Non séparabilité et rétrocausation

OLIVIER. COSTA DE BEAUREGARD

Annales de la Fondation Louis de Broglie
23, rue Marsoulan, F-75012 Paris, France

RÉSUMÉ. On argue que la non-localité quantique manifestée dans les corrélations du genre espace est lue sur les formules comme une télégraphie zigzagante d'information. Les termes interférentiels de Born promeuvent à la fois un « calcul ondulatoire des probabilités » et une « télégraphie ondulatoire de l'information ».. Les réversibilités jointes de la *propagation de l'onde* et de la *corrélation* entre prépations et mesures vient d'être à nouveau vérifiée par Stefanov à Genève. On s'étonne qu'Einstein, dont les règles de calcul pour le photon anticipaient celles du dualisme onde-particule de L. de Broglie et de M. Born, n'ait pas proposé cette lecture relativiste des *corrélations*.

ABSTRACT. We argue that the quantum non-locality displayed in space-like correlations is expressed by the formulas as a zigzagging telegraphing of information. Born's interference terms promote together a "wavelike probability calculus" and a "wave telegraphing of information". The twin reversibilities of *wave propagation* and of *statistical correlation* between pre- and retro-parations has been once more tested by Stefanov in Geneva. It is surprising that Einstein, whose computation rules for the photon anticipated de Broglie's and Born's for the wave-particle dualism, did not put forward such a relativistic reading of the *correlations*..

Pointée du doigt par Einstein [1] au Conseil Solvay de 1927 en termes d'une expérience pensée, puis rediscutée par maints auteurs, la *non-séparabilité quantique* est un des beaux *paradoxes* de l'histoire de la physique. Un paradoxe, au sens étymologique, est « un énoncé surprenant mais peut-être vrai », comme le fut en son temps le *principe d'inertie*.

Enoncée en 1926 par Born [2] suivi de Jordan [3], l*'interprétation statistique du dualisme onde-particule* formalise un tout nouveau *calcul ondulatoire*

des probabilités ou la phénoménologie interférentielle se donne libre cours. Dans la *cybernétique ondulatoire* ainsi proposée l'*information* (o*rganisation* au codage, *connaissance* au décodage) *est* télégraphiée[4] *réversiblement* entre *préparations* et *mesures.* Alors les *corrélations à distance du genre espace* devenues en 1936 *corrélations* EPR [5] affichent une *télégraphie zigzagante d'information et de causation;* les deux concepts s'impliquent mutuellement si la probabilité est postulée essentielle.

L'interprétation statistique de la mécanique ondulatoire associe manifestement les deux réversibilités de la *propagation de l'onde* et de l*'échange prédiction-rétrodiction,* l'onde retardée servant à la prédiction et l'onde avancée à la rétrodiction.

En 1953 j'arguai [6] que, *lue directement sur l'expérience pensée d'Einstein*, la *corrélation du genre espace* consistant en l'alternative *détection en* A *ou* B *de la particule occupant une onde issue de* O est *télégraphiée aller-retour via le zigzag AOB ou BOA.* La *non-localté géométrique* illustrant la *non-séparabilité algébrique* ressemble alors à un « jeu de dés d'Alice au Pays des Merveilles », car les deux dés ne sont pas *corrélés* « lorsqu'agités ensemble dans le cornet » mais « lors de leurs arrêts sur la table ». C'est entre ces deux *détections* qu'est propagée *l'interférence* selon Born. Mais le venin du « paradoxe rétrocausal » est quelque peu atténué, s'étant déjà fait sentir en ce qu'*une cybernétique ondulatoire ne peut formaliser un réalisme fort au sens ancien.*

Il est *vraiment surprenant* qu'en 1927 Einstein ait opposé aux auteurs de la *Nouvelle Mécanique Quantique* un *paradoxe* issu de règles de calcul équivalentes à celles qu'il avait lui-même [7] utilisées en 1905 pour le photon, *et ce dans un contexte relativiste.* Faisant fi de la réversibilité des formules, il supposait aller de soi que la causalité opère du passé vers le futur -ce que feront aussi après lui un Bell [8] ou un Shimony [9]. Comment l'expert qu'il était en mécanique statistique pouvait-il 'ignorer' l'objection de réversibilité faite à Boltzmann par Loschmidt, et la réplique de Boltzmann assimilant l'irréversibilité physique à une *jurisprudence* plutôt qu'à un *droit* -ce sur quoi reviendra Mehlberg [10].

