

En marge de l'article de Giuseppe Longo sur Laplace, Turing et la géométrie impossible du « jeu de l'imitation »

Mioara Mugur-Schächter*

**A marginal adjunct to the article of Giuseppe Longo on Laplace,
Turing and the impossible geometry of the "game of imitation"**

La lecture de ce travail m'a paru particulièrement intéressante, tout autant par les informations gagnées que par la structure d'accords et désaccords qu'elle a suscitée dans mon esprit. Cette dernière, bien entendu, s'est constituée par rapport à mon propre réseau de références. Mais ce qu'elle met ainsi en évidence mérite peut-être d'être communiqué.

J'annonce les points qui m'ont frappée dans l'ordre de leur apparition en cours de lecture, sans autre forme d'organisation globale.

Donc Turing pensait pouvoir *démontrer* qu'une MED (machine à états discrets) peut, avec un programme approprié, imiter de manière *absolument* indiscernable le comportement d'un cerveau humain qui ne pourrait se manifester à l'observation *que* modulo une interface discrète. (Au cours de son analyse Longo imagine ensuite plus généralement un système physique « continu » quelconque).

Mais une telle démonstration est-elle *concevable* ? Quel que soit un raisonnement concernant la possibilité d'une MED dont le comportement soit en toute circonstance indiscernable de celui d'un humain qui ne communique que via une interface discrète, ce raisonnement *doit* reposer sur certaines hypothèses : de rien on ne déduit rien. Donc, que la conclusion du raisonnement soit positive ou négative, on pourra toujours en douter en mettant en question tel ou tel trait d'une hypothèse admise de façon explicite ou implicite.

Laissons alors de côté les raisonnements, et admettons que l'on ait fabriqué matériellement une MED dont le comportement, dans les conditions posées, se montre indiscernable du comportement humain face au genre et au nombre de tests qu'on veut, et pendant une période aussi longue qu'on veut. Cette MED matérielle constituerait-elle une *preuve* par construction ? *Non*, elle ne pourrait convaincre qu'en *fait*, car en *principe* il resterait toujours possible que cette

* CeSEF (Centre pour la Synthèse d'une Epistémologie Formalisée), 01 47 45 42 14, mms@noos.fr

MED ne manifestât une « nature non-humaine » qu'encore plus tard (sauf bien entendu si l'on re-définissait circulairement ce qu'on appelle « nature humaine » par le comportement même de la MED fabriquée ; ceci d'ailleurs attire l'attention sur la *nécessité* de quelques définitions de référence) : à tout moment donné, la possibilité mentionnée dépouillerait de fondement une conclusion positive définitive énoncée à ce moment-là.

Bref, il me semble que la question soulevée est transcendantale en *ce* sens que, en principe, elle ne peut être tranchée que par position d'un *postulat*. Mais bien entendu, en *fait*, en une perspective seulement pragmatique, une conclusion positive qui s'imposerait assez longuement par la construction effective d'une MED matérielle mettrait fin au débat.

La remarque qui précède est triviale. Elle vaut aussi concernant la vitesse c de la lumière en tant que vitesse limite, ou la loi de la gravitation universelle, etc.. Seule une affirmation obtenue en tant qu'un théorème établi à l'intérieur d'un système *formel* est d'emblée définitivement valide, à l'*intérieur* du système. Mais j'ai voulu attirer l'attention sur le statut conceptuel des débats sur la question homme-machine, tout à fait actuels et courants : ce n'est pas un débat susceptible d'être tranché par des preuves.

* Je reviens sur ma remarque précédente, sous un angle un peu différent qu'introduit Longo. Il est intéressant et aussi étonnant en effet que Turing ait pu penser que deux séquences comportementales débitées dans l'observable de la même façon, mais qui ont des *genèses distinctes* (à savoir d'une part [(un programme MED)+(l'action sur le programme de perturbations aléatoires)] et d'autre part [l'émission via une interface discrète, du système physique continu étudié]) puissent être déclarées mutuellement indiscernables d'une manière absolue, définitive, i.e. face à *tous* les examens auxquels on pourrait concevoir de soumettre ces deux sortes d'outputs. Et cela sur la base de quoi ? Sur la base, exclusivement, du fait que (a) ces deux sortes d'outputs aient été – eux, individuellement – trouvés non-discernables lors d'une seule production, et (b) que les contenus de séquences individuelles de deux ensembles de tels outputs obtenus par un grand nombre de répétitions de paires comportant chacune une séquence de chaque sorte, aient également été trouvés non-discernables. Le père des procédés de calcul fondés sur l'effectivité, n'a pas perçu que cela ne suffisait *pas* et qu'en fait, avec la « preuve » concernant son « jeu », il amorçait une voie de raisonnement entachée de non-effectivité ! Quand aujourd'hui il paraît tellement évident que la classe des types concevables d'examens de comparaison pertinents ne peut être confinée a priori ; qu'une différence entre ces deux sortes de séquences d'outputs peut être révélée par une classe qui reste indéfiniment ouverte à l'invention de *meta-tests de tout ordre*, concernant les *structures globales* des deux ensembles d'outputs, au-delà de la simple indication énumérative de leurs contenus de

