en interaction ne peuvent être considérés comme isolés l'un de l'autre (quelle que soit la distance qui les sépare) tant qu'il n'y aura pas eu de réduction du paquet d'ondes.

Ces postulats sont destinés simplement à remplacer d'autres postulats tout aussi arbitraires, tels que la neutralité de

l'observateur vis à vis de l'appareil macroscopique et la réalité objective de l'appareil de mesure macroscopique en l'absence d'observateur. C'est l'expérience qui restera seul juge.

Les propriétés de conscience, de mémoire, de liberté, et par conséquent aussi la possibilité de vouloir sont des propriétés que l'on attribue habituellement au monde vivant. Il nous semble difficile de comprendre comment ces propriétés pourraient apparaître spontanément dans une matière inerte, à partir d'un certain degré de complexité. Il nous semble plus raisonnable d'admettre que ces propriétés font partie des caractères fondamentaux de la matière, c'est-à-dire qu'une particule élémentaire est déjà "vivante". Il est clair que cette vie se manifestera différemment dans une particule élémentaire et dans un virus ou un être humain.

Cette idée de la particule élémentaire douée de conscience se trouve déjà dans les travaux de Teilhard de Chardin [6], bien qu'exprimée dans un langage plus philosophique. Chez cet auteur, cette idée est le fruit d'un travail de paléontologie sur les origines de la vie. Ceci n'est peut être pas une preuve, mais c'est certainement un indice de plus.

Les travaux de Wigner [2,5] ont montré clairement que la mesure en M.Q. ou réduction du paquet d'ondes est une interaction entraînant un changement particulier de l'état du système et que ceci ne peut se faire que par une conscience.

La plupart des physiciens pensent que la mesure peut se faire par un instrument de mesure macroscopique en l'absence

de tout observateur conscient. Wigner [5] soutient que cela n'est pas possible en restant dans le cadre de la M.Q. conventionnelle. En effet, après une interaction objet-appareil de mesure, les relations de phase entre les très nombreux états propres entrant dans la constitution de l'état réel du système objet + appareil sont très rapidement détruites. Il n'est donc plus question alors d'obtenir comme état final un état propre bien déterminé qui nécessite des relations de phase bien déterminées. La croyance qu'un appareil de mesure macroscopique doit avoir une réalité physique et objective en l'absence d'observateur n'est qu'un postulat dicté par le bon sens et qu'il faudra sans doute rejeter un jour si l'on veut que la M.Q. garde une certaine cohérence interne. Et quoique que l'on fasse, il faudra bien qu'on finisse par admettre que c'est la conscience de l'observateur qui produit cette transition très particulière que constitue une mesure.

A l'autre extrême Everett [7] a proposé une théorie selon laquelle le monde entier, y compris le monde vivant, ne serait qu'un système auquel on pourrait appliquer strictement le formalisme de la M.Q. Le résultat en serait que la distinction objet-observateur ne serait plus possible, et il n'y aurait plus de réduction du paquet d'ondes qui soit possible. Ce paradoxe traduit le fait que la M.Q. utilise dans ses fondements des notions telles que "observateur" qu'elle est incapable de définir : on sait très bien ce que l'observateur fait, mais la M.Q. est incapable de dire comment cela est possible.

Nous allons montrer sur des exemples comment les postulats que nous proposons vont changer l'interprétation que l'on

peut donner de certaines expériences de physique.

Un système isolé microscopique ou macroscopique, mais de structure simple, pourra être décrit par un vecteur d'état dont l'évolution en fonction du temps t sera continue, univoque, et donnée par l'équation de Schrödinger. Admettons que ce vecteur d'état s'écrive $|\psi(t)\rangle = \sum_i \alpha_i(t) |\psi_i\rangle$ dans une base $\{|\psi_i\rangle\}$ de vecteurs propres d'une observable. D'après nos postulats nous dirons que ce système a la possibilité de produire au temps t une transition vers n'importe quel état $|\psi'\rangle = \sum_i \beta_i |\psi_i\rangle$ avec $\sum_i |\beta_i|^2 = 1$ et $\beta_i = 0$ si $\alpha_i(t) = 0$. Le choix peut en particulier porter sur les combinaisons où $|\beta_i| = 1$ et $\beta_j = 0$ pour $j \neq i$, ces combinaisons correspondant aux états $|\psi_i\rangle$ qui sont effectivement obtenus lorsqu'il y a réduction du paquet d'ondes. Ce système, ou structure, peut exercer son choix volontaire à la perfection, mais étant trop rudimentaire il ne "veut" rien et restera dans l'état $|\psi(t)\rangle = \sum_i \alpha_i(t) |\psi_i\rangle$ de la M.Q. orthodoxe, laissant toute liberté pour un choix ultérieur.

