

### **3.3 Le paradoxe du doveteleur universel**

#### **Brièvement**

*Le mécanisme nécessite un cadre philosophique non matérialiste. Ceci est une conséquence du paradoxe du graphe filmé (PGF) et d'une utilisation conceptuelle du rasoir d'Occam. Cette situation entraîne une forme de réalisme modal et se trouve à la base d'un nouveau paradoxe que j'appelle paradoxe du doveteleur universel (PDU). Il est argumenté qu'une solution du PDU constituerait à la fois une phénoménologie non matérialiste de la matière ainsi qu'une solution au problème du corps et de l'esprit en philosophie mécaniste.*

#### **3.3.1 Le problème du corps et de l'esprit**

Résoudre le problème du corps et de l'esprit (PCE) consiste à rendre compte de l'écart manifeste entre ce qui est généralement désigné par le corps (ou la matière, ou l'objet) et l'esprit, l'âme, le soi, le vécu, la subjectivité ou la personne (ou le sujet).

Face à cet écart, on peut, comme Bunge 1980, distinguer trois positions de base :

*i*- il s'agit d'un faux problème, il n'y a pas d'écart à combler.

*ii*- il s'agit d'un problème authentique, mais insoluble. L'écart existe mais ne peut être comblé.

*iii*- il s'agit d'un problème authentique et soluble. L'écart existe et peut être comblé.

L'idée selon laquelle il s'agit d'un faux problème peut être attribuée aux philosophes positivistes, behaviouristes ainsi qu'à certains philosophes analytiques qui refusent de s'engager ontologiquement. Le problème devrait se dissoudre dans une analyse conceptuelle du langage (comme celles tentées par Wittgenstein, Ryle, mais aussi Putnam d'une certaine façon).

L'idée selon laquelle il s'agit d'un problème authentique mais insoluble peut être attribuée à Hume 1739. Bunge et Webb mentionnent en outre le biologiste Emil du Bois-Reymond à ce sujet (Webb 1980, Bunge 1980).

L'idée selon laquelle il s'agit d'un problème authentique et soluble est défendue par une variété de chercheurs, notamment parmi les biologistes, les informaticiens, les physiciens.

Avec un peu de recul, la différence entre les trois positions peut ne pas être aussi tranchée. Si l'on adopte en effet la position suivante :

*il existe un système philosophique SP suffisamment expressif que pour pouvoir énoncer "le problème corps-esprit" et suffisamment puissant du point de vue déductif-inductif que pour pouvoir démontrer, ou inférer, que ce problème est nécessairement insoluble.*

alors celui qui défendait la position *i* peut, en présence de justification en faveur de SP, y trouver son compte dans la mesure où un problème qui *nécessairement* n'admet pas de solution peut être considéré comme un pseudo-problème. De même celui qui adopte la position *iii* peut s'estimer satisfait car s'il juge SP correct, la preuve de l'insolubilité du problème peut être considérée comme une méta-solution au problème. Celui-là semble, à présent, avoir *résolu* un problème insoluble et devra, d'une façon ou d'une autre, apporter des arguments en faveur de la consistance de SP, en précisant notamment la différence entre ce qu'est une solution de PCE et une méta-solution.

Avec la théorie de l'esprit basée sur G&G\*, motivée par la désindexicalisation des expériences par la pensée, il pourrait à première vue s'agir de la position à laquelle nous avons abouti dans ce travail. Le mécanisme indexical, avec l'indexicalité capturée par diagonalisation, permet d'interpréter G\* comme *une base* de la philosophie de l'esprit, vue comme la théorie de la vérité *sur* la machine auto(référentiellement et inférentiellement) correcte, et G\* peut jouer le rôle de SP (voir la deuxième

partie). Nous pouvons inférer que nous sommes des machines et démontrer que dans ce cas, certaines propositions vraies deviennent absolument indécidables ou que certains problèmes deviennent absolument insolubles. Il n'y a pas de contradictions (contrairement à ce qu'ont pensé Kalmar, Lucas, ... voir chapitre 2 section 5) cela exemplifie l'absolue indécidabilité (ainsi que l'incommunicabilité positiviste) du mécanisme. Cela est encore illustré, par exemple, par l'impossibilité de communiquer à une tierce personne le fait de pouvoir survivre à une expérience de translation, ou d'y avoir survécu, ou encore de reconnaître l'*autre* dans l'autoduplication.

Le problème du corps et de l'esprit, cependant, ne se dissipe pas aussi facilement. Le paradoxe du graphe filmé impose de justifier l'apparence locale de matière ainsi que la cohérence intersubjective globale. Le PDU va permettre en quelque sorte de *mesurer* la difficulté de cette tâche et de planter le décor arithmétique.

Je propose d'abord de regarder, de façon sommaire, les types de présupposés philosophiques relatifs aux formulations du problème du corps et de l'esprit. Ils peuvent être distingués par leurs formes d'engagements ontologiques respectifs. Cela nécessite un peu de vocabulaire philosophique.

### 3.3.2 Ontologie, rasoirs d' Occam et phénoménologie

L'ontologie s'occupe de l'être ou des êtres, de ce qui existe ou de la collection de ce qui existe. Par définition elle recouvre l'objet de l'éventuel engagement ontologique du philosophe. Elle constitue la réalité fondamentale que sa doctrine admet comme primitive. A cette occasion, le *rasoir d'Occam* (ou Ockham) est fréquemment invoqué pour justifier un engagement ontologique minimal. On utilise en effet le rasoir d'Occam pour satisfaire un principe de parcimonie : les entités existantes, selon ce principe, ne doivent pas être multipliées plus qu'il n'est nécessaire<sup>1</sup>. Dans la littérature, on rencontre différentes sortes d'interprétations du rasoir d'Occam, pris dans un sens élargi :

- *Les interprétations syntactiques* : on veut la plus petite (dans différents sens) théorie possible. C'est, en général, l'interprétation la moins intéressante. Une théorie minimale (incompressible) est toujours difficile à comprendre. Dans la pratique on utilise toujours des présentations redondantes des théories.

- *L'interprétation sémantique* : une première idée consisterait à avoir une théorie qui admet le moins de modèles possibles. Cette idée est

---

<sup>1</sup> Guillaume d'Ockham, théologien et moine franciscain (1285-1349). L'orthographe "Occam" est plus répandue. Le principe du rasoir d'Occam a été introduit pour des considérations théologiques. Selon Lee 1993, Occam aurait emprunté le principe au théologien et évêque Durand de Saint Pourçain (1270-1334). Le principe original s'énonce "*non sunt multiplicanda entia praeter necessitem*".

directement contrecarrée par les résultats de limitation des formalismes dès qu'on a des théories assez riches. Aujourd'hui la mode est plutôt aux théories ubiquistes, qui admettent de nombreux modèles permettant l'interprétation des théories dans des contextes très variés (groupes, catégories, foncteurs, etc.).

Une meilleure idée pour l'interprétation sémantique du rasoir d'Occam consiste plutôt à avoir le moins d'objets possibles dans le "intended" modèle d'une théorie, du moins lorsque cette théorie est destinée à décrire une ontologie.

- *L'interprétation conceptuelle* : on veut le moins d'hypothèses "ad hoc" possibles, ou de principes philosophiques, dans la théorie ou dans la philosophie. L'interprétation sémantique peut être considérée comme une interprétation conceptuelle particulière.

*Phénoménologie (définition)* : lorsque l'on rend compte, dans un cadre philosophique donné, d'un phénomène, sans engagement ontologique supplémentaire, je dirai qu'on a construit une phénoménologie. Cette construction utilise implicitement l'interprétation conceptuelle ou sémantique du rasoir d'Occam.

### 3.3.3 Philosophies de l'esprit et dualités

Les différentes philosophies de l'esprit peuvent être caractérisées par différentes sortes de dualités. Ces dualités opposent différentes formes d'engagement ontologique. Les principales dualités sont

Matérialisme / Immatérialisme  
Réalisme / Solipsisme  
Monisme / Dualisme

#### a) La dualité Matérialisme / Immatérialisme

- *Matérialisme* L'engagement ontologique du (pure) **matérialiste** porte (exclusivement) sur la matière (au sens large : matière-espace-temps, champs, ondes...). Outre PGF, mentionnons quelques difficultés intrinsèques du matérialisme. Les deux premières difficultés sont de nature philosophique a priori. La troisième difficulté est empirique.

1) Ou bien la matière est constituée de particules (champs, ondes) fondamentales et on est en droit de se demander de quoi elles sont constituées, dans quels milieux les ondes se propagent et quelle est la nature

de ce qui vibre, etc... On se demande alors si les difficultés n'ont pas simplement été postposées.

2) Si on nous répond que par définition les entités fondamentales ne sont plus susceptibles de décomposition, alors comment les définir autrement que relationnellement (comme les objets mathématiques dans l'approche fonctionnelle des mathématiques avec la théorie des catégories (pour citer la plus exemplaire de ces approches)). Dans ce cas cependant on se trouve en face d'une définition immatérialiste (ou positiviste) de la matière et même mécaniste si les relations primitives sont calculables ou RE (par exemple : la physique mathématique développable dans le topos effectif). On obtient un système mathématique capable éventuellement de justifier les apparences matérielles (les observations et les relations entre les observations), mais la matière repose à présent exclusivement sur la consistance (et l'indépendance) d'une portion des mathématiques (immatérielle). Il ne s'agit plus de matérialisme.

3) La conception *usuelle*<sup>2</sup> de la matière repose sur des hypothèses d'objectivités locales (reliant la causalité physique et le spatiotemporel ou la logique et la géométrie) qui ne sont pas compatibles avec a) le formalisme de la mécanique quantique (Einstein, Von Neumann, Kochen et Specker, Bell), b) avec les faits : Clauser et Horne, Clauser-Horn-Shimony-Holt, Aspect, voir annexe 5.

- *L'immatérialisme* L'engagement ontologique d'un (pure) **immatérialiste** porte (exclusivement) sur quoi que ce soit d'immatériel. L'engagement ontologique peut porter exclusivement sur des entités mathématiques comme des nombres (naturels, réels, etc...), ou des jeux (bridge, go, échecs) ainsi que des programmes, ou les fonctions calculées par ces programmes, etc. Dans le cas des jeux ou des programmes, on distingue l'entité, de son implantation et de ses manifestations singulières. L'engagement de l'immatérialiste peut être beaucoup plus large que ça comme Dieu, l'Esprit, les anges, l'éther, le software, l'information (par exemple dans le sens de Hofstadter 1979 : tout ce que l'on peut communiquer par téléphone) etc. Appelons simplement *esprit*, dans le sens d'un immatérialiste, l'être(s) immatériel(s) vis-à-vis duquel il s'engage ontologiquement. Selon son engagement ontologique particulier le pure immatérialiste pourra faire de la théologie, de la psychologie, de la biologie, de la mathématique, de l'informatique, ..., ou même de la physique, une discipline fondamentale.

---

<sup>2</sup> C'est aussi bien semble-t-il la conception de l'homme de la rue, que celle utilisée implicitement par quelques philosophes de l'esprit comme Churchland 1984 (*Mind and Matter*), et Dennett 1991 (*Consciousness Explained*). Par ailleurs on entend souvent la question "la science peut-elle expliquer la conscience ?", et rarement la question "la science peut-elle expliquer la matière ?". Cette différence de fréquence doit être liée au fait qu'aujourd'hui le (pur) matérialisme est plus répandu que le pur immatérialisme aussi bien chez les philosophes que chez les scientifiques.

### b) La dualité Réalisme / Solipsisme

*Le réaliste* pense que l'objet de son engagement ontologique le transcende. Il estime que l'ontologie (ce qui existe) existe indépendamment de lui. Le réalisme mathématique (souvent appelé *platonisme* chez les philosophes anglo-saxons) consiste à penser que la vérité mathématique est non conventionnelle et indépendante de soi (du mathématicien). Les mathématiciens qui prétendent ne pas faire de philosophie sont en général des philosophes (implicitement) réalistes (voir Smorynski 1983, MacLane 1986). Pour une défense d'une version ensembliste du platonisme mathématique voir Maddy 1988. Le platonisme admis ici sera limité aux références standards des énoncés arithmétiques<sup>3</sup>.

*Le solipsiste* (en tant qu'énonciateur d'une doctrine philosophique) réduit l'ontologie à lui-même : sans lui rien n'existe, un peu comme si le monde (son monde) était exclusivement le produit de son esprit, comme un rêve exclusivement personnel.

Il est capital de ne pas confondre le *sujet* solipsiste isolé dans la deuxième partie, et le *philosophe* qui professe (communique, tente de communiquer) la position philosophique du solipsisme. Le premier est muet, montre plus qu'il ne démontre et son solipsisme n'est pas prosélyte. Il est ontologiquement neutre. Le second est doctrinal et bavard, il nie *explicitement* l'existence de l'autre, ou de l'autre communauté etc.