séquences ; qu'un méta-test de comparaison d'ordre supérieur à n simplement n'est pas constructible, *ni même CONCEVABLE*, avant que les structures globales aient déjà été qualifiées *face* à quelque grille de comparaison *donnée* d'ordre $n-1$, ce qui ne dit *rien* concernant le résultat que mettrait en évidence une autre grille d'ordre $n-1$, cependant que l'ensemble des grilles de tout ordre évolue en fonction des comparaisons définies et effectuées. On a l'impression que Turing n'avait aucune intuition de ce que veut dire, dans la pensée, « temps *créateur* » au sens bergsonien ou morinien, c'est à dire *processus de complexification* essentiellement novateur, essentiellement non prévisible.

Dans cet ordre d'idées il me paraît pertinent de signaler ceci.

A l'intérieur d'une « méthode de conceptualisation relativisée » que j'ai construite par explicitation et généralisation de la stratégie descriptionnelle impliquée dans le formalisme quantique^{1,2}, il apparaît que :

Deux entités-objet engendrées par deux opérations différentes de génération d'entités-objet, *DOIVENT* être conçues *a priori* comme capables de manifestations observables différentes, factuelles ou conceptuelles ou mixtes, face à au moins une « vue » (grille) d'examen (cf. réf. 1 pp. 132- 147).

Admettre le contraire serait une gigantesque *fausse absolutisation* qui précipiterait dans l'illusoire et le non-sens. Dans le cadre de la méthode citée cette conclusion n'est pas construite par une déduction au sens de la logique formelle. Mais *elle s'impose* clairement par une déduction au sens de la logique courante, celle initiée par Aristote, qui ne tente nullement de séparer les formes logiques des substances sémantiques qui les engendrent. Alors, puisque la méthode de conceptualisation relativisée est construite par explicitation et généralisation de la stratégie cognitive impliquée dans le formalisme quantique, on peut affirmer que les traits structurels fondamentaux de cette stratégie tranchent *a priori* le problème considéré dans le « jeu » de Turing, à savoir en réfutant au sens de la logique courante la conclusion qu'en a tirée Turing. Donc, en ce sens, les traits structurels fondamentaux de la stratégie cognitive impliquée dans le formalisme quantique corroborent la conclusion que, de son côté, installe aussi l'analyse très fine de Longo, bien que cette dernière analyse soit développée sur des bases entièrement différentes. Cette convergence mérite d'être notée.

Mais j'irais plus loin. Lorsqu'on l'examine de près, la stratégie cognitive impliquée par le formalisme quantique révèle une certaine

¹ Mugur-Schächter, M., *Quantum Mechanics versus a Method of Relativized Conceptualization*, in *Quantum Mechanics, Mathematics, Cognition and Action: Proposals for a Formalized Epistemology*, M. Mugur-Schächter and A. van der Merwe, Kluwer Academic Publishers, 2003.

² Mugur-Schächter, M., *Objectivity and Descriptive Relativities*, Foundations of Science Vol.7, Nos 1-2, 2002.

sorte d'universalité (cf. réf. 1 pp. 119-130), et la méthode de conceptualisation relativisée a englobé cette universalité dans un cadre qui, me semble-t-il, a été poussé jusqu'aux extrêmes limites de la généralité. Pour ces raisons il vaudrait peut-être la peine d'examiner l'idée qu'il conviendrait de poser comme *principe général* qu'il est toujours possible de trouver ou de construire un moyen de discerner l'une de l'autre deux entités-objets produites par deux opérations de génération différentes, physiques ou abstraites ou mixtes. Un tel principe ne serait d'ailleurs qu'une façon d'affirmer jusqu'au bout le choix d'un mode causal de représentation.