En calcul classique des probabilités l'inversion bayesienne implique une *symétrie passé-futur* pour une corrélation du type temporel. *L'irréversibilité de fait* s'exprime alors en *pondérant les probabilités a priori,* initiale et finale; ce problème était dit *« de la probabilité des causes ».* C'est en ces termes que van der Waals [11] formalisera la réponse de Boltzmann à Loschmidt.

Tout cela, Einstein le savait fort bien, et cela d'autant plus que sa formule [12] *de l'émission stimulée* contient symétriquement les nombres

d'occupation initial et final. Comment alors se fait-il qu'en 1927 il n'ait pas énoncé son expérience pensée au moyen des propagateurs relativistes ? *La réponse est certainement psychologique* : *une croyance indiscutée en la causalité retardée.*

C'est ce préjugé qu'on récuse ici. On argue que *la mécanique ondulatoire,* avec son *interprétation statistique,* renouvelle la perspective, et ce *dès l'abord, en associant la réversibilité* de la *propagation de l'onde à celle de l'inversion de la probabilité.*

Revoyons alors en termes de propagateurs relativistes le *paradoxe* d'Einstein, dans la version proposée par Heisenberg [13] en 1928.

Heisenberg met le *paradoxe* en forme apparentée à l'effet Hanbury Brown-Twiss. Soit un faisceau laser de faible intensité divisé ½ ½ par un séparateur, les photons étant comptés un à un. *Ce n'est pas en O sur la lame* qu'a lieu l'occurrence aléatoire *mais aux comptages* en A et B, *parce que c'est par l'optique ondulatoire que se calculent les intensités transmise et réfléchie; en O a lieu une interférence.* Le double coup de dés est donc rétrotélégraphié vers la lame.

L'objection d'Einstein était donc triplement infondée : 1° Il s'y renie lui-même; 2° la symétrie de droit passé-futur est méconnue; 3° la relativité n'est pas violée.

Soulignons l'étroite parenté entre l'effet Hanbury Brown-Twiss et la corrélation EPR. Il y a dans les deux cas *corrélation du genre espace formalisée par la statistique quantique.* Les deux phénomènes sont expérimentalement avérés, et ce *sur des distances macroscopiques.*

Mais *point n'est besoin d'aller chercher si loin, car un phénomène astronomique banal illustre la rétrodiction statistique via l'onde avancée.* Le photon noircissant un grain d'un cliché *ne provient pas du point-objet figuré par ce point-image*; *il surgit à la détection*, de la superposition d'ondes issues des multiples sources photographiées. *C'est un phénomène de rétrocohérence.*

Les classiques invoquaient souvent un *principe de retour optique inverse* tenu pour *légal* bien que non contrôlable. Hé bien, *le retour optique inverse est du dernier banal en optique quantique.*

Après ma proposition de 1953 de nombreux auteurs ont prôné la rétrocausation via l'*onde avancée,* notamment Cramer [14] dans son *Interprétation transactionnelle de la mécanique quantique.*

En mécanique quantique relativiste la matrice S, illustrée par le graphe de Feynman, formalise [15,16] en termes Lorentz et CPT invariants une *corrélation de N préparations et mesures.* La *probabilité de transition* $(\varphi|\psi) \equiv$