Le sujet-solipsiste est solipsiste au niveau épistémologique et, si la théorie mécaniste du sujet (l'hypothèse mécaniste alliée au stratagème fort, voir 2.3) est correcte, tout le monde est "épistémo-solipsiste" dans le sens où la connaissabilité de toute machine autoréférentiellement correcte (preuve et inférence) peut être approximée par des extensions de IL (ou de son interprétation épistémico-temporelle donnée par S4Grz). Dans cette section, sauf mention explicite du contraire, j'entendrai par solipsisme, le solipsisme doctrinal, c-à-d le point de vue du *philosophe solipsiste* où l'engagement ontologique est *explicitement* restreint à *lui-même*, quitte à grossir ce "lui-même" démesurément.

Dès que l'on croit à l'existence indépendante d'un autre esprit (et donc à la possible indépendance d'un *autre*) on cesse d'être solipsiste et on adhère (implicitement au moins) à la doctrine du réalisme.

Celui qui croit à la fonction d'une assurance vie, au point d'être à même de prendre une telle assurance à l'insu de son conjoint, est automatiquement réaliste. (Pourquoi "à l'insu de son conjoint" ? : car celui

---

<sup>3</sup> Le réalisme ensembliste, comme celui de Maddy, me semble plus critiquable que le réalisme arithmétique. Le problème est lié à la confusion souvent faite entre un être mathématique, et sa représentation ensembliste. L'expression "*réalisme ensembliste*" admet-elle un sens "standard" qui soit pertinent pour toute activité mathématique. Certainement pas, et c'est la raison pour laquelle, depuis ZF, *les théories des ensembles* abondent. Le miracle est que, pour les nombres naturels tout se passe comme si un sens informel standard était partageable (bien que non communicable comme l'a constaté Dedekind, voir 2.1, etc.). La thèse de Church élève ce miracle au carré.

qui prend une assurance vie pour que son conjoint cesse de se plaindre sur cette question peut fort bien être solipsiste !).

Il n'est donc pas possible d'être à la fois *philosophe* solipsiste et réaliste. Il est possible, par contre, d'être à la fois matérialiste et immatérialiste comme Descartes. Il s'agit de la position dualiste dont je parle un peu plus loin.

On peut interpréter le terme solipsiste dans un sens plus large. En remplaçant *soi-même* par une *collectivité à laquelle on appartient*, on obtient une forme de solipsisme collectif. On peut dans ce cas concevoir des degrés divers de solipsismes qui sont alors compatibles avec diverses formes de réalismes (on croit ou on reconnaît l'autre à partir du moment où il appartient à la communauté à laquelle on s'identifie partiellement).

J'appellerai aussi *cosmosolipsisme* la doctrine qui nie l'existence d'autres univers.

### c) La dualité Monisme / Dualisme

Il est possible d'être à la fois matérialiste et immatérialiste.

Cette position, en philosophie de l'esprit, est elle-même pôle d'une dualité : la dualité *dualisme / monisme*.

Le philosophe moniste commet un seul engagement ontologique. Un philosophe dualiste en commet plusieurs.

Un moniste peut néanmoins croire en la manifestation phénoménologique de plusieurs entités indépendantes, mais elles sont constituées de manière telle qu'un engagement ontologique unique peut et doit, selon lui, rendre compte de leur manifestation phénoménologiquement distincte.

Par exemple le *monisme matérialiste* entend, qu'en principe, tous les phénomènes (observables) sont réductibles au comportement de la matière. La position matérialiste et moniste fait de la physique la science fondamentale (physicalisme). Un compte rendu phénoménologique des objets des autres sciences devrait pouvoir être extrait de considérations purement physiques.

Le monisme immatérialiste est souvent appelé *idéalisme*.

L'idéalisme peut lui-même être réaliste ou solipsiste. L'*idéalisme réaliste* est aussi appelé *idéalisme objectif*. L'*idéalisme solipsiste* est encore appelé *idéalisme subjectif*. Exemples : Celui qui identifie la réalité avec l'ensemble des fonctions partielles récursives (= l'école du dehors avec la thèse de Church) est idéaliste réaliste. Celui qui identifie la réalité avec l'ensemble des fonctions (totales) qu'*il* sait calculer est idéaliste solipsiste.

*Remarque* : Le mot *idéalisme* est souvent utilisé pour désigner l'*idéalisme subjectif* (par exemple Laplane 1987, Bergson 1919). Dans le présent contexte il s'agit de bien faire la différence.

Une caractéristique fondamentale du monisme réaliste (qu'il soit matérialiste ou non) est d'exiger *de plonger intégralement* le sujet dans l'objet, en l'occurrence de nous plonger dans le monde que nous étudions. Il fait du sujet un citoyen de *premier ordre* (métaphore à partir de l'"ordre" dans le sens des logiciens). C'est ce plongement qui, avec MDI, permet de concevoir une désindexicalisation de l'indexical et d'identifier localement des objets syntaxiques avec des objets sémantiques.

Le principe du *dualisme* en philosophie de l'esprit affirme l'existence (d'au moins) deux réalités primitives, en l'occurrence la réalité matérielle et une (ou *la*) réalité spirituelle auxquelles sont attribuées des natures différentes. Au contraire le principe philosophique du Monisme affirme que la réalité est *une*. Descartes est connu pour être l'initiateur de la position dualiste en philosophie (dualisme cartésien<sup>4</sup> de substance). C'est une position philosophique répandue, par exemple (Maddell, 1988) qui l'oppose au monisme matérialiste, comme d'ailleurs, Swinburne dans Schoemaker & Swinburne 1984, voir aussi Karl Popper & Eccles 1977, Penfield 1975.

### **3.3.4 Formulation générale du problème du corps et de l'esprit.**

L'expression "problème du corps et de l'esprit" (The mind-body problem) est elle-même une formulation *dualiste* du problème du corps et de l'esprit.

Il y a autant de formulations du problème du corps et de l'esprit qu'il y a de types de systèmes philosophiques.

#### *Exemples*

Pour le monisme matérialiste, le problème consiste à construire une phénoménologie de l'esprit;

Pour le monisme immatérialiste, le problème consiste à construire une phénoménologie de la matière;

Pour le dualiste, le problème consiste à construire une "*phénoménologie*" de l'interaction entre l'esprit et la matière. Le mot phénoménologie doit être pris ici dans un sens nécessairement différent et a priori difficile à préciser : c'est la faiblesse de base du dualisme.

Il me semble que le dualisme est motivé chez Descartes par le besoin de séparer la science, basée sur une philosophie mécaniste nouvelle, de la religion (voir 3.1).

---

<sup>4</sup> Il ne faut pas confondre le dualisme cartésien avec le dualisme platonicien (Trouillard page 25)

Au lieu de construire une phénoménologie, certains philosophes préfèrent argumenter contre l'idée que cette phénoménologie est nécessaire. Le matérialisme éliminativiste, par exemple (Churchland 1986) considère le discours du psychologue traditionnel, ou de *grand-mère*, comme vide de sens. De même, l'épiphénoménalisme -la conscience et l'esprit sont des épiphénomènes accompagnant en parallèle l'activité matérielle du cerveau- peut être considéré comme une sorte de dualisme éliminativiste.

Je tiendrai les tentatives explicites d'élimination (phénoménologique) de ce genre comme des élaborations phénoménologiques particulières. Si l'élimination est implicite et non accompagnée de justifications, alors on est, à nouveau, en présence des positions behaviouristes ou positivistes, positions qui sont stériles en philosophie de l'esprit.

*Remarque* De nombreuses confusions en philosophie de l'esprit proviennent du fait qu'on s'attache à préserver simultanément le mécanisme et le matérialisme, par crainte de l'idéalisme, lui-même confondu avec le solipsisme (l'idéalisme subjectif). Je traiterai deux exemples (chez Bell 1987, et dans le dialogue de Changeux et Connes 1989) de telles confusions.

### 3.3.5 Le plongement intégral du sujet dans l'objet (PISO)

Je rappelle que le monisme rend le plongement du sujet dans l'objet obligatoire. Voici quelques questions *diagonales* :

- Le **physicien** obéit-il aux lois de la **physique** ?
- Le comportement du **psychologue** est-il analysable en termes **psychologiques** ?
- Le **juriste** obéit-il aux **lois** (humaines) ?
- Les **zoologistes** sont-ils des **animaux** ?
- ...et les **botanistes** des **plantes** ?
- Un **médecin** peut-il être **soigné** ?,
- ... et un **barbier rasé** ?

Le sujet est celui qui étudie, évalue, ou applique (dans des sens très larges : en gros il s'occupe de quelque chose). L'objet est la collection (éventuellement structurée) des choses étudiées par un ou plusieurs sujets. Lorsqu' un sujet S étudie des objets d'un certain genre O, il se peut qu'il partage le genre des objets qu'il étudie :  $S \in O$ .

Par exemple les physiciens semblent obéir aux lois de la physique : un physicien de masse  $m_1$  attire un physicien de masse  $m_2$  de façon inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare par attraction gravitationnelle. Bien entendu cette interaction est négligeable en ce qui concerne l'étude du comportement des physiciens et ce comportement est avantageusement abordé par les psychologues ou les philosophes des sciences.

Néanmoins nous avons vu en 1.2 que des disciplines différentes pouvaient chacune conduire à des théories (formelles ou informelles) différentes mais néanmoins aussi complètes l'une que l'autre et compatibles.

La question de principe est dès lors : le comportement, les croyances, ainsi que la constitution du physicien sont-ils analysables *en principe exclusivement* dans les termes des théories que le physicien tente d'inférer à partir de l'observation de la nature (indépendamment du fait qu'une telle analyse ne soit pas avantageuse du point de vue pragmatique local) ?

Admettre alors la possibilité d'une réponse affirmative à cette question revient par définition à admettre la possibilité d'un plongement *intégral* du sujet physicien dans l'objet physique.

Lorsque clairement  $S \notin O$  (le botaniste n'est *pas* une plante), la question ne se pose a priori pas. Cependant le botaniste est, comme le zoologiste, un animal et le botaniste découvrira que les animaux et les plantes sont biologiquement très dépendants, si bien que de façon indirecte le botaniste peut en venir à étudier des cycles parmi lesquels lui-même participe. Je dirai alors qu'il y a seulement *intrusion* du sujet dans l'objet.

En ce sens l'importance croissante de l'écologie à l'échelle planétaire peut être liée au fait que l'homme perçoit, de façon croissante, sa propre intrusion, grandissante elle aussi, dans l'évolution de la nature.

Donc même si  $S \notin O$  (le sujet n'appartient pas à la collection des objets qu'il étudie) il se peut qu'il joue un rôle dans l'articulation de ces objets, si bien qu'il se peut qu'il doive s'étudier au moins partiellement lui-même (en tant que sujet *et* objet) lors de son étude de  $O$ .

De même, autre exemple, un psychanalyste peut devoir réfléchir sur son propre comportement face à un patient qu'il constate influencer.

De même encore, les physiciens quantiques sont obligés de tenir compte du choix (opéré par *eux*) du dispositif expérimental pour interpréter les résultats de l'expérimentation.

Dans tous ces cas des intrusions du sujet dans l'objet sont opérées.

*Définition* Il y a ***Plongement Intégral*** du Sujet  $S$  dans l'Objet  $O$  (PISO) lorsqu'on parvient à rendre compte des attributs (éventuellement phénoménologiques) du sujet exclusivement par les attributs, que l'on a

prouvé ou inféré (empiriquement par exemple), à partir de l'observation des éléments de l'objet O.

Si on permute sujet et objet, on obtient une définition duale qui est équivalente du point de vue moniste.

Par exemple presque toutes les interprétations de la mécanique quantique plonge partiellement le sujet dans l'objet et font du sujet un *intrus*, mais seules les interprétations du genre de celle d'Everett (Hartle, Graham, ...) opèrent un plongement intégral. Rössler 1987 a proposé une tentative de PISO qui ne dépend pas directement de la mécanique quantique (voir aussi Rössler 1991).

Son endophysique, comme il l'appelle (à la suite de Finkelstein), devrait permettre au contraire de retrouver à partir d'hypothèses physiques assez raisonnables (existence d'un hamiltonien décrivant le système) quelques principes de la mécanique quantique (entre autres l'équation d'évolution du système).

L'hypothèse mécaniste indexicale (*digitale*) plonge d'office intégralement le sujet (*arithméticien au sens large*) dans l'objet (*arithmétique informelle*).

En fait, la première partie, basée sur l'usage du traducteur ou du cerveau artificiel, par le mécaniste "pratiquant" illustre les conséquences intuitives du PISO arithmétique.

De même la deuxième partie montre qu'un tel plongement peut être modélisé d'abord, identifié ensuite (intensionnellement et non constructivement) par l'intermédiaire de procédures mécanisables de diagonalisation. Avec la thèse de Church, on peut y voir la découverte, nécessairement partielle et incomplète du mathématicien (Turing universel, Post créatif) par le mathématicien (voir la deuxième partie).