* J'arrive maintenant à la question des probabilités quantiques. Longo touche cette question à partir d'une autre : est-il possible de distinguer entre « aléas » – i.e. du « *proprement* probabiliste » – et chaos déterministe ?

Je commence avec une déclaration. Je me refuse à parler de systèmes « *proprement* aléatoires » qui en physique classique n'« existeraient » pas parce qu'ils n'y seraient que du chaos déterministe, cependant qu'en mécanique quantique de tels systèmes « existeraient » parce que là les systèmes étudiés seraient soumis à des fluctuations « essentiellement aléatoires » (car « Dieu, lui, sait vraiment jouer aux dès, mais seulement en dessous du h de Plank »), etc.. Il est vrai qu'il s'agit là de manières de dire qui actuellement circulent parmi les physiciens. Donc on ne saurait les reprocher à Longo spécifiquement. En outre on a l'impression que Longo n'en est pas dupe. Mais je voudrais indiquer d'une manière taillée à la serpe pour quelles raisons je les bannis, car il s'agit ici de l'essence de la question du réalisme. Ni plus ni moins..

Les descriptions probabilistes de la mécanique quantique ont certaines caractéristiques extrêmes et qui, comme je l'ai déjà mentionné, sont douées d'une sorte particulière d'universalité. L'explicitation détaillée de ces caractéristiques et de leur genre d'universalité révolutionne le calcul des probabilités, la logique, et plus généralement l'entière épistémologie. Cependant qu'en se limitant à les indiquer par des expressions comme « probabilités *intrinsèques* » ou phénomènes « *proprement* aléatoires », ou encore « probabilités *essentiels* », on n'en dit rien de défini. On ne fait que jeter une couverture verbale qui cache des questions fondamentales, et aussi des différences fondamentales d'attitude intime, tout en suggérant faussement d'obscurs absolus ontologiques, des vagues suppositions de caractères « en soi ».

Les entités-objet des descriptions quantiques sont les *états* de microsystemes (microétats). Ce sont des entités hypothétiques qu'aucun homme n'a jamais perçues directement. La mécanique quantique accomplit *la toute première phase descriptionnelle* de ces entités-objet. Il n'en va *pas* de même pour un jeu de dès où interviennent des dès que chacun perçoit et connaît à l'avance et où les lois de probabilités posées a priori dans l'espace de probabilité de l'expérience aléatoire introduite par les règles du jeu, sont construites

en tenant compte de propriétés permanentes assignées préalablement à ce qu'on appelle « dès » (symétries qui entraînent certaines équipartitions a priori de base). Et il n'en va pas ainsi non plus concernant une dynamique définie par des équations données explicitement, qui permettent de calculer la répartition des probabilités à poser sur un ensemble de trajectoires dynamiques correspondant à un ensemble de conditions initiales quelconques mais *spécifiées* (je fais abstraction de l'effet des approximations introduites par des unités de mesure employées lorsqu'il s'agit de mesures physiques). Cependant qu'en mécanique quantique l'entité-objet étudiée, un microétat, est, en général, *strictement inconnue à l'avance* et en conséquence de cela la loi de probabilité liée à telle ou telle parmi les sortes de manifestations possibles de ce microétat, elle non plus, *n'est pas calculable a priori*. La théorie quantique n'affirme que l'*EXISTENCE* de ces lois³, elle ne comporte en général aucune indication pour calculer a priori leur forme. Mais elle statue en quel sens et comment ces lois de probabilité peuvent être induites d'expériences. Cette situation conceptuelle est rarement perçue clairement et exprimée d'une manière tranchée.

Je m'explique. On parle couramment de « tel ou tel » microétat, ou d'un microétat « donné » et de la connaissance de « ce » microétat au sens de la mécanique quantique. Mais *que* veulent dire ces expressions ? C'est là, dans la réponse à cette question, que se niche l'essence de la stratégie cognitive impliquée dans le formalisme quantique. J'ai analysé ailleurs cette stratégie en grand détail⁴. Ici je n'en dis que ceci.