Prenons maintenant le cas d'une structure physico-chimique isolée suffisamment complexe. Les particules qui la composent gardent (d'après nos hypothèses) la mémoire de leur passé, fonctionnent un peu comme un ordinateur et peuvent ainsi reconnaître certaines situations dangereuses ou favorables pour la survie de cette structure. Si elle utilise la possibilité qu'elle a de vouloir, c'est-à-dire de provoquer la réduction du paquet d'ondes des particules qui la composent, et se trouver dans tel état plutôt que dans tel autre, elle pourra peut être échapper au danger.

Le premier acte volontaire de cette sorte s'est probablement fait par hasard. La répétition de ces actes volontaires a donné à cette structure une certaine autonomie. Et sa sélection s'est peut être faite par une suite de hasards et de nécessité comme le propose J. Monod. On entre ainsi dans le monde du vivant.

Venons en au problème de la mesure. Nous avons déjà vu que d'après nos postulats, dans un système isolé constitué d'un objet microscopique dont on veut mesurer une observable et d'un instrument de mesure macroscopique, il n'y a pas de réduction de paquet d'ondes qui soit possible parce qu'il n'y a pas dans ce système une volonté suffisamment structurée pour provoquer de telles transitions. Ce qui veut dire que la mesure ne se fait pas. Le fait qu'un objet macroscopique puisse alors être dans une superposition d'états propres d'une observable n'est pas gênant ici puisque personne n'est là pour le constater.

Soit maintenant un système isolé constitué de deux sous-systèmes en interaction, d'une part un objet dont on veut mesurer une observable dont les vecteurs propres sont $\{|\psi_i\rangle\}$, et d'autre part un instrument de mesure combiné avec un observateur et dont $\{|\phi_i\rangle\}$ est un ensemble de vecteurs propres correspondant à la même observable. L'indice i correspondant à la i ème valeur propre de l'observable. Supposons qu'au temps zéro le système soit dans un état propre $|\xi(0)\rangle = |\psi_0\phi_0\rangle$. Le vecteur d'état du système évolue avec le temps t et s'écrit : $|\xi(t)\rangle = \sum_i \alpha_i(t) |\psi_i\phi_i\rangle$. D'après nos postulats l'ensemble du système a la possibilité de produire à n'importe quel temps t une transition vers un état

$|\xi'(t)\rangle = \sum_i \beta_i |\psi_i \varphi_i\rangle$ avec les restrictions $\sum_i |\beta_i|^2 = 1$ et $\beta_i = 0$ si $\alpha_i(t) = 0$. Dans la réalité nous constatons que ces transitions volontaires, ou mesures, se font avec une cadence sans doute de quelques dizaines par seconde, limitée par le temps mort des organes des sens de l'observateur. On constate également que les transitions volontaires se font vers des états propres $|\psi_i \varphi_i\rangle$ ($|\beta_i| = 1$ et $\beta_j = 0$ pour $j \neq i$) et ceci avec une fréquence égale à $|\alpha_i(t)|^2$. On retrouve ainsi la fameuse réduction du paquet d'ondes et les résultats de la M.Q. conventionnelle, avec cette différence essentielle que ici les résultats dépendent du bon vouloir de l'observateur. On peut alors se demander pourquoi l'observateur, avec la participation de l'observé produit ces transitions aussi systématiquement et laisse le hasard décider pour le choix de $|\xi'(t)\rangle$ et ainsi produire des phénomènes qui ont tous les caractères des phénomènes aléatoires. Ceci est probablement le fruit d'une habitude ou reflexe conditionné qui remonte au temps de l'apparition des premières structures vivantes : une structure vivante a besoin de fixer sa propre structure et de fixer les objets avec lesquels elle a l'intention d'avoir des rapports, c'est-à-dire les objets qu'elle peut appréhender par ses sens, d'où la volonté de fixer continuellement les choses de notre entourage dans des états propres qui sont les seuls états ayant un caractère objectif acceptable par tout le monde. Comme ces premières structures vivantes étaient peu évoluées, elles laissent peut être faire le hasard pour le choix des états finals $|\psi_i \varphi_i\rangle$. De plus, comme il n'y a plus de différence fondamentale entre l'ob-

servateur et l'observé, on doit admettre que les deux parties doivent participer à l'acte volontaire et que c'est peut être "l'avis" de l'objet (encore plus primaire) qui sera prépondérant pour le choix des états finals $|\psi_1\rangle$ de l'objet, et donc des états $|\psi_1\phi_1\rangle$ de l'ensemble. Les choix seront alors comme laissés au hasard.