$|<\varphi|\psi>|^2$ entre un *état préparé* $<\varphi|$ et un *état mesuré* $|\psi>$ s'entend en prédiction ou en rétrodiction. L'*amplitude de corrélation réversible hermitienne,* $<\varphi|\psi> = <\psi|\varphi>^*$, exprime l'*interférene* d'une *onde divergente préparée* $<\varphi|$ et d'une *onde convergente mesurée* $|\psi>$ *-rétroparée* dira Hoekzema [17]. Par exemple, si un photon *transite* entre deux polariseurs linéaires d'angle mutuel V = B - A, la *probabilité de corrélation* vaut $\cos^2 V$. S'il y a un enchaînement de *transitions,* la *formule de composition topologiquement invariante* $<\varphi|\psi> = \Sigma<\varphi|\zeta><\zeta|\psi>$ s'applique.

Dans une *corrélation EPR l'amplitude* s'écrit donc $<A|B>=\Sigma <A|O><O-|B>$; dans la corrélation EPRB » (B pour Bohm) les *états mesurés* A et B sont des polarisations linéaires de photons.

On va récuser à ce propos deux assertions récurrentes. Puisque les deux *questions* posées en A et B sont *indépendantes* et *arbitraires* il est *certainement faux* d'énoncer « une mesure de l'état $<A|$ fixe instantanément à distance l'état $|B>$»: *c'est oublier les deux conditionnels* en A et B. Les *probabilités jointes* des quatre paires de réponses possibles ont (1 notant *oui* et 0 *non*) les valeurs avérées $(1|1) = (0|0) = ½ \cos^2 V$ et $(1|0) = (0|1) = ½ \sin^2 V$ (où le contaire avec un autre type de « cascade »).

L'autre assertion invalide est « Deux particules issues d'une même préparation forment un seul système »; cela avait un sens en mécanique non relativiste de Schroedinger, qui formalisait un système de N particules par une équation à 3N variables. Mais l'algorithme relativiste adéquat est [15,16] la matrice S, dont le *graphe* figure la « toile » du télégraphe.

Einstein, refusant l'idée que « Dieu joue aux dés», n'envisagea pas une explication de ce type; Shimony, Bell, d'autres, non plus. Mais les expériences à double décision différée d'Aspect [18] et de Gisin [19] montrent *à l'évidence* qu'une mesure est bel et bien une *rétroparation.* Récemment Suarez [20] a avancé l'hypothèse *ad hoc* dite de la «multisimultanéité», qui contredisait à la fois la relativité et les quanta ! Elle a été réfutée par une expérience de Stefanov [21].

Qu'a donc de si révoltant l'idée de la rétrocausation, acceptée par les Euler, Bayes, Loschmidt ? Revêtue en mécanique quantique d'un uniforme *interférentiel,* elle y *opère sur des intervalles d'espace ou de temps* macroscopiques [22].

Interprétée alors [4] comme une *télégraphie ondulatoire d'information,* la physique des quanta est, selon Wigner [23], *une psychophysique.* Les nouveaux « conquistadors » devront donc s'habituer à la vue « d'étoiles nouvelles surgies d'un ciel ignoré ».

Psychocinèse et télégraphie supralumineuse. La formule d'inversion de Bayes suggère l'existence d'une *réciprocité psychocinèse-acquisition de connaissance.* Que l'une soit *normale* et l'autre *paranormale* relève alors de la jurisprudence, non du droit. En physique, on est ramené à *un choix d'unités pratiques*.

L'unité d'information, le *bit*, est adaptée à la logique binaire. L'unité thermique d'entropie, disons le *clausius*, dérive historiquement d'une définition de l'unité de température via l'équation des gaz parfaits pv = RT. *En fait* la constante R est un nombre petit (les classiques auraient pu poser R=1 *par définition* de la température lue sur un thermomètre à gaz parfait). Or, N notant le nombre d'Avogadro et k la constante de Boltzmann, on a R/N = k, où k log 2 est le facteur échangeant *information* I et *néguentropie* Ne via Ne/I = k log 2. De fait, « k est très petit parce que les molécules sont très petites »; c'est ainsi que pour nous « la connaissance est très bon marché mais l'organisation hors de prix ». Autrement dit, « *la connaissance est normale et la psychocinèse paranormale* ».