Comment trouver une façon de spécifier *en tant qu'objet possible d'une étude ultérieure* une entité du type de ce qu'on imagine lorsqu'on *pose* pour elle à l'avance la désignation verbale « microétat » ? Comment associer – d'une manière communicable – à cette désignation verbale pré-décidée, un désigné factuel *stable* ? *AVANT* de savoir *quoi que ce soit* qui concerne cette entité-objet spécifiquement, *elle*, parmi toute la *classe* désignée a priori par le terme générique d'accueil « un microétat » ? C'est un problème très fondamental et que la stratégie cognitive impliquée dans le formalisme quantique a résolu – implicitement – d'une manière

³ L'affirmation de seulement l'existence d'une loi de probabilité soulève déjà des questions qui à ce jour n'ont pas obtenu une réponse. A cause de cela Kolmogorov et Chaitin ont dénié au concept de probabilité le statut de « concept fondamental » et ils ont refusé la théorie de l'information de Shannon qui se fonde sur le concept de probabilité. Ils ont amorcé en outre une théorie de la complexité qui fait *abstraction* du concept de probabilité et que Chaitin développe à ce jour.

⁴ Mugur-Schächter, M. :

- A. *Les leçons de la mécanique quantique...*, Le Débat, No. 94, Gallimard, 1977
- B. *Mais pourquoi la mécanique quantique ? Pour atteindre les racines de la connaissance*, proposé pour publication. Voir aussi réf. 1 pp. 120-130 et réf. 2 pp. 81-90.

originale qui tient compte à la fois, et des faits, et des contraintes que le langage exerce sur la pensée. Il s'agit d'une *décision méthodologique* : Soit une *opération macroscopique* impliquant certains macro-appareils et certaines macro-manipulations de ceux-ci définies par la spécification d'un nombre fini de paramètres macroscopiques. Admettons que cette opération est reproductible en ce sens que, abstraction faite des fluctuations inévitables comportées par le caractère nécessairement discret des unités de mesures à l'aide desquelles on contrôle les paramètres d'état des appareils et des opérations impliquées, les valeurs de ces paramètres peuvent être ré-établies « identiquement ». En ces conditions, sur la base de certaines données expérimentales et théoriques déjà disponibles dans la pensée scientifique constituée précédemment, on *pose* que l'effet d'une réalisation de l'opération considérée est ce qu'on appelle un « microétat ». Et l'on *pose* aussi que chaque fois que l'opération considérée est re-produite conformément à sa définition macroscopique, le microétat qu'elle produit est le « même ». On peut alors noter G l'opération, dire que c'est une *opération de génération d'un microétat*, et noter me_G le microétat correspondant.

QUOI QUE SOIT l'effet de l'opération G , c'est toujours *CELA* « le microétat produit par une réalisation de l'opération de génération G », et c'est *CELA* qui est mis dans le rôle d'entité-objet de la description quantique à construire.

Il est important de réaliser que si on ne procédait pas de cette façon on n'aurait aucune possibilité de commencer l'action descriptionnelle voulue, car on ne disposerait d'aucune manière de « fixer » en tant qu'entité-objet un microétat particulier. On n'aurait donc pas quoi vouloir décrire, pas de bout de fil pour commencer à décrire. En effet :

En logique classique, en sciences classiques, dans toute la pensée courante, une entité que l'on place dans le rôle d'entité-objet afin d'en faire une description est supposée *pré-exister* en tant qu'« objet » *tout court* ; en tant qu'objet doté de « propriétés » déjà *actuelles* dans cet objet lui-même (i.e. *pas* en tant que des effets d'*interactions* de l'objet avec une grille de qualification). Alors on peut se « donner » cet objet *par prédication* – au sens de la grammaire, pas au sens des mathématiques – de telle ou telle propriétés qu'il posséderait de par lui-même, par exemple en disant « considérons la table *marron* et mesurons sa longueur » cependant qu'on se trouve dans une pièce où se trouve une seule table marron. Face à la mesure désirée, de longueur, la qualification « marron » est pré-acquise et elle jouit d'un consensus d'appellation qui détermine clairement de quelle table il s'agit. L'acte de description *nouvelle*, la description recherchée, celle de la longueur de cette table, commence après cette mise en jeu de la table en tant qu'entité-objet à l'aide d'une qualification déjà disponible à son sujet. C'est à dire à l'aide d'une autre *description* déjà accomplie à son sujet. En d'autres termes, selon la logique classique toute description nouvelle est

fondée ainsi sur des descriptions pré-existantes. Des descriptions en tas « jusqu'en bas ». On ne demande pas comment un tel tas *commence*.