C'est l'intégralité du plongement qui, avec la thèse de Church, permet de prouver la partialité et l'incomplétude d'une quelconque théorie "objective" du sujet (et de son bord).

Le fait que le mécanisme indexical et que le mécanisme digital fonctionnent sur la base de tel plongement constitue la motivation principale pour la position moniste, qui exige cette intégralité du plongement.

#### *Remarque* Le naturel et l'artificiel

Le dualisme Cartésien interdit au départ la tentative de plongement du sujet dans l'objet (de l'âme dans la mécanique) alors que les positions monistes (qu'elles soient matérialistes ou immatérialistes) l'exigent. Le dualisme Cartésien est une position anthropocentrique.

On le constate lorsqu'on essaye de répondre à la question suivante: "une termitière est-elle un objet naturel ou un objet artificiel ?"

En absolutisant l'esprit *humain* et en niant la présence de l'esprit (ou de facultés spirituelles) chez les animaux, un disciple orthodoxe de Descartes peut sans problèmes absolutiser la différence entre *naturel* (mécanique, objectif, inintensionnel ...) et *artificiel* (produit par la main humaine, production intentionnelle de l'esprit humain rendu absolu).

Une termitière est, dans ce cas, sans contestations possibles, un objet naturel alors qu'une église (par exemple) est un objet artificiel.

Le philosophe qui au contraire estime que les animaux et les hommes sont en principe des êtres de même nature par rapports aux lois (qu'elles soient complètes, complétables ou incomplétables) de la nature, sait que la différence entre naturel (produit par la nature et ses créatures à l'exception de l'homme) et artificiel (produit par l'homme) est elle-même artificielle (puisque cette différence est produite par l'homme). Une mouche (supposée surdouée, en vue de l'argumentation) pourrait en vouloir aux termites pour leurs constructions artificielles.

Lorsqu'on décide de tenter un plongement intégral du sujet (humain) dans l'objet (et peu importe à ce stade qu'il s'agisse de l'objet du physicien, du chimiste, du biologiste, du mathématicien, ou du théologien) le philosophe moniste (et peu importe ici qu'il soit matérialiste ou immatérialiste) reconnaît la nature artificielle de la séparation. Cela l'encourage notamment de s'inspirer des sciences *naturelles* pour éclairer la science des constructions qui ne sont artificielles qu'à *nos yeux*.

Cette idée a déjà été défendue (sans trop de succès malheureusement) en 1911 par Jacques Lafitte. Différents passages de son ouvrage (publié 20 ans plus tard) illustre en fait la difficulté d'opérer la distinction entre les machines et la nature. J'ai déjà cité un passage de Lafitte qui va dans ce sens dans la section 1, il écrit encore :

*Sous la poussée d'une vitalité qui croît en complexité à mesure que son intensité diminue et que le monde avance vers sa fin, la série des êtres vivants pousse, dans ses constructions, un rameau collatéral. Et ce rameau, nos oeuvres, nos machines, c'est nous-mêmes, parce qu'ils sont une partie de nos fonctions propres, extériorisées par une sorte de débordement de notre vie. (Lafitte 1932)*

Lafitte propose alors de consacrer son attention aux comparaisons possibles entre machines de différents lieux et de différentes époques, sans attribuer un sens réducteur au mot "machine". Bien qu'il n'identifie jamais directement le vivant au mécanique, il n'est jamais tenté de distinguer une frontière nette entre l'artificiel et le naturel. Il met l'accent sur l'aspect dynamique, - mouvant - et dégage les prémisses d'une science de l'évolution comparée des machines, science qui ne doit pas hésiter -insiste-t-il- à s'inspirer des sciences de la nature. La machine est cependant considérée dans ce passage comme une extension de nous-mêmes. On reconnaît ici la

façon solipsiste de parler d'une école du dedans. Notre approche, et le plongement mécaniste use de l'école du dehors, et donc de la thèse de Church que Lafitte ne pouvait pas encore *inférer*, malgré son intérêt pour l'oeuvre de Babbage.

### 3.3.6 Le PISO arithmétique

La nature interdisciplinaire de la présente approche m'oblige à exposer encore quelques remarques délicates de vocabulaire. En effet le mot "modèle" est pratiquement utilisé dans des sens complémentaires par le physicien et le logicien.

#### *Modèle au sens du physicien et modèle au sens du logicien*

Les **physiciens** utilisent le mot *modèle* un peu à la façon des enfants qui utilisent l'expression *modèle réduit* pour un jouet. *Modèle* signifie alors "représentation simplifiée". Ils parlent ainsi du modèle de l'atome de Bohr par exemple.

Les **logiciens** et les mathématiciens utilisent le mot *modèle* un peu à la façon des peintres. Pour ceux-ci, le modèle constitue la réalité. Une femme, un homme ou une falaise (par exemple) peuvent servir de *modèle*.

Pour le logicien, ou le mathématicien, le modèle d'une théorie est une structure qui satisfait (vérifie, rend vrai) les formules de la théorie. Un groupe est un modèle de la théorie des groupes par exemple. Pour le logicien, la sémantique se trouve du côté du modèle. Dans ce travail, le mot modèle a été pris jusqu'à présent dans le sens du logicien. J'insiste ici sur cette distinction puisque notre approche devrait, *in fine*, justifier le discours du physicien<sup>5</sup>.

La situation est délicate. Les mathématiques sont la plupart du temps utilisées en physique (ou en biologie, chimie, etc.) pour *modéliser* les phénomènes physiques (biologiques, chimiques, etc.). Dans de tels cas, on insiste toujours pour que celui qui utilise le modèle ne le confonde pas avec

---

<sup>5</sup>Il existe aujourd'hui une approche de la sémantique basée sur la notion de catégorie et de foncteur. C'est la sémantique fonctorielle de Lawvere. Les notions de théories et modèles y sont relativisées. *A* peut être une théorie pour le modèle *B*, qui lui-même est une théorie pour *C*.

--->*A*--->*B*--->*C*--->

La remarque présente fonctionne encore. Les physiciens et les logiciens travaillent dans des catégories duales : il faut inverser le sens des flèches. Pour le logicien la flèche "théorie -> modèle" est une concrétisation et la flèche "modèle -> théorie" est une abstraction, pour le physicien, c'est l'inverse. Les notions de théories et démonstrations ont toutefois une connotation finitiste constructive et la notion de modèle ont une connotation infinitiste et cantorienne. Cet aspect est aussi capturable par les topologies de Grothendieck-Lawvere, la notion de faisceau y relie "naturellement" le local (du côté de la démonstration) et le global du côté des modèles et des mondes (et des collections structurées de mondes).

la réalité. Le verbe *modéliser* est utilisé exclusivement par les physiciens et les biologistes dans le *sens du physicien*.

Il arrive même aux mathématiciens d'utiliser le mot *modèle* dans le *sens du physicien*. En effet les mathématiques peuvent aussi être utilisées pour modéliser des phénomènes *mathématiques* comme la notion de preuve formelle ou informelle. C'est l'objet de la métamathématique, et cela a été abondamment illustré dans la deuxième partie.

Une première difficulté conceptuelle du PISO arithmétique se présente du fait qu'on utilise des modèles au sens des logiciens pour modéliser (au sens des physiciens) des phénomènes mathématiques. Une deuxième difficulté conceptuelle propre à la philosophie mécaniste repose sur le fait qu'on passe d'une modélisation mathématique à une identification (nécessairement non constructive).

A présent dans le PISO arithmétique, il y a deux aspects : l'aspect indexical qui est lié à l'intégralité du plongement et l'aspect digital qui est responsable du caractère arithmétique du plongement.

a) *Le mécanisme indexical fait de la personne ou du sujet un être immatériel.*

Souvent, ne fut-ce que pour faciliter l'exposition, les machines ont été pensées comme si elles étaient constituées de matière. C'est le cas lorsqu'on parle de *cerveau artificiel*, de *motivation par la biologie pour le mécanisme*, de *doutes qui viennent de la chimie*, comme dans la section 1 par exemple. Les expériences par la pensée, concevables avec l'hypothèse du mécanisme indexical et développées dans la section 3, ont toutefois mis en évidence l'aspect immatériel de la personne. Relativement au niveau choisi pour la translation ou pour la duplication le sujet se révèle indépendant de sa constitution relative. Cet acte de foi repose au moins sur le réalisme immatérialiste.

Cette manifestation relative semble cependant nécessiter a priori la présence de la matière. Pour se manifester relativement à un environnement universel il est nécessaire de décoder sa description arithmétique dans le "langage" de cet environnement. Et ce langage semble être celui de la physique. Ce qui à ce stade nous conduirait à une forme de dualisme.

Ici intervient, avec la digitalité, le paradoxe du graphe filmé. Il interdit de faire reposer l'expérience subjective sur la manifestation physique du substrat matériel sur lequel est implanté le programme autoréférentiel : la conscience (relative) supervène sur la collection de tous les états computationnels (relativement) accessibles (SUP-COMP).

*Remarques* Lors de l'expérience de la translation (vue comme duplication et annihilation (voir première partie) deux difficultés techniques se présentent.

1) La machine (le candidat mécaniste) ne peut pas constructivement isoler son propre code, n'y se reconnaître dans la reconstitution, qui n'est qu'un "codage en *langue naturelle*", voir plus loin.

2) Dans l'expérience du translateur, il doit sauver le code d'un état instantané de la machine qui le constitue. Il est difficile de séparer la machine qu'il est (avec l'hypothèse du mécanisme) de la machine qu'il est à cet état instantané.

Ces deux aspects non constructifs de l'usage du translateur ne change pas le fait qu'ontologiquement l'essence de la personne n'est plus matérielle. On peut survivre à la sauvegarde de sa description codée au niveau adéquat. Ces difficultés sont éclairées au niveau digitale.

*b) Le mécanisme digital fait de la personne ou du sujet un nombre naturel "variable" (ou un nuage de nombres naturels).*

La théorie de la récursion permet de *modéliser* le PISO digital par la (double) diagonalisation. La thèse de Church et la thèse mécaniste indexicale permet alors une véritable *identification* entre le sujet ( $\square$ ) et son code relatif ( $\square$ ). La thèse de Church gère l'identification digitale, et la ou les diagonalisation(s) gère(nt) l'aspect indexical.

Les deux difficultés sus-mentionnées ne posent alors plus de problèmes pour le théologien mécaniste qui travaille sur les discours non constructifs possibles inférés par des collections de machines dans les voisinages de l'infini. Ce fut essentiellement l'objet de la deuxième partie.

Avec la thèse de Church et l'hypothèse mécaniste, l'impossibilité de reconnaître le niveau choisi pour la translation, c'est-à-dire l'impossibilité de se reconnaître en tant que machine fait office de théorème. C'est la reconstruction de Benacerraf. De même la seconde difficulté est soluble en principe par une application du second théorème de récursion opérant sur une école du dedans convenable. Ce qui a été illustré avec les machines introspectives (voir 2.2).

Nous avons ainsi pu développer, essentiellement sur base de considérations tirées des *fondements des mathématiques*, une théorie de l'esprit ne reposant sur aucune base matérielle. La théorie de l'esprit basée sur MEC-DIG-IND ne repose pas sur le caractère matériel de l'incarnation des machines. Grâce à la thèse de Church, cette théorie est largement *machine-indépendante*, et nous avons vu comment une notion de temps subjectif et de connaissance informelle, est internalisée (non constructivement) par le stratagème fort (S4Grz).

Cette théorie est aussi indépendante de nous, ou au moins aussi indépendante de nous que l'arithmétique peut l'être. Le réalisme arithmétique fait donc de cette théorie de l'esprit un ensemble de vérités indépendantes. Il s'agit dès lors d'une théorie *réaliste* de l'esprit.

Au niveau  $G^*$  l'expérience épistémico-temporelle supervène sur l'existence logique de relations computationnelles faisant intervenir des machines (qui, ici, peuvent être pensées en terme de nombres naturels) autoréférentiellement ou inférentiellement correctes relativement à des environnements universels, avec ou sans oracles. Avec l'existence du niveau  $G^*$ , le mécanisme indexical nous permet d'inférer la nature arithmétique<sup>6</sup> de telles relations. A ce stade la différence entre le *mécanisme métaphorique* et le *mécanisme indexical* est cruciale.

Un psychologue cognitif peut *modéliser* (au sens des physiciens donc) l'esprit par une machine, éventuellement de Turing, et une grosse partie de l'approche computationnelle de l'esprit reste valide même si l'hypothèse mécaniste était fausse.