L'indéterminisme et les paradoxes de la M.Q.

On constate facilement que l'une des conséquences de l'acceptation de nos hypothèses est la disparition de l'indéterminisme. En effet, chaque transition quantique est le résultat d'un acte volontaire, ou mesure, et entre ces transitions l'évolution cohérente, sans discontinuité est donnée de façon univoque par le vecteur d'état. Il n'y a donc plus d'indéterminisme, mais des actes volontaires, souvent pas très originaux, au point qu'ils sont difficiles à distinguer du hasard véritable. On peut donc dire que c'est nous qui "faisons" le monde tel qu'il est.

Dans la M.Q. telle que nous la proposons, il n'y a plus ces différences de nature entre objet microscopique et objet macroscopique, entre système quantique et système classique, entre objet et observateur. Ce premier pas franchi, il serait plus facile de concevoir la mécanique classique comme une limite de la mécanique quantique.

Le paradoxe d'Einstein, Podolsky, Rosen [8] disparaît

de façon très simple. En effet, c'est l'observateur, éventuellement "en accord" avec les particules observées qui par un acte volontaire fixe en même temps les états de ses organes des sens et les états des deux sous-systèmes initialement corrélés et ensuite séparés spatialement.

Le paradoxe du "chat de Schrödinger" [9] disparaît également. C'est le chat qui en réalité fait la mesure "en accord" avec l'atome radioactif. Il a suffisamment de conscience pour provoquer la réduction du paquet d'ondes et se tuer ou se laisser en vie. L'observateur extérieur ensuite ne fait que constater le résultat, ou encore "veut" la même chose que le chat. Le paradoxe de "l'ami de Wigner" [2] n'est pas différent de celui-ci.

L'information et son traitement

Nous donnerons à l'information un sens très voisin de celui qui en a été donné par Shannon ou Brillouin [10]. Ces auteurs ont montré que l'acquisition par un observateur d'une quelconque information sur un système physique nécessite toujours une perte de négentropie. Le concept d'information a été définitivement accepté par les physiciens. Et pourtant on ne peut caractériser l'information par aucun des termes utilisés habituellement en physique : ça n'a pas de masse, pas de vitesse, pas de position etc... Par contre, on peut rapprocher cette information de concepts tels que la pensée. Cette pensée que les physiciens

ne veulent pas laisser entrer dans le domaine de la physique, elle y est déjà de plein pied avec l'information.

L'information connue et acceptée jusqu'à présent est celle stockée dans nos mémoires ou celles des autres êtres vivants ; on connaît aussi l'information enregistrée dans des supports matériels : livres, bandes magnétiques, structures chimiques telles que ADN. Nous élargirons cette définition en donnant le nom d'information à toute connaissance acquise par les particules des structures inertes ou vivantes concernant les transitions quantiques ou actes volontaires entre ces particules. Chaque particule ayant la mémoire de ses actes volontaires peut ainsi accumuler de l'information, sans qu'il soit possible d'en perdre. Chaque transition quantique ou acte volontaire ayant lieu lors d'une interaction entre deux particules se traduit pas une perte de négentropie et un transfert ou gain équivalent d'information. Le résultat immédiat de ceci est que dans un système fermé (notre univers par exemple) la somme négentropie + information est une constante. Cette loi de conservation qu'on pourrait appeler le troisième principe de la thermodynamique est certainement un argument important en faveur de nos hypothèses. Les lois de conservation ont toujours joué un rôle important dans l'évolution des idées en physique à cause de leur caractère universel. Le fait que de la négentropie puisse se perdre sans contrepartie est une idée qui n'est pas très satisfaisante pour l'esprit. De même l'information, avec la définition qu'en donne Brillouin peut être perdue sans contrepartie par exemple lors de la mort d'une structure vivante.