Mais pour un microétat on ne dispose d'aucune description préalable qui permette de l'introduire par prédication. Afin d'obtenir un microétat disponible pour des qualifications futures il faut donc le « définir » d'une *autre* manière. D'une manière a-conceptuelle, purement factuelle, non-prédicative. L'opération de génération G macroscopique et répétable remplit précisément cet office indispensable. Mais elle ne peut accomplir ce rôle que *si et seulement si* elle est associée aux décisions méthodologiques que je viens de mentionner. Car dès qu'on pose pouvoir produire « le microétat me_G qui correspond à G » autant de fois qu'on voudra et que toujours ce sera le « même » microétat, on *peut* entreprendre de l'étudier. On peut non seulement expérimenter avec lui, mais aussi en parler et raisonner le concernant. Tandis que si l'on ne posait pas que l'opération de génération G, à chaque fois qu'elle est reproduite, engendre le même microétat, alors G – d'emblée – pourrait être tout au plus regardé comme définissant tout un *ensemble* correspondant de microétat. Or cela ne serait ni plus ni moins fondé que le postulat que l'opération de génération G définit « un » microétat correspondant, toujours le même. Et en outre un tel choix laisserait sans définition aucune le concept d'un microétat individuel. *Démarrer* la conceptualisation de cette façon serait bâtir sur un vide initial. Tandis que démarrer en imaginant par méthode que chaque production de G engendre le même microétat me_G , laisse *ouverte* la possibilité de revenir sur la question de « mêmité » plus tard, lorsqu'on aura déjà accompli une première description : rien n'empêche de tenter ensuite une méta-description plus spécifiante. On voit en quel sens il s'agit d'un choix méthodologique.

Ceci acquis, continuons. Comment maintenant *qualifier* une entité-objet qui n'atteint pas le niveau de l'observable par l'homme et concernant laquelle on ne connaît rien en dehors de ce qu'on a posé soi-même, à savoir juste une dénomination *générique* de « microétat » et une désignation spécifique *a-conceptuelle*, opérationnelle, « le microétat produit par G » ? Cela, on le sait bien, est réalisé à l'aide de mesures « quantiques » $M(X)$ de telle ou telle grandeur dynamique X (position, énergie, quantité de mouvement, etc.) re-définie dans le formalisme quantique. C'est à dire en soumettant cette entité-objet à certaines interactions avec des appareils de mesure macroscopiques, soumises aux conditions suivantes : (a) Un processus $M(X)$ pour mesurer sur le microétat me_G la grandeur X, doit être *tel* qu'il amène le microétat étudié à produire une marque observable μ_{X_j} sur l'enregistreur de l'appareil utilisé, ce qui en général *CHANGE* ce microétat ; (b) sur la base des données théoriques dont on dispose concernant ce changement *et* d'hypothèses que l'on fait plus ou moins explicitement concernant un microétat en général, tout impact observable μ_{X_j} doit pouvoir être doté d'une signification en termes d'une valeur X_j de X qui

« corresponde » à la marque observée μ_{X_j} selon un *code* incorporé aux re-définitions quantiques de la grandeur X et de ce qu'on appelle une mesure $M(X)$ de X . Or ainsi, au bout du compte, on se trouve muni exclusivement de certains renseignements concernant les interactions de mesure entre le microétat étudié, et un appareil de mesure. *Les propriétés du microétat étudié lui-même restent clairement hors d'atteinte*. Ce qu'on arrive à connaître est *foncièrement* relatif – à la fois – au microétat étudié *et* au processus de mesure accompli :

Au cœur de la science moderne, la mécanique quantique illustre, et en termes explicites et *mathématisés*, le postulat kantien fondamental de l'impossibilité de connaître « la chose en soi » !

Et elle illustre ce postulat en un sens *radicalisé*, approfondi. On sait bien que la propriété d'un corps dit *être* « rouge », d'émettre une radiation qui produit nos perceptions de « rouge », est distincte de la qualia que nous ressentons en percevant ce corps, et qu'en ce sens la propriété elle-même échappe à notre connaissance directe. Mais rien ne semblait interdire de concevoir que quelque propriété, même si aucune science ne l'a encore spécifiée et *même si elle était inimaginable*, néanmoins pré-existe à cette qualia perçue, d'une façon qui est stable et *indépendante* de notre perception de la qualia. Tandis que la valeur X_j d'une grandeur X dont on dit qu'elle qualifie le microétat étudié, en général ne peut pas être conçue comme pointant vers quelque propriété assignable à ce microétat indépendamment de la marque observée μ_{X_j} . En outre au bout de l'interaction de mesure qui a engendré la marque μ_{X_j} codée X_j , le microétat étudié en général *n'existe plus*, il a été « consommé » par l'interaction de mesure et l'enregistrement de μ_{X_j} . La distance entre le connu et « la chose en soi » s'accroît et son contenu s'explicite. La distinction entre « entité-objet *de description* » et « objet », s'accuse.