*Cependant* un philosophe mécaniste, et a fortiori, un pratiquant mécaniste, qui utilise le translateur comme moyen de locomotion s'identifie concrètement avec quelque chose d'immatériel. En l'occurrence il identifie un de ses états computationnels instantanés avec l'état sauvegardé à travers le codage de son *crystal de Gödel*. Ceci est indépendant du fait qu'il est incapable de justifier l'adéquation du niveau. Le mécaniste sait au contraire justifier pourquoi le choix du niveau ne peut se faire que sur un mélange d'actes de foi et de *raisons empiriques*. Cela découle, avec MDI, du fait que l'usage du translateur plonge intégralement le sujet dans un univers arithmétique. Ceci combine le travail de la première partie avec le travail de la seconde partie. Un travail qui reste à faire est de formaliser cette combinaison dans une extension convenable de  $G \& G^*$ . PDU et le statagème affaibli serviront dans ce sens.

### Engagement ontologique

L'explicite l'**engagement ontologique** du mécanisme : l'ontologie est exclusivement immatérielle et est constituée par la vérité arithmétique, jugée absolument indépendante du sujet. L'arithmétique comprend, à des codages arbitraires près, toutes les propositions portant sur l'arrêt et le non-arrêt des machines digitales (= de Turing, avec TC), avec éventuellement des oracles, relativement les unes aux autres.

### Rôle de PGF : l'immatérialité du sujet doit être étendue aux environnements voisins possibles.

$PGF \Rightarrow \neg MEC \vee \neg SUP-PHYS$ , c-à-d  $PGF \Rightarrow SUP-COMP$ . Cela est tellement étrange que beaucoup, comme Maudlin estimeront que PGF réfute le mécanisme. Cette étrangeté est due au préjugé largement répandu

---

<sup>6</sup> L'expression "relation arithmétique" est prise dans un sens informel, cette expression concerne des relations quelconques entre des nombres naturels. Ce n'est pas le sens réservé par les méta-arithméticiens où *arithmétique* désignent des relations formulables par des formules récursives précédées de quantificateurs.

que l'hypothèse mécaniste repose sur le matérialisme. Mais une formalisation (dans S4, ou mieux dans une extension de S4Grz) de PGF nous obligerait à nuancer considérablement l'usage de PGF contre le mécanisme, puisque ce raisonnement serait accessible à des collections de machines autoréférentiellement correctes. C'est le principe d'échange (de Webb) appliqué à PGF.

Le PGF, généralisant la logique du translateur, et forçant l'abandon de la supervénience physique, interdit définitivement d'utiliser la matérialité, l'actualité, la dynamique ou plus généralement la *physicalité-a-priori* pour résoudre le problème du corps et de l'esprit avec *l'hypothèse mécaniste*. L'expérience subjective -du *temps actuel* par exemple- ne supervène pas sur l'activité d'une machine particulière plongée dans un espace-temps réel.

La conscience n'a plus rien de local, on doit tenir compte de tous les accidents lointains possibles arithmétiquement représentables. On doit dès lors tenir compte de la structure de tous les états (finis) du sujet correspondant à tous les environnements possibles. On aboutit ainsi à ce que les philosophes appellent un *réalisme modal*.<sup>7</sup>

Une notion d'*espace-temps-réel-actuel* est donc non seulement inexploitable pour le problème du corps et de l'esprit en présence de l'hypothèse mécaniste, mais la tâche du mécaniste va être à présent de justifier l'apparence (indexicale) de tels environnements universels.

Sans devoir dès lors consacrer du temps à critiquer le dualisme, PGF *impose* de développer une phénoménologie de la matière sur base de l'existence structurée de ces états (SUP-COMP). Cela permet de rendre l'engagement ontologique conceptuellement minimal.

Avec PGF toute la physicalité (la "spatio-temporalité-perception") est partie intégrante du quale.

On doit en quelque sorte tirer une théorie générale des qualia (à partir de G\*) et la physicalité correspondra à la partie G-communicable. On extraira alors des attributs de l'objet à partir de l'autoréférence des machines-sujets (ce qui est plus un PIOS qu'un PISO).

Nous ne pouvons plus user d'une ontologie débordant le modèle standard de l'arithmétique. Pour paraphraser à nouveau Kronecker *Dieu a créé les nombres naturels, tout le reste sont des ...* invariants stables que l'on doit pouvoir extraire des lois de l'esprit (immatérielles et indépendantes de nos manifestations contingentes). L'expérience subjective doit supervenir (ou être associée), sur une structure arithmétisable au niveau (fonctionnel) adéquat, d'états computationnels. La position du mécaniste, ou en insistant sur l'aspect paradoxal de PGF, la position de celui qui n'abandonne pas le mécanisme malgré PGF, est d'office de type *idéaliste réaliste*.

---

<sup>7</sup> Comme monde à une connotation "matérialiste", à partir d'ici (plus exactement à partir de l'engagement ontologique explicité plus haut), le réalisme modal est avantageusement pensé comme réalisme d'état plutôt qu'un réalisme de *mondes*.

Remarquons l'utilisation implicite du rasoir conceptuel d'Occam. En effet nous pouvons rajouter une matérialité à notre ontologie, mais celle-ci ne peut être utilisée que de façon ad hoc, et risque de compliquer la tâche de la dérivation phénoménologique de l'apparence de matérialité, et notamment de l'apparence empirique de cette matérialité. Nous savons déjà pourquoi, pour le mécaniste, le choix du niveau ne peut se faire que sur des raisons empiriques. La phénoménologie de la matière rendrait compte en plus de l'apparence des niveaux jugés empiriques. Ceux-là même dont l'observation permet l'acte de foi du mécaniste pratiquant lorsqu'il infère un niveau de fonctionnalisme (niveau où il estime pouvoir survivre à la translation).

La physique deviendrait une science de la *langue naturelle*, et les machines (et nous-mêmes) seraient avantageusement considérées comme des mots écrits dans cette langue.  $G^*$ , par ailleurs nous obligerait à interpréter ces mots comme des êtres essentiellement hypothétiques.

Une "nature" assez riche que pour générer des machines universelles est productrice d'hypothèses.

Une telle phénoménologie *doit* rendre explicitement compte de l'existence du discours *physique* pour des collections de machines autoréférentiellement correctes, et *fait* de la physique, pour le mécaniste, une branche a priori, d'une endo-arithmétique ou d'une "théo-bio-psychologie" computationnelle.

*Résumé* L'idée de base de l'endo-arithmétique est simple. On identifie ce qui permet à un état mental de se manifester dans un environnement (universel) avec la description codée de cet état relativement à cet environnement. Cela plonge le *mathématicien* dans le domaine de la théorie *intensionnelle* des nombres, plus particulièrement dans le domaine de l'étude des machines autoréférentiellement correctes. On se limite aux machines sachant prouver leur  $\Sigma_1$ -complétude (voir la deuxième partie).

Dans ce cas  $G \& G^*$  s'applique à la partie de codage qui représente adéquatement le sujet, indépendamment du fait que cette partie n'est pas prouvablement isolable, ce qui fait nécessairement de la position mécaniste un choix et même un risque, pour le pratiquant.

La difficulté conceptuelle provient du fait que les mathématiques deviennent, non seulement l'outil et le moyen comme en métamathématique, mais en plus, en tant que domaine informel elles déterminent le cadre ontologique des références possibles. Si bien qu'il est nécessaire de rendre compte des attributs physicalistes de la machine matériellement conçue.

Une difficulté supplémentaire est due au fait que le cristal de Gödel code un état instantané d'une machine, et qu'avec PGF nous sommes obligés de tenir compte des multiples extensions possibles de cet état, dans les

voisinages de zéro. La théorie de l'esprit de la section 2.3 ne donne que des conditions limites, les relations d'accessibilités étant transitives. On cherche les extensions immédiates. La relation n'est plus transitive, comme si on tenait compte des ressources (cf 1.1).

Pour contourner cette difficulté, il y aura lieu d'étudier les discours dans les voisinages de l'infini, *discours portants eux-mêmes sur les voisinages immédiats de 0*. Que disent les machines dans les voisinages de l'infini sur les voisinages de 0 ? PGF + MDI impose l'existence d'un tel discours physicaliste (Turing)-universel.

Cette façon de procéder permet d'utiliser  $G^*$  et les voisinages de l'infini, pour l'étude des voisinages de 0 (à travers ce que la majorité des machines (vivantes ( $\diamond T$ ) peuvent dire à leur sujet). Ceci suggère l'application du stratagème affaibli sur  $G$  et  $G^*$ . J'ai montré en effet que le stratagème affaibli rend la transitivité caduque ainsi que la règle de nécessité (et la règle de monotonie rationnelle, ainsi que la règle RE au niveau  $G^*$ ). On y perd la sémantique de Kripke, ce qui, pour la recherche des voisinages computationnels immédiats est de bonne augure. En effet, résoudre PGF revient à résoudre *tous* les paradoxes de la multiplication de soi, et à définir une mesure sur les états transitoires relativement voisins.

Le paradoxe du dovettelleur universel (PDU) va donner à la fois une motivation supplémentaire pour procéder de cette façon, ainsi qu'une nouvelle contrainte qui devra être satisfaite par ces états. Il va faciliter la comparaison entre les PISO quantique et arithmétique. Ce que j'aborde de suite.

Je donne une brève formulation de PDU et je compare de suite le *PISO quantique*, naturellement associé à l'interprétation réaliste et mécaniste d'Everett de la mécanique quantique, et le PISO arithmétique rendu obligatoire par PGF (avec MDI et le réalisme arithmétique).

### 3.3.8 Brève formulation de PDU

Dans la deuxième partie, j'ai montré qu'un RE-produit d'ensembles RE est lui même un ensemble RE (RE = récursivement énumérable<sup>8</sup>). De cette propriété découle aisément l'existence d'un dovettelleur universel.

Le dovettelleur universel est un programme qui exécute tous les programmes possibles sur toutes les approximations finies de tous les oracles possibles (voir plus loin). Il parcourt donc l'espace entier des états

---

<sup>8</sup> En 1988 (notamment au congrès de L'ARC Toulouse), je parlais du paradoxe RE. C'est ce paradoxe qui est devenu le paradoxe du dovettelleur universel, voir aussi Marchal 1991.

computationnels "psychologiquement" accessibles, par MDI sur laquelle, par PGF, la conscience doit supervenir.

Le "paradoxe" est dû au fait qu'a priori, un tel espace est trop large : il contient tous les états hallucinatoires possibles, et toujours a priori, on ne voit pas comment distinguer les états éveillés, ayant une éventuelle référence réelle, des états hallucinatoires ou des rêves purement solipsistes. PGF impose un idéalisme, mais la théorie de l'esprit nécessite un idéalisme réaliste. PDU met en évidence la fragilité (a priori) de ce réalisme. On se rappelle (voir 1.1, 1.3), que si on admet l'interprétation d'Everett, lors d'une mesure quantique, le physicien est lui-même décrit par une fonction d'onde (PISO quantique). Le physicien est multiplié dans des états de superposition quantique.

Le PISO arithmétique généralise cette multiplication puisque le doveteleur universel génère, entre autres, tous les états computationnels des états dynamiques qui sont des solutions (Turing)-calculables des équations quantiques des univers possibles, du genre de l'équation de DeWitt-Wheeler, voir Wheeler 1968, voir Brout et Englert 1987 pour une introduction concise à cette équation).

### 3.3.9 Le PISO quantique

Il y a lieu d'invoquer la mécanique quantique pour au moins deux raisons. La première, déjà mentionnée, c'est que l'endo-arithmétique qui se dégage ici peut être vue comme une généralisation de l'interprétation moniste d'Everett.

La seconde, parce qu'il se pourrait que la solution d'Everett au paradoxe de la mesure en mécanique quantique soit la solution de PDU. L'interprétation d'Everett nous sert alors d'exemple, au moins, d'une telle solution. Remarquons que dans ce cas l'ontologie quantique serait dérivable de l'arithmétique avec l'hypothèse mécaniste. Les contraintes liées à l'autoréférentialité (G&G\*) seraient suffisantes pour dériver la mécanique quantique ou, comme on peut s'y attendre avec PGF, elle serait suffisante pour dériver un réalisme d'états semblable ou proche du réalisme d'Everett.

Alan Watts use d'une parabole orientale que je rappelle pour illustrer brièvement la problématique commune des PISO quantique et arithmétique. Dans cette histoire, trois aveugles tentent de deviner une chose inconnue dont ils se sont approchés et qu'ils analysent par attouchements. Le premier prétend qu'il s'agit d'une corde, le second prétend qu'il s'agit d'une épée, le troisième prétend qu'il s'agit d'un tronc d'arbre. Quelle réalité ? Quelle modèle (au sens des logiciens) est à même de recouvrir les trois "théories", de rendre cohérentes les trois observations ?

Dans la parabole, le "spectateur de la scène" sait qu'il s'agit d'un éléphant.

Il est tenu par la trompe par le premier aveugle, par une corne par le second, par le pied par le troisième.