Nous allons illustrer cela par un exemple : prenons un gaz sous pression dans une bouteille. Les collisions entre particules sont nombreuses, mais ne correspondent à aucun transfert d'information parce que aucun observateur n'est présent pour le constater. Il ne se produit pas de réduction de paquet d'ondes. L'observateur qui avait conscience au départ des conditions macroscopiques du gaz (volume, température, pression) n'acquiert pas d'information nouvelle. L'information et la négentropie du système gaz + observateur sont constantes. Supposons maintenant que le gaz soit parfait et qu'on puisse, en ouvrant rapidement une vanne, laisser ce gaz se détendre instantanément dans une autre bouteille initialement vide. Le gaz conserve toute son énergie cinétique, mais il y a perte de négentropie. La physique classique dit que cette perte n'a pas de contrepartie. La théorie orthodoxe de l'information [10] nous dit en plus qu'il y a perte d'information concernant les positions des particules qui étaient partiellement déterminées au départ, et le sont bien moins ensuite. Nous dirons d'après notre définition de l'information et de la mesure, que la mesure ici est l'ouverture de la vanne par l'observateur. Le résultat de cet acte volontaire est double : la perte de négentropie et l'acquisition de l'information concernant le nouvel état de la vanne (ouverte), ce qui est équivalent à la connaissance des nouvelles conditions macroscopique du gaz. L'augmentation du volume disponible fait que de nouvelles complexions du gaz sont possibles. C'est la connaissance de celles-ci qui constitue la nouvelle information acquise par l'observateur.

Comme l'observateur avec sa conscience joue un rôle aussi

particulier il serait naturel aussi de proposer un mode de fonctionnement de la pensée humaine, ce qui en termes de physique est le problème de l'acquisition de l'information et de son traitement. Un observateur acquiert de l'information du monde extérieur par ses sens. Les yeux par exemple, par des actes volontaires, produisent des transitions dans les états des photons. Chaque transition se produisant dans l'ensemble oeil-photon s'accompagne d'une perte de négentropie et d'un transfert équivalent d'information. La localisation des photons permet ainsi de fixer l'objet qui les a émis. Le cerveau, et peut être aussi en partie le reste du corps jouent sans doute un rôle analogue à celui de l'unité centrale d'un ordinateur. Chaque transfert d'information d'un atome à un autre du cerveau se fait par une transition dans le système que constituent ces deux atomes. Cela se fait encore une fois avec perte de négentropie. La pensée se décrit alors comme une suite de transferts, de reclassements des informations afin de trouver des corrélations entre elles.

Le problème de la mémoire

Rappelons que d'après nos hypothèses chaque particule élémentaire possède la mémoire de toutes les transitions ou actes volontaires qui la concernent. Nous avons vu dans le paragraphe précédent dans quelles conditions l'accession à cette mémoire est possible. Dans ces conditions la mémoire d'un individu est une mémoire personnelle, mais qui n'est localisée dans aucune

partie particulière du cerveau. Ceci est en accord avec les faits observés. Lorsque la mort détruit un être vivant elle détruit le système chargé de l'acquisition et du traitement de l'information mais non la mémoire elle-même. On aboutit ainsi à l'idée d'une mémoire cumulative et collective qui existe en plus des mémoires personnelles. Cette idée, vieille comme le monde a été étudiée en psychologie par Jung [14].

Il reste cependant un problème pour lequel nous n'avons pas de réponse : c'est de savoir où et sous quelle forme une particule peut stocker de l'information. Il serait souhaitable de trouver un support matériel à cette information. Charon [11] a proposé que cette information soit stockée dans l'espace intérieur des électrons, qui serait un espace fermé à la manière des trous noirs en astrophysique. Les conséquences de cette hypothèse ont beaucoup de points communs avec nos conclusions mais pour le moment, et dans ce travail, cela nous pose plus de problèmes que cela n'en résout.

Physique et parapsychologie

Lorsqu'on veut introduire la notion de conscience en physique il est bien difficile de ne pas parler de psychologie et de parapsychologie.

Nous venons de voir que, d'après nos hypothèses, ce sont les observateurs, êtres pensants, qui "font" le monde à chaque instant par leurs actes volontaires, et lui donnent ainsi sa réa-

lité objective. Ces actes volontaires produisent habituellement un environnement où les choses inanimées sont aléatoires et suivent bien les lois de la statistique. Cela se fait ainsi probablement à cause des habitudes et réflexes qui nous viennent des premières structures vivantes très primitives qui n'avaient pas de désirs particuliers et laissaient faire le hasard ou les objets eux-mêmes. On a ainsi ce qu'on appelle les événements "normaux". Mais il arrive que des êtres vivants, soit instinctivement, soit à la suite d'un apprentissage sachent "ne pas faire" ou "faire" le monde autrement. A ce moment pratiquement tout devient possible, on a affaire alors aux événements paranormaux.