Mais continuons. Puisqu'en général un processus de mesure $M(X)$ change « le microétat me_G produit par G » et en ce sens le consume, afin de vérifier le résultat d'une mesure $M(X)$ il faut produire un autre exemplaire de microétat me_G et accomplir une autre séquence [(une opération G de génération du « microétat me_G produit par G »).(une opération de mesure $[M(X)]$), en bref $[G.M(X)]$. Plus généralement, il faut accomplir des *répétitions* d'une séquence $[G.M(X)]$. *Si pour tout G et tout X les répétitions d'une séquence $[G.M(X)]$ donnaient toutes un même résultat μ_{X_j} interprétable comme une et même valeur X_j de la grandeur X , alors on pourrait dire que la mécanique quantique est une théorie individuelle des microétat, au sens que ce n'est pas une théorie probabiliste. Mais *ce n'est pas ainsi que les choses se passent*. En fait, quel que soit G , les répétitions de séquences $[G.M(X)]$ ne donnent *JAMAIS* toutes un même résultat pour *tout* X . Elles peuvent, pour certains G , donner un même résultat pour *une seule* grandeur X – on dit alors que G a créé un état propre de X ou que l'opération de*

génération G est une « préparation » d'un état propre de X^5 – mais en ce cas les résultats restent dispersés pour toutes les autres grandeurs dynamiques $X' \neq X$. Et même cela ne se réalise nullement pour toute opération de génération G. En général, pour une opération de génération G quelconque, les mesures de toutes les grandeurs dynamiques X définies dans le formalisme quantique produisent des résultats ayant une dispersion *non-nulle*. Heureusement celle-ci obéit à une certaine légalité probabiliste. Sinon il n'y aurait pas une science des microétats. En effet pour chaque paire (G,X) donnée il « existe » une convergence des fréquences relatives des valeurs enregistrées, toujours la même lorsque cette paire là est mise en jeu. Cela sur tous les univers $\{X_1, X_2, \dots, X_j, \dots\}$ de valeurs assignables à toute grandeur dynamique X. Mais le point essentiel, dans le contexte présent, est le suivant.

L'impossibilité, pour tout microétat me_G engendré par toute opération de génération G, d'assurer une absence de dispersion des résultats de mesure pour toute grandeur X, est une *impossibilité THÉORIQUE, inscrite dans le formalisme quantique lui-même*.

C'est cela, je crois, qui au départ a beaucoup contribué à installer l'expression de probabilisme « essentiel » des microétats : le fait que lors de répétitions de séquences [G.M(X)] où G est à chaque fois le « même » selon sa définition à l'aide de paramètres macroscopiques, on obtient en général des résultats dispersés, sans disposer d'un modèle théorique qui permette d'expliquer la dispersion (cf. les refs. 1, 2 et 4). Car dans le cas des phénomènes probabilistes décrits par les disciplines classiques, toute dispersion observée est considérée comme n'étant que *factuelle et d'approximation*, cependant qu'au plan théorique rigoureux tout est déterminé. (D'ailleurs Longo fait explicitement cette remarque). Théoriquement, un jeu de dès est régi par des équations dynamiques déterministes mais qui définissent une évolution « chaotique » que – d'un point de vue pragmatique – il convient de « probabiliser ». Théoriquement, un système d'équations qui définit une famille de trajectoires ayant une grande sensibilité aux conditions initiales, n'a rien de probabiliste non plus ; les

5 Souvent on *identifie TOUTE* opération de génération d'un microétat, à une « préparation » à partir du microétat à étudier, d'« un état propre de telle ou telle grandeur X ». Or une telle « préparation » est une phase nécessaire d'une *mesure* M(X) accomplie sur le microétat étudié qui, lui, a dû être introduit précédemment de quelque manière. *En particulier*, une « préparation » de mesure peut jouer elle aussi le rôle d'opération de génération G d'un microétat, et alors elle peut être suivie soit directement d'un enregistrement d'une valeur propre X_j de X, soit d'une autre sorte de mesure M(X') avec $X' \neq X$. Mais il ne s'agit là que d'un cas très particulier que la pratique des physiciens dépasse couramment. Cette identification usuelle, arbitrairement réductrice, de toute opération de génération d'un microétat, avec une phase d'une opération de mesure, manifeste à quel point la stratégie cognitive de la mécanique quantique reste encore obscure à ce jour même (cf. la réf. 1 pp. 153-159 et tout spécialement pp. 160-164).