Le modèle "éléphant" rend cohérent les trois théories-observations partielles. En plongeant le sujet observateur dans l'objet quantique, Everett "complète" ontologiquement la mécanique quantique dans le sens espéré par Einstein au prix d'une multiplication des couples relatifs de sous-systèmes quantiques<sup>9</sup>, ce qui remplace l'éléphant par (disons) un nuage d'éléphants et après l'observation, un nuage de couples locaux observateur-éléphants.

De même en plongeant le sujet "rêveur" (disons) dans l'objet arithmétique, l'incomplétude alliée au mécanisme permet, et PGF oblige, de compléter ontologiquement chaque situation (ou expérience locale) par une variété immense et absolue de points de vue multiples et relatifs arithmétiquement possibles sans *éléphants* a priori.

Résoudre l'équivalent de PDU pour la mécanique quantique revient à justifier le choix d'une mesure sur les paires de sous-systèmes quantiques, capable de justifier, non pas la présence de l'éléphant, mais de justifier la croyance en l'éléphant et les discours intersubjectifs à son sujet.

La mesure choisie par Everett semble ad hoc, bien qu'on puisse la justifier algébriquement avec un théorème algébrique dû à Gleason.

En faisant de la fréquence un opérateur (ce qui est presque une formulation purement quantique du plongement du sujet dans l'objet), Hartle 1968 (mais aussi Graham 1973) retrouve la mesure d'Everett. Et avec cette mesure on peut montrer que les inférences inductives d'entités mécaniques autoréférentiellement correctes, définissent à la limite les probabilités quantiques usuelles (de Born) pour les résultats d'observations itérées.

La multiplicité des faits quantiques recouvrent alors non pas une réalité, mais un treillis de morceau de "subjectivité" majoritairement recollables.

Résoudre l'équivalent de PDU pour la mécanique quantique revient donc à justifier une mesure sur les états quantiquement accessibles ou voisins.

Résoudre PDU revient à procéder de même, en parallélisant localement les états computationnels, définis relativement à une source profonde (dont la nature d'*oracle* (constante fondamentale non algorithmiquement définissable) ou de *machine* est absolument indécidable (voir plus loin).

La source profonde n'est pas complètement déterminable et joue le rôle du *nuage d'éléphants* pour le mécanisme. Le lien entre le parallélisme et la symétrie devrait être clarifié.

---

<sup>9</sup> Ce qui est un peu plus général que les interprétations *many mind* et *many-world* de l'interprétation d'Everett.

L'apparition de logique genre-quantique dans les fondements de L'IA semble significative à ce propos. Il serait intéressant de comparer l'intégrale de Feynman et, par exemple, les techniques de propagation des croyances (Shafer 1976, Smets 1988, 1991) en maintenant la relation entre confirmation et probabilité-croyance-inférence (Putnam 1963).

On a besoin de l'équivalent du théorème de Gleason ou du travail de Hartle pour établir un résultat de cohérence global sur le recollement des inférences internes des états computationnels recollables parcourus par le dovettelleur (Hartle 1968, Marchal 1991, voir Hughes 1989 pour le théorème de Gleason).

### **3.3.10 Le dovettelleur universel (détail)**

Le dovettelleur universel est un programme qui exécute tous les programmes possibles. Bien que DU, qui est l'implémentation d'un dovettelleur universel particulier que je vais décrire (le code complet est en annexe) soit écrit en LISP et qu'il ne génère et n'exécute que des programmes LISP, la thèse de Church (TC) nous permet d'affirmer qu'il exécute non seulement tous les programmes LISP, mais tous les programmes écrits dans tous les langages de programmation possibles. En effet parmi les programmes LISP possibles se trouvent les interprètes des autres langages descriptibles en LISP. C'est-à-dire tous par TC.

DU émule de même toutes les machines émulables en LISP, et de nouveau, par TC, cela signifie qu'il émule toutes les machines digitales (ce qui comprend toutes les collections finies de réseaux neuronaux interagissant en parallèle par exemple). DU ne génère que les programmes LISP à une entrée.

A nouveau, ceci n'est pas une limitation, puisque par codage, cette entrée peut représenter une suite finie ou infinie (dénombrable ou indénombrable) d'entrées. En effet l'exécution d'un programme avec un oracle va correspondre à une suite de suites d'exécutions partielles sur des approximations finies de cet oracle.

En particulier, DU émule le comportement de tous les programmes sur l'éventail. On peut le regarder comme l'équivalent informatique de la bibliothèque de Babel (Borges). La grosse différence réside dans le fait que les programmes sont extraits de la bibliothèque par leur syntaxe formelle, et que DU ne se contente pas d'énumérer ces programmes, mais ils les exécutent, "dynamiquement" ou "arithmétiquement".

### Description de DU

Je donne ici une description un peu plus détaillée de DU.

Pour ce faire je décris  $\phi$ -LISP. Les évaluations des atomes, des constantes, des applications primitives, etc. se font de façon traditionnelle.

Le nom des fonctions sont de simples atomes dont l'évaluation (la valeur) sont des lambda-expressions (autrement dit je ne distingue pas les commandes Lisp SETQ et DEFUN).

Pour faciliter le traitement des erreurs, les nombres et les lambda-expressions sont autodénotantes de même que les expressions du type (*erreur ...*).

La sémantique (E) d'une cons-expression (d'une liste) est donnée par l'application (A) de la valeur du premier (CAR) élément de la liste sur la liste des valeurs du reste (CDR) de liste, dans l'environnement local. Ecrit en LISP :

$$(E\ x\ env) = (A\ (E\ (car\ x)\ env)\ (map-E\ (cdr\ x)\ env)\ env)$$

E est l' "EVAL" de  $\phi$ -LISP (c-à-d la sémantique). Il est défini inductivement. A est l' "APPLY" de  $\phi$ -LISP (la machine universelle). A a trois arguments : 1) un atome, une constante, une expression applicative (une liste) ou une lambda-expression, 2) une liste de valeurs, et 3) l'environnement. A est défini plus précisément de la façon suivante :

1) pour les atomes qui ne sont pas des noms de fonctions primitives comme premier argument, on rappelle récursivement l'applicateur en évaluant l'atome :

$$(A\ (E\ m\ env)\ largev\ env)2)$$

2) pour une lambda expression comme premier argument, on évalue le résultat de la substitution des variables par les arguments évalués :

$$(E\ (subst-list-sauf-quote\ (mapquote\ largev)\ (cadr\ m)\ (caddr\ m))\ Env)$$

L'utilisation de subst-sauf-quote (dans subst-list-sauf-quote qui fait de même sur une liste d'expression) et le caractère autodénotant des lambda-expressions permettent de manipuler ces dernières à la façon des nombres de Gödel en théorie de la récursion (voir annexe 1).

Comportement typique :

? (ini) ; Appel de  $\phi$ -lisp

```

(def 'i '(lambda (x) x)
  (INI (VOILA (I (LAMBDA (X) X))))

i

  (INI (LAMBDA (X) X))

('"i 5)
  (INI 5)

('"i 'i)
  (INI I)

((cons 'lambda '((y) y)) 5)
  (INI 5)

(= 2 '2)
  (INI (ERREUR = C-EST-QUOI-?))

(def '= 'equal) ; comme SCHEME
  (INI (VOILA (= EQUAL)))

(= 2 '2)
  (INI T)

(= 2 "2)
  (INI NIL)

(= i 'i)
  (INI NIL)

(= (lambda (x) x) '(lambda (x) x))
  (INI T)

(k i) ; k est l'opérateur de Kleene
  (INI
    (LAMBDA NIL
      (S '(LAMBDA (X) (S X (LIST X)))
        (LIST '(LAMBDA (X) (S X (LIST X)))))))

(k i) ; évaluation de l'amibe
  (INI
    (LAMBDA NIL
      (S '(LAMBDA (X) (S X (LIST X)))
        (LIST '(LAMBDA (X) (S X (LIST X)))))))

```

Le DU doit exécuter tous les programmes. Comme il y a (nécessairement, voir la deuxième partie) des programmes qui ne s'arrêtent pas, des programmes devront être exécutés en parallèle.

A cette fin l'idée de base, le dovettelage proprement dit, consiste à exécuter une étape du premier programme sur la première donnée<sup>10</sup>, ensuite une étape du premier programme sur la deuxième donnée, ainsi de suite sur une énumération du triple produit de l'espace des exécutions avec

---

<sup>10</sup> J'aurais pu me contenter d'un dovettelage des programmes à 0 arguments. Parmi ces programmes se trouve le dovettelleur des programmes à 1 argument, ainsi que le dovettelleur des programmes à nombre indéterminé d'éléments dovettelant en outre sur l'éventail des réels.

l'espace des données et l'espace des programmes (cf : le produit cartésien d'une famille (finie ou RE) d'ensembles RE est RE).

Dans ce but j'ai inclus<sup>11</sup> dans  $\phi$ -lisp l'évaluateur en une étape E-step et l'applicateur en une étape A-step qui sont des modifications élémentaires de E et A, de telle façon qu'ils ont la même sémantique (dénotationnelle et opérationnelle) pour autant qu'on les appelle itérativement. (C'est la partie  $\phi$ -dove dans l'annexe 1).

Voici pour illustrer une séquence d'appel de E-STEP sur une expression applicative. VAL est un identificateur caractérisant les expressions jugées complètement évaluées :

```
(it-st-val '(+ (+ (+ 5 4) 3) (+ 6 (* 5 3)) (* (+ 6 2) (+ 1 10))))
(+ (+ (VAL 9) 3) (+ 6 (* 5 3)) (* (+ 6 2) (+ 1 10)))
(+ (VAL 12) (+ 6 (* 5 3)) (* (+ 6 2) (+ 1 10)))
(+ (VAL 12) (+ 6 (VAL 15)) (* (+ 6 2) (+ 1 10)))
(+ (VAL 12) (VAL 21) (* (+ 6 2) (+ 1 10)))
(+ (VAL 12) (VAL 21) (* (VAL 8) (+ 1 10)))
(+ (VAL 12) (VAL 21) (* (VAL 8) (VAL 11)))
(+ (VAL 12) (VAL 21) (VAL 88))
(VAL 121)
(VAL 121)q
TERMINE-IT-ST
```

Le doveteleur universel DU exécute tous les programmes à une entrée<sup>12</sup> sur toutes les données, en l'occurrence sur toutes les listes composables au moyen d'un nombre limité d'atomes, que j'ai arbitrairement choisi parmi les identificateurs LISP : CAR, NIL, CDR, etc.

J'ai donc écrit un générateur de toutes les données, et de tous les programmes. Le générateur de programmes crée de nouveaux noms de variables T<i> pour chaque nouveau programme généré<sup>13</sup> :

```
(test-npanv)
(LAMBDA (X) X)
(LAMBDA (T24) 'EQUAL)
(LAMBDA (T25) 'CAR)
(LAMBDA (T26) 'CDR)
(LAMBDA (T27) (CAR T27))
(LAMBDA (T28) (CDR T28))
(LAMBDA (T29) 'T29)
(LAMBDA (T30) (K T30))
(LAMBDA (T31) (NULL T31))
(LAMBDA (T32) 'QUOTE)
(LAMBDA (T33) 'LAMBDA)
(LAMBDA (T34) 'K)
```

<sup>11</sup> Ils ont déjà été utilisés dans la deuxième partie, pour définir une complexité de Blum, ainsi que pour définir diverses notions de machines introspectives.

<sup>12</sup> J'aurais pu me contenter, (j'insiste), d'un doveteleur  $DU_0$  des programmes sans entrée. Un doveteleur  $DU_{\text{infini}}$  des programmes définis sur des entrées arbitraires (mais RE-présentables) est lui-même un programme à zéro arguments, et est donc exécuté par  $DU_0$ .

<sup>13</sup> Il eût été plus joli d'attacher un environnement à chaque programme en cours d'exécution.

```

(LAMBDA (T35) 'CONS)
(LAMBDA (T36) 'COND)
(LAMBDA (T37) 'NULL)
(LAMBDA (T38) 'EQUAL))
(LAMBDA (T39) 'CAR)
(LAMBDA (T40) 'CDR)
(LAMBDA (T41) 'T41))
(LAMBDA (T42) 'QUOTE))
(LAMBDA (T43) 'LAMBDA))
(LAMBDA (T44) 'K)
(LAMBDA (T45) 'CONS))
(LAMBDA (T46) 'COND))
(LAMBDA (T47) 'NULL))
(LAMBDA (T48) (EQUAL T48 T48))
(LAMBDA (T49) (CONS T49 T49))
Aborted

```

### Exécution

Le dovetelage consistera alors en une énumération de  $\omega^3$ , <Programmes, étapes n de l'exécution, données>, où l'étape n de l'exécution correspond à la nième application de E-step sur la donnée correspondante. Chaque étape des exécutions est mémorisée afin de ne "jamais"<sup>14</sup> recalculer des étapes identiques.