H. Schmidt, R. Jahn ont testé la psychocinèse comme *un phénomène petit mais répétable,* Jahn [24] a relaté ses travaux dans des Congrès Internationaux.

Une expérience « EPR plus PK » via la version de Heisenberg de l'expérience pensée d'Einstein serait très significative. Deux photocompteurs recevant les faisceaux séparés à partir d'un faisceau laser seraient l'un passif, l'autre « traité par un agent ». On prévoit que si « l'agent » augmente ou diminue « à volonté » le flux de photons sur «son» faisceau le flux sur l'autre faisceau sera diminué ou augmenté d'autant -une *télégraphie supra-lumineuse*. Ce serait même une « rétro-télégraphie » si « le faisceau observé » est replié par une fibre optique.

En bref, l'interprétation ici proposée de la *mécanique quantique relativiste* consiste en *la lecture littérale de ses équations.*

Références

[1] A. Einstein, in Electrons et Photons, Rapports et Discussionsz du Cinquième Conseil Solvay, Gauthier Villars, Paris 1928, p. 253-256.
[2] M. Born, Zeits. Phys. 38, 1926, 803.
[3] P. Jordan, Zeits. Phys. 40, 1926, 809.
[4] O. Costa de Beauregard, Found. Phys. 31, 2001, 837.
[5] A. Einstein, B. Podolsky, N. Rosen, Phys. Rev. 47, 1935, 777.
[6] O. Costa de Beauregard, C. R. Acad. Sci. 236, 1953, 1632.
[7] A. Einstein, Ann. Phys. 17, 1905, 32.

[8] J. S. Bell, Physics 1, 1964, 195.
[9] A. Shimony, in Proc. Intern. Symp. Foundations of Quantum Mechanics, S. Kamefuchi et al. eds, Phys. Soc. Japan, Tokyo, 1984, 225.
[10] H. Mehlberg, in Current Issues in the Philosophy of Science, H. Feigl et G. Maxwell eds, 1961, 105.
[11] J.D. van der Waals, Phys. Zeits. 12, 1911, 547.
[12] A. Einstein, Abhand. Deutsch Phys. Gesell. 18, 1916, 318.
[13] W. Heisenberg, Zeits. Phys. 43, 1927, 621.
[14] J. G. Cramer, Rev. Mod. Phys. 58, 1986, 647.
[15] O. Costa de Beauregard, Phys. Rev. Lett. 50, 1983, 867; also in
[16] O. Costa de Beauregard, in ref. 9, 233.
[17] D. Hoekzema, Found. Phys. 22, 1992, 467 et 487.
[18] A. Aspect, P. Grangier, R. Roger, Phys. Rev .Lett. 49, 1928, 1804.
[19] W Tittel, J. Brendel, H. Zbinden, N. Gisin, Phys. Rev. Lett. 81, 1998, 3563.
[20] A. Suarez, Phys. Lett. A 269, 2000, 293.
[21] A. Stefanov et al., Phys. Rev. Lett. 88, 2002, 120404.
[22] W. A. Miller and J.A. Wheeler, in ref 9, 140.
[23] E. P. Wigner, Symmetries and Reflections, M.I.T. Press 1967; Remarks on the mind body problem, p.181-184.
[24] R. Jahn et B. Dunne, in Bergson and Modern Thought, A. Papanicolaou et P.A. Gunter eds, Harwood London, 1987, 271; in The Concept of Probability, E. I. Bitsakis and P.A. Nicolaides eds, Kluwer Dordrecht 1909, 167: in Bell"s Theorem, Quantum Theory and Conceptions of the Universe, M. Kafatos ed, Kluwer, Dordrecht, 1989, 238.

Reçu le 14 octobre 2003.