probabilités ne s'introduisent que lorsqu'on veut estimer par des mesures physiques accomplies sur un système physique, la fréquence relative de telle ou telle évolution dynamique appartenant à la famille, ce qui est un méta-problème (impliquant des approximations exigées par le caractère discret des unités de mesure). Le fait que la théorie quantique, elle, n'offre pas en principe un modèle déterministe de microétat est sans analogue dans une autre théorie scientifique. En outre on pense souvent que dans le cas d'un microétat un modèle théorique déterministe pas seulement est absent de la théorie existante, mais qu'il serait même impossible. Enfin, on pense aussi quelquefois que les descriptions quantiques seraient essentiellement indéterministes parce qu'elles dépendent de la constante h de Planck en dessous de laquelle rien n'est plus contrôlable rigoureusement (« Dieu y joue au dès »).

C'est à tout cela sans doute que fait allusion Longo lorsqu'il écrit : « un courant important de la physique moderne considère l'indéterminisme comme inhérent à la physique quantique et les probabilités comme intrinsèques à cette approche de la physique ». Inhérent à la *physique* quantique en tant que *représentation* construite par l'homme, ou au *réel* « quantique » « tel-qu'il-est-vraiment-en-lui-même » ? On peut avoir l'impression d'une brève oscillation là-dessus, que suit immédiatement un rétablissement, par la spécification que les probabilités quantiques seraient intrinsèques à *cette approche* de la physique. Personnellement je ne doute pas que Longo lui-même ne se laisse pas glisser de représentation en assignation ontologique, car je sais que partout dans ses manifestations il combat explicitement les ontologisations. Mais en ce qui concerne le « courant important de la physique moderne » qu'il cite, il ne me paraît pas sûr du tout que ce glissement y soit toujours évité. Quoi qu'il en soit, je pense que ce point mérite quelques brèves considérations explicites.

Tout d'abord, l'absence d'un modèle déterministe est un fait de *connaissance*, tout autant que l'existence d'un modèle déterministe. En tant que tel ce n'est pas un fait qui puisse admettre sans danger d'équivoque l'emploi d'expressions comme « proprement aléatoire » ou « essentiellement aléatoire », avec leurs fortes connotations absolues et définitives d'en soi.

Quant à l'affirmation d'impossibilité d'un modèle, elle ne découle d'aucune preuve. Elle n'est qu'une hypothèse, une croyance que l'on est libre d'adopter, ou pas⁶. Si demain on produisait une

⁶ M. Mugur-Schächter, *Etude du caractère complet de la mécanique quantique*, Gauthier Villars 1964. J'y ai donné la première invalidation rigoureuse et détaillée du célèbre théorème d'impossibilité de von Neumann (von Neumann, J., *Mathematical foundations of quantum mechanics*, Princeton University Press, 1955), en mettant en évidence son caractère circulaire. Pendant un certain temps cette invalidation a été assignée à un travail de J.S. Bell qui a été publié *deux années plus tard*, mais en anglais (Rev. of Mod. Phys.,

nouvelle variante de théorie quantique où l'on peut construire un modèle déterministe pleinement acceptable de microétat et de processus de mesure quantique (l'école de de Broglie-Bohm en est moins loin qu'on ne le pense), alors ce modèle, à l'intérieur de cette théorie, centrerait autour de lui les probabilités quantiques en un sens tout à fait similaire à celui dans lequel des équations dynamiques centrent autour d'elles les distributions de probabilités des trajectoires dynamiques observées par des mesures sur un système physique décrit par ces équations.

Enfin, la constante de Planck n'empêche nullement a priori la possibilité de concevoir un modèle théorique déterministe de microétat. La constante h joue le rôle d'un seuil en dessous duquel aucun concept d'entité-objet-de-description ne peut être *fixé*. Une entité physique liée à moins qu'un seul h est conçue dans la physique quantique comme étant à tel point dépourvue de toute structure accomplie et stabilisée, de tout contour défini, qu'elle ne représente pas une « chose » que l'on puisse nommer et répertorier, ni a fortiori *étudier*. Tout ce qui peut être étudié comporte une ou plusieurs unités h d'action. Dans les conceptualisations construites par nos esprits, ce qui n'implique qu'une action inférieure à un seul h est un état tellement transitoire dans cette fameuse substance physique primordiale dont on pose qu'elle peuple le vide, qu'il ne peut que contribuer aux formes des micronuages que l'on pourrait peut-être imaginer comme émergeant et voyageant au gré des turbulences « sub-quantiques », cependant que s'accomplit une vibration comportant un h entier. Alors quel sens cela peut-t-il avoir de dire que « Dieu ne joue aux dés qu'en dessous d'un h » quand en dessous d'un h il n'y a pas de dés parce que *rien* de stable n'est conçu ni nommé et que notamment le concept même de probabilité n'est pas encore constructible ? Les *lois* quantiques, elles, expriment certaines *invariances* dénommées qui soit impliquent des nombres entiers de h , soit ne dépendent pas explicitement du nombre des h impliqués.