On peut profiter de la présence des appels de E-step pour calculer la complexité de Blum 1967 (voir deuxième partie) et obtenir, en passant un "calcul" du nombre  $\Omega$  de Chaitin. Il suffit de compter le nombre de programmes qui se sont arrêtés, et de diviser le résultat par le nombre de programmes effectivement lancés<sup>15</sup>.

Voilà un segment initial de l'exécution d'une version de DU :

? (du)

```

-----
(PROGRAMME 1 ***** (LAMBDA (X) X))
(DONNEE 1 ***** 'EQUAL)
(EXECUTION 1 ***** 'EQUAL)
-----

```

```

-----
(PROGRAMME 1 ***** (LAMBDA (X) X))
(DONNEE 1 ***** 'EQUAL)
(EXECUTION 2 ***** (VAL EQUAL))
-----

```

<sup>14</sup> Abstraction faite du fait que dans un voisinage de l'infini d'une exécution d'un quelconque DU se trouve l'exécution de tous les DU possibles.

<sup>15</sup> Archi-faux. Le nombre de programmes non *encore* arrêtés, simplement parce qu'ils attendent leur exécution, croît exponentiellement. Un calcul correct de  $\Omega$  reviendrait à additionner  $1/2^k$  pour chaque programme de longueur k qui s'est arrêté (voir Chaitin 1987, Gardner 1977-84). La suite de nombres réels converge vers le réel "incalculable"  $\Omega$  de Chaitin. Une telle convergence est elle-même *non constructive*, et même de la pire des façons qui soit. En effet, si on disposait d'une machine capable de décider si la nième décimale de l'approximation  $\Omega_n$  (dans le calcul décrit de  $\Omega$ ) s'est stabilisée ou non, alors cette machine est capable de calculer BB(n). (BB = le castor occupé, voir 2.2, il s'agit d'une fonction qui croît plus rapidement que n'importe quelle fonction calculable).

-----  
(PROGRAMME 1 \*\*\*\*\* (LAMBDA (X) X))  
(DONNEE 2 \*\*\*\*\* 'CAR)  
(EXECUTION 1 \*\*\*\*\* 'CAR)  
-----

-----  
(PROGRAMME 2 \*\*\*\*\* (LAMBDA (T0) 'EQUAL))  
(DONNEE 1 \*\*\*\*\* 'EQUAL)  
(EXECUTION 1 \*\*\*\*\* 'EQUAL)  
-----

-----  
(PROGRAMME 1 \*\*\*\*\* (LAMBDA (X) X))  
(DONNEE 1 \*\*\*\*\* 'EQUAL)  
(EXECUTION 3 \*\*\*\*\* (VAL EQUAL))  
-----

-----  
(PROGRAMME 1 \*\*\*\*\* (LAMBDA (X) X))  
(DONNEE 2 \*\*\*\*\* 'CAR)  
(EXECUTION 2 \*\*\*\*\* (VAL CAR))  
-----

-----  
(PROGRAMME 1 \*\*\*\*\* (LAMBDA (X) X))  
(DONNEE 3 \*\*\*\*\* 'CDR)  
(EXECUTION 1 \*\*\*\*\* 'CDR)  
-----

-----  
(PROGRAMME 2 \*\*\*\*\* (LAMBDA (T0) 'EQUAL))  
(DONNEE 1 \*\*\*\*\* 'EQUAL)  
(EXECUTION 2 \*\*\*\*\* (VAL EQUAL))  
-----

-----  
(PROGRAMME 2 \*\*\*\*\* (LAMBDA (T0) 'EQUAL))  
(DONNEE 2 \*\*\*\*\* 'CAR)  
(EXECUTION 1 \*\*\*\*\* 'EQUAL)  
-----

-----  
(PROGRAMME 3 \*\*\*\*\* (LAMBDA (T1) 'CAR))  
(DONNEE 1 \*\*\*\*\* 'EQUAL)  
(EXECUTION 1 \*\*\*\*\* 'CAR)  
-----

-----  
(PROGRAMME 1 \*\*\*\*\* (LAMBDA (X) X))  
(DONNEE 1 \*\*\*\*\* 'EQUAL)  
(EXECUTION 4 \*\*\*\*\* (VAL EQUAL))  
-----

-----  
(PROGRAMME 1 \*\*\*\*\* (LAMBDA (X) X))  
(DONNEE 2 \*\*\*\*\* 'CAR)  
(EXECUTION 3 \*\*\*\*\* (VAL CAR))  
-----

-----  
(PROGRAMME 1 \*\*\*\*\* (LAMBDA (X) X))  
(DONNEE 3 \*\*\*\*\* 'CDR)  
(EXECUTION 2 \*\*\*\*\* (VAL CDR))  
-----

```
-----  
(PROGRAMME 1 ***** (LAMBDA (X) X))  
(DONNEE 4 ***** 'X)  
(EXECUTION 1 ***** 'X)  
-----
```

```
-----  
(PROGRAMME 2 ***** (LAMBDA (T0) 'EQUAL))  
(DONNEE 1 ***** 'EQUAL)  
(EXECUTION 3 ***** (VAL EQUAL))  
-----
```

stop

### Visions statiques de DU

Si on utilise, pour réaliser un DU, une machine universelle bidimensionnelle, comme Macbeth accompagné d'une infinité de registres, ou comme le jeu de la vie, alors l'exécution de celui-ci peut être visualisée comme un cône tronqué tridimensionnel et infini. Toutes ses parties sont clairement arithmétiquement descriptibles. Il s'agit d'un objet fractal se réalisant lui-même sous toutes les formes une infinité de fois.

La question de savoir si tel état est atteint par le DU, ou l'état = la description d'un état d'un programme (d'une machine auto-référentiellement correcte) dans un environnement donné avec des données précisées, est dans une traduction arithmétique analogue à une formule  $\Sigma_1$ .

Comme code des exécutions possibles, DU code toutes les formules  $\Sigma_1$  arithmétiquement correctes. Inversement les preuves des formules  $\Sigma_1$  correspondent à des exécutions de programmes. (PA contient un dovetelleur universel !).

Du point de vue de la récursion (intensionnelle) DU est équivalent à l'ensemble des preuves des formules  $\Sigma_1$ . Notons comme cas particulier de DU, la fonction sceptique de Solovay, qui "monte dans le translateur" qu'à condition de trouver une preuve de sa survie (de l'état transitoire de l'état auquel elle devrait aboutir). C'est dû au fait que la recherche exhaustive d'une preuve formelle (dans PA par exemple) qui n'existe pas (PA est consistante) revient à doveteller sur toutes les preuves et (en particulier) les preuves des formules  $\Sigma_1$ .

### **3.3.11 Le paradoxe du dovetelleur universel**

Considérons à nouveau le mécaniste *pratiquant* c-à-d usant du translateur au niveau adéquat comme moyen de "locomotion".

Revenons plus particulièrement au cas de la translation duplicative symétrique entre (disons) Moscou et Washington (voir 1.3). On se rappelle des hypothèses :

1) tous les dispositifs (annihilateur, émetteur, transmetteur, reconstituteur, etc.) sont 100% fiables.

2) l'annihilateur est presque absolu. Il y a notamment suppression physique de l'exemplaire "original".

3) adéquation du niveau. Nous savons que le choix du niveau ne peut se faire que sur la base de considération empirique accompagnée d'un acte de foi, mais nous supposons que les duplications sont effectuées au bon niveau.

Dans ce cas j'ai argumenté que la probabilité de se retrouver à Washington (ou à Moscou) est de  $1/2$ .

L'argumentation du PDU procède

- 1) avec des hypothèses extravagantes

Supposons à présent, que sur une planète lointaine, il existe une instantiation particulière d'un dovetelleur universel disposant d'une mémoire quasi-illimitée (éventuellement finie, mais gigantesque).

Supposons finalement qu'après la duplication symétrique sur terre, le dovetelleur universel (sur la planète lointaine) lance l'exécution d'un programme avec oracle, fonctionnellement -au niveau adéquat- équivalent au cerveau du dupliqué, l'oracle jouant le rôle local des entrées correspondant à une reconstitution à Paris (disons).

Dans ce cas, après la translation duplicative, subjectivement nous devons tenir compte de l'existence d'un troisième reconstitué ayant l'expérience de se retrouver à Paris.

De l'extérieur, le mécaniste doit admettre que dans cette situation très particulière la probabilité (objective) n'est plus  $1/2$ , mais est égale à  $1/3$ . Et ceci reste vrai même si l'oracle est petit et qu'il ne reste pas longtemps dans l'état de visiter Paris.

Bien que les hypothèses de ce raisonnement sont extravagantes, elles suffisent pour montrer qu'il est impossible de prouver que dans le cas de la duplication symétrique la probabilité est de  $1/2$ . Pour construire une telle preuve, il faudrait s'assurer de l'inexistence d'un quelconque dovetelleur universel dans notre univers, où même dans un autre univers. Cette impossibilité vaut évidemment aussi pour la translation simple ou même l'absence de translation.

L'exécution du dovetelleur peut être considérée comme un accident lointain, et un tel accident peut survenir indépendamment de la décision du sujet d'user un translateur ou non. On conserve ainsi la relation que  $P=1$  dans la translation simple entraîne  $P=1/2$  dans la translation duplicative. Le fait qu'il semble que  $P=1$  dans la vie usuelle, que le mécaniste peut regarder comme une suite de translation simple, montre apparemment que la probabilité qu'un tel dovetelleur existe et travail avec les hypothèses décrites plus haut soit très petite. Mais, en fait, nous n'avons pas besoin de toutes ces hypothèses extravagantes.

- 2) *déchargement des hypothèses extravagantes*

Tout d'abord, comme dans les paradoxes des duplications postposées, le moment où le dovetelleur lance l'exécution, qui correspond aux suites d'états mentaux du sujet à Paris, n'importe pas, de même que la vitesse de l'exécution. Ceci reflète encore que la perception subjective du temps et du moment présent (un indexical) est interne.

Mais surtout, on se rappelle de la conclusion de PGF, qui fait supervenir la conscience sur *l'existence logique* des états computationnels relativement accessibles, et pas sur leurs activités physiques relatives.

Si bien que dès que l'on admet l'indépendance de la vérité arithmétique classique (notre engagement ontologique minimal) et l'hypothèse mécaniste, on est obligé de tenir compte de tous les états computationnels possibles, en l'occurrence de toutes les versions locales de soi-même que le DU exécute à tous les niveaux.

On est ainsi encore obligé de reconnaître une forme de réalisme modal des états de conscience possibles. Sans aucune des hypothèses extravagantes, sans translateur et donc sans problème de fiabilité, le problème posé par l'existence de DU subsiste pour la simple raison que DU existe comme le nombre  $\pi$ , ou comme n'importe quelle fonction partielle récursive. C'est une conséquence du réalisme arithmétique.

### **3.3.12 Comment chasser le lapin blanc ?**

Dès que l'on admet MDI, et cela quel que soit le niveau de fonctionnalisme pourvu qu'il soit digital, il existe, pour chaque état mental, a priori une quasi-infinité d'extensions localement consistantes mais globalement aberrantes, comme par exemple, un état hallucinatoire (où une perturbation du tronc cérébral, un effet Maury) dans lequel par exemple le sujet voit apparaître *un lapin blanc*, dans un coin de la pièce, ou dans un autre coin, etc.

Toutes les exécutions capables d'aboutir à de tels états sont émulés par DU. La vie étant, au niveau fonctionnel adéquat, une suite de translations simples, pour justifier  $P=1$ , où d'une façon générale l'existence des inférences correctes, il faut trouver une raison naturelle de filtrer ces extensions incohérentes, en justifier par exemple qu'elles sont relativement moins nombreuses (dans un sens qu'il reste à préciser) que les extensions "normales".

Cela revient à justifier l'apparence matérielle, compressible<sup>16</sup> et cohérente, du monde.

Par rapport à la deuxième partie, la difficulté est due au fait qu'à présent nous sommes concernés a priori avec des inférences immédiates opérées dans des voisinages de zéro : pourquoi n'importe quoi (d'anormal) ne se manifeste-t-il pas ici et maintenant.

Il n'est pas possible de justifier a priori la cohérence par l'intersubjectivité en affirmant par exemple que les états anormaux sont des états personnels non communicables, comme les hallucinations.

En effet le DU émule non seulement tous les rêves et toutes les hallucinations, mais aussi tous les simulacrons (voir 3.1) et les états de réalités virtuelles collectifs.

En fait DU émule aussi des univers cohérents en émulant des solutions récursives, éventuellement avec oracles, de l'équation quantique de l'univers de DeWitt Wheeler (par exemple).

Justifier la "normalité" revient à expliquer d'une part, pourquoi certaines catégories de machines infèrent des lois empiriques (comme des lois physiques), et d'autre part l'origine de la confirmation locale et statistique des lois.

Si une solution pouvait être trouvée elle ferait de la matière le bord subjectif (inféré du dedans) d'une collection de machine à inférence inductive, et cela permettrait la dérivation d'une phénoménologie immatérialiste de la matière, réduisant ainsi la physique à une psychologie computationnelle.