Lorsqu'un être humain arrive à "déconnecter" sa conscience et laisse s'exprimer son inconscient, il peut produire dans son environnement des événements qui ont tous les caractères des rêves. Les caractères oniriques très marqués de certaines apparitions paranormales s'expliquent très bien ainsi. L'inconscient peut également parfois imposer sa façon de "voir" les choses sans que la conscience s'en rende compte. Les phénomènes paranormaux sont alors vécus comme des événements tout à fait réels, quels que soient parfois leurs côtés fantastiques ou absurdes.

La psychokinèse ou phénomènes paranormaux à caractères physiques tels que torsion d'objets métalliques, déplacement d'objets etc... [12] s'expliquent de façon évidente par cette théorie. L'observateur, ou sujet, plus ou moins en accord avec son entourage produit des phénomènes paranormaux par des actes volontaires

qui sont différents des actes volontaires habituels qui produisent les événements normaux.

La télépathie ou transfert d'information, la clairvoyance, la psychokinèse à longue distance, lorsque l'objet et le sujet sont hors de portée des sens nécessitent cependant de produire des transitions ou des actes volontaires à distance. Cela est toujours possible parce que l'interaction entre deux particules peut être faible, mais elle n'est jamais nulle. L'acte volontaire ou transition est alors toujours possible. Le fait que l'efficacité du phénomène soit indépendante de la distance montre simplement que ce qui est difficile pour le sujet c'est d'arrêter le fonctionnement habituel de ses réflexes. Une fois ceci fait, l'acte volontaire peut se faire à la perfection quel que soit sa nature ou son apparente difficulté.

La possibilité d'une psychokinèse sur des événements aléatoires préenregistrés automatiquement en l'absence de tout observateur a été probablement démontrée [13]. L'explication qu'en donne l'un des auteurs, Schmidt, n'est pas différente de la nôtre : l'acte volontaire et la fixation du résultat se font au moment de la prise de conscience de l'enregistrement par le sujet, et non pas au moment de l'enregistrement automatique qui est antérieur. Cette expérience semble bien montrer qu'un enregistrement automatique sur bande magnétique n'a pas de réalité objective tant que personne n'en a pris conscience.

Conclusion

Nous pensons avoir montré qu'en accordant aux particules élémentaires les propriétés accordées habituellement aux seuls êtres vivants (conscience, mémoire, liberté, possibilité de vouloir) on peut introduire la notion de mesure et d'observateur conscient de façon très naturelle dans la théorie de la M.Q. Il n'y a plus ces distinctions arbitraires entre objet macroscopique et objet microscopique, entre objet classique et objet quantique, entre observateur et objet. La cohérence interne de la théorie de la M.Q. en est augmentée avec la disparition des nombreux paradoxes. Une des conséquences qui découle immédiatement de cette théorie est la loi de conservation négentropie + information. Il apparaît aussi que l'esprit et la matière sont simplement deux facettes d'une même réalité. Cela permet de donner enfin un sens physique à des mots tels que conscience, pensée. Cette théorie permet également d'expliquer très simplement tous les phénomènes paranormaux et en quoi ils diffèrent des événements "normaux".

REFERENCES

- [1] F. London, E. Bauer, La théorie de l'observation en mécanique quantique, Hermann, Paris, 1939
- [2] E.P. Wigner, The scientist speculates, I.J. Good Ed. Heinemann, London, 1962
- [3] B. d'Espagnat, Conceptual foundations of quantum mechanics, second edition, Ed. Benjamin Inc., 1976
- [4] J.A. Wheeler, Colloque "Un demi-siècle de Mécanique Quantique", Strasbourg, 1974
- [5] E.P. Wigner, Am. J. Phys. 31, 6 (1963)
- [6] Teilhard de Chardin, Le phénomène humain, Editions du Seuil, 1955
- [7] H. Everett, Rev. Mod. Phys. 29, 454 (1957)
- [8] A. Einstein, B. Podolsky, N. Rosen, Phys. Rev. 47, 777 (1935)
- [9] E. Schrödinger, Naturwissenschaften, 23, 807 (1935)
- [10] L. Brillouin, La science et la théorie de l'information, Masson Ed., Paris, 1959
- [11] J. Charon, L'esprit cet inconnu, Albin Michel Ed., Paris, 1977
- [12] Voir par exemple : La parapsychologie devant la science, Berg-Belibaste Ed., Paris, 1976
- [13] H. Schmidt, J. Am. Society Psych. Res. 70, 267 (1976)
J. Janin, Parapsychologie Psychotronique n° 2 p. 33
- [14] C.G. Jung, Les racines de la conscience, Buchet Chastel Ed., Paris, 1971

Imprimé
au Centre de
Recherches Nucléaires
Strasbourg
1980