Bref, je tiens que la singularité fondamentale des probabilités quantiques n'est pas convenablement exprimée en disant qu'il s'agit de probabilités « essentielles », « intrinsèques », etc.. Je préfère parler tout simplement de *probabilités quantiques* et de spécifier en détail en quoi consiste leur singularité. Car cette singularité – qui est épistémologique elles aussi comme *tout* trait de toute *description* – provient du fait que j'ai déjà signalé que les descriptions quantiques concernent les toutes premières sortes de manifestations observables impliquant les entités décrites ; qu'elles concernent des entités qui n'ont pas été conceptualisées auparavant en termes d'objets tout court (cf. la réf. 1 pp. 152-160, 206-233, 256-286). Ce sont des probabilités qui concernent directement et exclusivement les résultats « transférés dans l'observable » d'interactions entre, d'une part une

38, 447, 1966). Finalement l'ordre de priorité a été établi, et en outre aujourd'hui l'opinion moyenne des physiciens concernant cette sorte d'impossibilité a beaucoup faibli.

entité-objet qui, bien que dénommée via une décision méthodologique, est strictement *non-connue* à l'avance, elle, spécifiquement, et d'autre part des appareils qui produisent la toute première strate de qualifications observables impliquant cette entité. En conséquence de quoi cette entité, *un fragment de pure factualité physique*, se trouve injectée à la base de l'univers des *connaissances*. A partir de là désormais peuvent se développer indéfiniment d'autres descriptions qui impliquent cette entité, des *méta-descriptions* d'ordres quelconques qui spécifient de plus en plus, et diversement, la description transférée de base par laquelle on a piégé un fragment de factualité physique. Notamment des « objectifications » de celle-ci, c'est à dire des modélisations en termes d'« objets ». C'est cette singularité-là qui, une fois explicitée, révolutionne les probabilités, la logique et en général l'épistémologie. Tout d'abord la mise en évidence de fragments de pure factualité physique piégés et injectés à la base de la conceptualisation par des descriptions transférées, *tranche la vaste question de la référence* (cf. réf. 1) qui, avec Quine⁷ et ensuite Putnam⁸, van Fraassen⁹, etc., a envahi l'épistémologie et toute la philosophie moderne de la logique. Ensuite, elle introduit un concept arborescent de probabilité, enraciné dans le factuel physique, *les arbres de probabilité d'une description transférée* (réf. 1 pp. 256-291). Ce concept fonde et englobe le concept moderne d'espace de probabilité de Kolmogorov. Il met en évidence des méta-dépendances probabilistes qui expliquent et classifient ce qu'on appelle des « corrélations », et il fait apparaître que la logique et les probabilités possèdent des racines communes qui entraînent des relations intimes et complexes entre ces deux approches les plus fondamentales de la rationalité humaine. Il y a donc toute une structure de qualifications qui définissent les spécificités des « probabilités quantiques » et qui se généralisent à l'ensemble de la conceptualisation par l'homme de ce qu'on appelle « le réel ». On peut, bien sûr, juste pointer vers cette structure par telle ou telle expression verbale (probabilités « essentielles », etc.) mais ce n'est pas cela qui définira la structure. Cela ne fera qu'emballer l'imagination dans de faibles turbulences obscures.

⁷ Quine, W. V., :

- A. *Relativité de l'ontologie et quelques autres essais*, Aubier, 1969.
- B. *Le Mot et la Chose*, Flammarion, 1977.
- C. *Pursuit of truth*, Harvard University Press, 1990.

⁸ Putnam, H., *Reason, Truth and History*, 1981, reprinted: 1982, 1985, 1986, 1987, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1997.

⁹ Van Fraassen, Bas, *The Empirical Stance*, Yale University Press, 2002.