Il est important de comprendre comment je me suis débarrassé des hypothèses extravagantes dans PDU. Tout le travail *difficile* est rassemblé dans le paradoxe du graphe filmé. DU ne fait que structurer l'espace des exécutions sur lesquelles par PGF (avec MDI) la conscience supervène.

Pour parler comme Maudlin, le problème revient, non pas à distinguer le "flickering" de la réalité (ce qui n'est pas possible même dans les voisinages de l'infini, ce qu'on peut justifier avec G&G\*, mais Hume 1739 a déjà été très convaincant sur cette question), mais à donner des raisons naturelles pour penser que des *flickering* suffisamment cohérents et normaux sont logiquement plus inférables que les états "anormaux". C'est

---

<sup>16</sup> Je veux dire l'apparence *explicable*. Avec MDI on peut défendre l'idée que l'explication est une forme de compression algorithmique (voir aussi Davies 1990, 1992).

PGF qui interdit l'usage a priori de la physicalité, c-à-d de l'usage de la conception a priori *substantiel* et a priori *dynamique* de ce sur quoi la conscience est censée supervenir pour un moniste matérialiste.

On pourrait à ce stade décider à nouveau que le mécanisme digital indexical est réfuté, comme Maudlin conclut à partir de son argument à-la-PGF. Mais ce que Maudlin n'a pas envisagé, c'est que le mécanisme digital est non trivial (ce que tout le chapitre 2 illustre). Nous avons extrait du mécanisme, des lois de l'esprit et nous pouvons espérer extraire à présent une phénoménologie de la matière. DU lui-même admet (à la différence de la bibliothèque de Borges) une structure non triviale. La relation entre DU et le nombre  $\Omega$  de Chaitin le laisse aussi supposer.

Bennett 1988 appelle **ambitieux** un nombre qui donné à une machine universelle la lance dans un immense calcul, et **profond** un nombre qui nécessite pour sa production un immense calcul.

Ces définitions informelles doivent être un peu nuancée pour en faire des concepts machine-indépendants, et donc universels avec TC, voir Bennett 1988. DU, comme  $\Omega$ , est ambitieux mais non profond.

DU génère cependant tous les objets profonds.

### 3.3.13 PDU permet-il de réfuter l'hypothèse mécaniste ?

Peut-on logiquement, de façon communicable, déduire de PDU la fausseté du mécanisme ? Non, car tout argument convaincant et finiment-communicable contre le mécanisme peut être transformé en argument en faveur du mécanisme. C'est (encore) le principe d'échange de Webb généralisé. Tout 2.3 illustre le principe d'échange appliqué aux divers arguments Gödéliens.

Plus précisément : si PDU est considéré comme une réfutation convaincante du mécanisme, alors une telle réfutation, par TC et 2.3 (en extrapolant la technique de Solovay), apparaîtra inéluctablement dans le discours limite des collections de machines autoréférentiellement correctes. Nous aurions donc, sans utiliser l'hypothèse mécaniste, que des machines prouveraient de façon autoréférentiellement correcte, dans les voisinages de l'infini qu'elles ne sont pas des machines. Contradiction.

Plus précisément encore : celui qui veut utiliser PDU pour réfuter *définitivement* MDI doit démontrer *explicitement* qu'il existe relativement *trop* d'extensions localement consistantes et globalement incohérentes. Le principe d'échange de Webb peut s'appliquer de la façon suivante : même si la preuve qu'il donne est non constructive, pour autant qu'elle soit finie et convaincante, cette preuve est accessible par des collections de machines autoréférentiellement correctes dans les voisinages de l'infini. Par définition

d'autoréférentiellement correcte, les machines vont donc, au cas où la preuve donnée par l'anti-mécaniste est correcte, *correctement* inférer qu'elles ne sont pas des machines. Contradiction.

Ceci prouve donc, de façon non constructive, la *possibilité* de l'existence d'une mesure relative limite qui soit *PDU-immune*. C'est ce raisonnement qui permet, dès lors, de tirer de PGF+PDU l'existence d'une définition phénoménologique de la matière. La matière, ou sa phénoménologie, devient, en gros, ce qui est produit par inférence (communicable et/ou non communicable) *sur* les voisinages de zéro, *dans* les voisinages de l'infini, par des majorités relatives de machines inductives qui sont multipliées selon cette mesure elle-même.

Cette mesure est relative car elle dépend des états atteints.

En résumé, l'application du principe d'échange sur PDU suggère (au moins) que MDI => l'existence d'une solution (d'une mesure PDU-immune) pour PDU.

Remarquons que PDU conduit à une formulation d'un problème anthropique (Carter 1974) pour l'arithmétique. Cela est dû au plongement intégral et à la multiplication du sujet qui s'ensuit.

### **3.3.14 A quoi pourrait ressembler une solution de PDU ?**

PGF implique qu'il n'y a aucun autre choix que de considérer l'ensemble des états computationnels possibles (accessibles, voisins) et de démontrer ou de justifier que la majorité (pour une mesure qui reste à isoler) des états qui "se recollent bien" définissent une phénoménologie de la "matière" ou une logique de l'observable .

L'observable ou le perceptible comprend, a priori, aussi bien la part communicable (quantifiable, mesurable, en principe falsifiable, comme la mesure d'une longueur d'onde) que la part vague et non quantifiable (comme la douceur du velours, et autres qualia).

Pour résoudre PDU, il s'agit de trouver une mesure "naturelle" qui soit *machine-indépendante* (ce qui n'est pas trop difficile puisque chaque DU émule tous les DU à la limite) sur les états correspondant à des machines localement autoréférentiellement correctes, et justifier qu'avec cette mesure les extensions aberrantes sont relativement rares.

Il faut justifier que la majorité des états sont globalement cohérents, que la majorité des faits, ou des observations relatives, sont cohérents relativement aux attentes des machines auto-inférentiellement correctes.

Il y a donc un concours de deux idées. La première traite de la cohérence, la seconde traite de la source profonde des environnements (des univers) localement compressibles.

**Première idée :** *la multiplication des états est soutenue par une logique faible.*

On tient compte de la connexion de Galois théorie-modèle ou machine-comportement, étant entendu que nos machines sont supposées adéquates et capables d'émuler des environnements universels, entre autre elles-mêmes et une portion importante de l'arithmétique élémentaire.

Identifions un état avec une description logique (iso : théorie = système avec condition initiale = machine dans un état instantané). Une sémantique partielle de cette machine est donnée par l'ensemble de ses continuations, ou en termes de théories, l'ensemble de ses modèles. Ces derniers comprennent les modèles des extensions du système.

Les extensions locales sont déterminées par les types d'environnements locaux. La mesure doit porter sur les paires <états d'un système, extension locale>. Par analogie (un peu plus que ça en fait), on peut structurer l'ensemble de ces paires en une connexion de Galois de type théorie/modèles. Etendre le système diminue ces possibilités et inversement. Par Gödel, comme les systèmes sont assez riches que pour refléter l'arithmétique de Peano, il n'existe pas d'extension formelle finiment ou récursivement (mécaniquement) engendrée qui puisse n'avoir plus qu'un modèle et on ne voit pas comment *ajouter des axiomes* ou *enrichir la machine* pourrait diminuer le nombre d'extensions et notamment le nombre d'extensions aberrantes.

Appauvrir formellement le système est déjà plus prometteur. Un appauvrissement existe qui permet de justifier, avec une topologie adéquate sur l'ensemble de ces modèles, l'existence d'une mesure sur une infinité "continue" d'extensions.

Une première difficulté réside dans le fait qu'il faut considérer globalement toutes les extensions de toutes les paires (localement) arithmétiquement définissables ou représentables en tant que processus computationnel (avec les réels comme oracles). Il faut donc considérer toutes les extensions parcourues par le DU.

Une seconde difficulté provient du fait qu'il faut définir cette mesure, non pas sur les états, mais sur le quotient de cette collection d'états par une relation d'équivalence dont nous ne savons rien si ce n'est qu'elle est nécessairement non constructive.

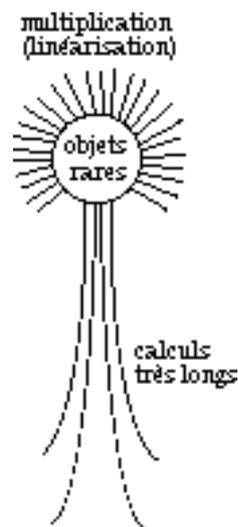
Pour résoudre ces difficultés, le stratagème affaibli (le darwinisme arithmétique, voir première partie) est prometteur, puisqu'il affaiblit la logique, et définit une notion de croyance immédiate (probance).

**Deuxième idée : exploiter l'existence d'objet profond.**

A présent l'observation de l'univers, ou de notre "enveloppe" en apparence la plus commune, révèle une longue histoire, non triviale, mais (étonnamment!) compressible, en ce sens que des lois (en générale calculables) et d'autres sortes de patterns semblent extractibles.

Ce phénomène pourrait être justifié par diagonalisation : de tels objets *profonds* existent, même si à nouveau (mais heureusement pour la consistance du mécanisme) on ne peut pas les reconnaître pour tels (Bennett 1988).

A présent, une solution de PDU doit exploiter un mélange de ces deux phénomènes, pour extraire une phénoménologie du compressible contingent, comme un *cosmos observé*, et une phénoménologie de l'observable avec sa part mesurable et non mesurable.



Le couplage de la profondeur avec la multiplication des états semble capable de rendre *relativement* rares les extensions aberrantes. Un tel couplage est le candidat informel pour décrire à quoi peut ressembler une solution "*du problème anthropique*<sup>17</sup> arithmétique" posé par le PISO arithmétique, c-à-d PDU.

La multiplication (par affaiblissement de la logique) devrait mettre en évidence une logique des états physiques, peut-être une logique conservatrice (Fredkin et Toffoli) ou linéaire (logique d'action, logique parallèle etc.) ou peut-être quantique (j'y reviens).

Des tentatives existent pour justifier de telles logiques directement à partir de considérations computationnelles<sup>18</sup>. Sans Panmécanisme, la (ou

<sup>17</sup> Carter 1974.

<sup>18</sup> Voir Berkovich 1989, Buot 1989, McGoveran et Al. 1989, dans Kafatos 1989 pour des essais de justifications des bizarreries quantiques à partir de considérations computationnelles. Voir aussi Girard

les) source(s) profonde(s) peut (peuvent) être remplacée(s) par un oracle (ou plusieurs). Ce serait le cas s'il existait une constante fondamentale non calculable telle qu'aucun phénomène physique ne saurait se manifester si une quelconque décimale de cette constante fut changée. Le mécanisme entraîne (voir aussi la réfutation de Rucker de Lucas dans 2.3.1) l'impossibilité absolue de prouver l'existence d'un tel oracle. Notons que cela ne signifie pas qu'il ne soit pas possible de rencontrer des indices en faveur de l'inférence d'un tel oracle.

*Existe-t-il une relation entre le niveau de duplication et le choix de la mesure sur les états atteints par le DU ?*

Un bas niveau serait qu'il faille dupliquer tout l'univers, ou un super-univers etc. Le temps réel de vie de chacun de nous serait le temps maximal mesurable de l'intérieur de cet univers (= la profondeur de cet univers). Cette conception est purement déterministe, et dans ce cas, à terme, cet objet profond pourrait être correctement inféré. Il y aurait alors un sens à unifier les lois de l'environnement, qui se confondrait avec la description dynamique globale. On obtiendrait dans ce cas une forme de *contra-mécanisme* physicaliste interne du mécanisme.

Inversement, à un (très) haut niveau un individu pourrait survivre non seulement avec un cerveau artificiel, mais aussi avec une instantiation digitalisée beaucoup plus restreinte. De l'extérieur le sujet est amnésique, de l'intérieur le sujet oublie jusqu'à la trace de ses souvenirs. Il n'y a pas de niveau le plus bas, ou de niveau le plus haut qui soit définissable de l'intérieur. On voit que le niveau de duplication est d'autant plus bas que la profondeur concourt au filtrage.

A première vue la *mesure des extensions non aberrantes* (MENA) semble "proportionnelle" aux multiplications par linéarisation (source de cohérence) et inversement proportionnelle à la raréfaction de l'instant singulier par profondeur (source de lois) :

$$\text{MENA} = \frac{\text{MULT}(\text{linéarisation})}{\text{RAREF}(\text{profondeur})}$$

Dans ce cas il n'est pas exclus qu'une relation calculable existe entre le numérateur et le dénominateur, bien qu'il soit chacun non déterminable.

Mais en fait, la linéarisation n'est pas le seul candidat comme facteur de la multiplication. Nous avons vu que les capacités, notamment inductives,

---

1989, 1993, et Yetter 1990. Voir aussi Drescher 1991. Le couplage <profondeur/linéarisation> généralise la profondeur quantique de Deutch 1985.

des machines croissent par des phénomènes de non-union, et d'autres phénomènes "récursion-théorétiques pathologiques" typiques du dehors. Cette croissance, de plus, admet des sauts non constructifs nous empêchant par observations et introspections de reconnaître une continuité nécessaire entre une source et nous. On a donc plutôt avec notre ontologie classique arithmétique :

$$\text{MENA} = \frac{\text{MULT}(\text{linéarisation}) * \text{MULT}(\text{non-union and the like})}{\text{RAREF}(\text{sources profondes})}$$

Cela dissocie le niveau de duplicabilité du phénomène de linéarisation. Localement, nous pourrions bien être à la fois profond relativement à des lois définissant une source elle-même profonde (génome, planète terre, cosmos) et en même temps duplicable relativement à cette source.

Cette double (multiple) profondeur rend donc cohérent une notion de duplication relative. Un peu comme l'oeuvre de Proust qui a mis du temps pour apparaître, mais qui est facilement duplicable, ou encore comme le génome humain. En résumé, abaisser le niveau (aller vers une version faible du principe anthropique fort selon Carter 1974) nous rend intrinsèquement rare.

Mais parce que notre complexité relative peut dépendre de phénomènes computationnels eux-mêmes relativement profonds<sup>19</sup>, nous pouvons être de type rare, mais néanmoins token-duplicable relativement à un environnement-univers profond.

On peut argumenter dans ce cas que ce n'est pas l'âme qui est dupliquée, mais bien sa capacité à se manifester localement et à se différencier. Pour la même raison qu'on peut dire que l'oeuvre de Proust "*A la recherche du temps perdu*" est unique, indépendamment du nombre d'exemplaires répandus et de la qualité diverse des expériences humaines qu'il occasionne.

Le mécanisme oblige de réduire les physiques possibles à la psychologie en transformant une forme faible du principe anthropique en un authentique problème de mesure.

Il est nécessaire (par PGF et MEC) que la physique, ou des aspects de la physique, incluant la contingence, et l'unicité invoquée par le cosmopolite soit déductible de considérations computationnelles. La profondeur de l'univers justifie alors que localement l'inférence des lois de l'univers soit plus rapide par observation, mesure et inférence que par pure introspection, mais les deux chemins n'aboutissent jamais à des niveaux prouvablement ou communicablement identifiables.

Curieusement une solution partielle de PDU serait donnée par une formulation précise (en terme arithmétique) de PDU. En effet une

---

<sup>19</sup> Voir Bennett 1988 pour la question assez subtile de la transitivité de la profondeur.

formulation précise (arithmétique ou *mé*ta-arithmétique, on dispose du paradis analytique de Cantor) de PDU définirait l'espace de solutions (non triviales grâce à la thèse de Church) paramétrées par les triples :

*<mult(non-union), mult(linéaire), raref(profondeur)>*

*Mult(non-union)* permet d'augmenter le niveau *n* de duplication possible en vertu du mécanisme. Comme ce niveau n'est pas auto-déterminable (de l'intérieur !), le mieux qu'on puisse espérer ce sont des plages de possibilités déterminées par la géométrie des solutions et la logique de l'observable.

### 3.3.15 La *solution* quantique

*Délinéariser* ? Pour expliquer le "collapse de la fonction d'onde", certains physiciens sont tentés de délinéariser l'équation de Schrödinger, d'introduire des termes non linéaires (comme De Broglie, Bohm et d'autres). L'approche mécaniste, quant à elle, accueillerait plutôt la linéarisation avec une sorte de soulagement puisqu'elle donne un espoir de normalisation des états computationnels globalement cohérents.

Pour le physicien le linéaire semble multiplier et paralléliser (superposer) trop de mondes ou d'états.

En mécanisme, cette superposition est bien venue car elle multiplie les états que l'on peut associer et elle permet de définir relativement à des sources computationnellement profondes une cohérence globale localement compressible : états invariants et symétriques que les machines vont prendre pour physique. En particulier les états quantiques sont des sous-états des états régulièrement (atteints) par le DU.

La motivation pour le (PISO) d'Everett est son *monisme*, c'est pourquoi il doit plonger le physicien dans l'objet physique (voir aussi Primas 1981). Mais apparemment<sup>20</sup> pour Everett l'ontologie est encore matérialiste. C'est à cause de ce matérialisme que la présentation d'Everett est 1°) ambiguë (il introduit le principe de supervénience, mais ne l'utilise pas) et 2°) difficile à croire : comment croire en effet à une duplication littérale d'un cosmos substantiel à chaque interaction quantique ?

Bell 1987, et de nombreux autres ont remarqué l'immatérialisme (qu'il confonde malheureusement avec l'idéalisme subjectif) qui caractérise

---

<sup>20</sup> Everett n'est pas très clair sur la nature de son engagement ontologique. Ma propre interprétation d'Everett a toujours été plus *many-mind* (many-state) que *many-world*.

essentiellement les interprétations monistes de la mécanique quantique. Cet *immatérialisme* était déjà suspecté chez Bohr ou affirmé chez Heisenberg.

Dans une analyse de la version d'Everett due à DeWitt 1970, Kent exprime de façon concise ce qui le choque le plus :

*it makes the formalism much uglier; it implies that human experience is a sequence of disconnected fictions.* (Kent 1990)

Mais dès qu'on accepte de monter dans le translateur, on est obligé de reconnaître cet aspect "uglier". L'aspect "disconnected" traduit simplement l'hypothèse (pythagoricienne) de digitalité. Le terme "fiction" est conséquemment utilisé par le physicien matérialiste pour désigner l'immatérialité des êtres mathématiques.

Avec PGF, l'aspect "disconnected" entraîne l'abandon d'une évidente relation d'accessibilité sur les états (cela motive davantage pour l'usage du stratagème affaibli dans ce contexte, voir plus loin).

Quant à Bell, il estime, en accord avec l'interprétation présente de MQ ainsi qu'avec le schéma d'interprétations internes de l'arithmétique tirée de DU), que l'interprétation d'Everett est obligatoirement plus *many-history* que *many world*. Ici, et chez Everett -si on oublie son usage du concept de matière et du principe de physico-psycho-parallélisme- on est en présence de *many-relative-state* computationnellement défini ce qui justifie localement les deux appellations.

Bell tire de l'aspect *many history* la conséquence que l'interprétation d'Everett est solipsiste. Il confond en fait (comme Laplane 1987 ou Connes dans Changeux & Connes 1989) l'idéalisme subjectif et l'idéalisme objectif.

La structure de l'esprit ou du sujet semble toujours évidente pour Bell. Le mécanisme impose des conditions d'autoconsistance (chapitre 2) et de cohérence relative (par PGF) non triviales. Si on adopte le monisme et le mécanisme, c'est la négation d'Everett qui dualement entraîne un solipsisme (en fait un *cosmosolipsisme*, voir Marchal 1991, voir aussi Zeh 1990).

Si l'interprétation d'Everett est *la* solution de PDU, alors nous sommes encore, au moins (avec MEC) Everett-duplicable. Au niveau  $G^*$  on peut dire que le *chat de schrödinger* estimera correctement survivre à l'itération de l'expérience "meurtrière" proposée par Schrödinger (Schrödinger "1992"). Même remarque pour l'utilisateur de l'ordinateur avec un *ou* quantique + l'instruction *Kill-the-user* (Marchal 1988, voir aussi Moravec 1989, Marchal 1992). Mais les duplications non ironiques ne deviennent pas moins plausibles étant donné le rôle probable des phénomènes de dispersion et de multiplication d'extensions d'origine récursion-théorique : *MULT(non-union & the like)*.

Un raisonnement qualitatif montre, avec le mécanisme, que si l'interprétation d'Everett est correcte, un partisan *vérificationniste* de la théorie classique de Wigner selon laquelle *est conscient* celui qui sait réduire

l'onde (délinéariser Schrödinger) deviendra, à la limite de la suite des vérifications, non seulement solipsiste (doctrinal), mais universel meurtrier, et forcément solitaire absolu. En effet, par Everett, il survit en utilisant itérativement le détonateur quantique de Schrödinger<sup>21</sup>, mais, lorsqu'il teste la conscience d'un autre itérativement avec le détonateur quantique, la survie non ironique de cet autre est stochastiquement impossible. Donc s'il pousse son vérificationnisme jusqu'au bout il conclura après avoir tué tout le monde qu'il est le seul à même de réduire l'onde (Marchal 1988, 1992<sup>22</sup>, voir aussi Moravec 1988).

Le fait qu'Everett utilise l'hypothèse de l'identité psycho-physique montre qu'il ne profite pas complètement du caractère intégral du plongement du sujet dans l'objet qu'il propose.

Comme beaucoup de physiciens y compris Einstein (mais à la différence de Boscovitch, et des *modernes* comme Finkelstein, Zurek, Zeh, etc.) le sujet est pris pour une chose "triviale" et l'objectivité des référents en physique font de ceux-ci des entités intrinsèquement indépendantes de la subjectivité, dont MDI révèle pourtant la part "objective mais non communicable" (avec  $G^* \setminus G$ ).

C'est l'erreur inverse de Dennett ou Churchland. Dans "Consciousness explained" Dennett (1991) affirme que la matière ne pose plus de problèmes importants d'interprétations philosophiques (mais voyez la violation des inégalités de Bell !, annexe 5).

De même dans "*Matter and Consciousness*" Churchland (1984) prétend défendre une philosophie matérialiste de l'esprit, mais le mot "matière" n'apparaît pas dans l'index. En fait il use de la conception naïve (c'est-à-dire locale, réaliste, causale et substantielle) de la matière<sup>23</sup>.

Je rappelle que cette conception ne tient ni avec le mécanisme (par PGF), ni avec les formalismes de la physique quantique (voir D'espagnat 1971, 1979, pour des développements de ce point), ni avec les faits (voir la violation des inégalités de Bell, annexe 5).

---

<sup>21</sup> Un tel physicien se met à la place du chat de Schrödinger. Cf aussi l'utilisation d'un ordinateur quantique avec touche KILL-THE-USER.

<sup>22</sup> Un referee inconnu de ce papier suggère (en 1989) qu'il s'agit là de *wishfull thinking*. Il s'agit pourtant d'une conséquence élémentaire de MDI + Everett. Quant à penser que croire à la vérité de MEC+Everett est *wishfull* est un peu naïf. Considérons en effet un utilisateur d'un ordinateur quantique avec l'instruction KILL-THE-USER. En adressant un problème à sa machine, il doit veiller à ce que la probabilité quantique d'apparition d'une solution sur l'écran ne soit pas inférieure (ou proche) de la probabilité quantique de survivre à l'annihilation (par un effet tunnel par exemple). En principe, la prudence consistera à calculer ces probabilités et donc à se limiter à des problèmes appartenant à des classes de complexités constructives, c-à-d encore, à se limiter à une école du dedans. En fait, il doit aussi tenir compte de la probabilité quantique que son cerveau subisse un changement d'état lui faisant croire à l'existence d'une solution aberrante (hallucination quantique). Cette probabilité est pratiquement impossible à calculer et difficile à minorer. L'usage de cette machine illustre cependant, à partir de MEC+Everett, l'impossibilité de s'assurer d'une auto-annihilation absolue. Il pourrait tout autant s'agir de *terrifying thinking!*

<sup>23</sup> De nombreux philosophes de l'esprit estiment qu'il existe une interprétation univoque des phénomènes physiques (ex : Dennett 1991 de façon explicite). Les faits quantiques (au moins) nécessitent de reconsidérer cette idée.

*Remarque* Bohr insiste pour l'applicabilité des concepts classiques, et donc de logique classique (avec une algèbre de Boole sur l'espace des états), pour la communication entre physiciens sur les résultats des expériences quantiques. Cet aspect classique de la communication est présent aussi dans la logique linéaire de Girard (voir Girard 1987, 1991).

De même cette idée se trouve en filigrane dans l'oeuvre de Brouwer où la logique, et la logique classique en particulier peut faire office de cadre pour les *communications* formelles sur les objets finis. Il en est de même avec la théorie mécaniste de l'esprit où G sert de logique pour la croyance communicable ou transmissible.

Une question intéressante est souvent soulevée lorsqu'on aborde l'interprétation d'Everett de la mécanique quantique :

*Peut-on tirer l'interprétation du formalisme dans le formalisme ?*

DeWitt prétend qu'avec l'interprétation d'Everett ...

*... the mathematical formalism of the quantum theory is capable of yielding its own interpretation ... no metaphysics need to be added to it (DeWitt 1970).*

Everett insiste en effet sur le fait qu'on retrouve l'interprétation statistique à partir de l'équation de Schrödinger lorsqu'on l'applique au couple sujet-observateur/objet-observé. Il généralise en ajoutant :

*Any interpretative rules can probably only be deduced in and through the theory itself. (Everett "1973").*

Primas parle à ce sujet d'un "*rather unsophisticated philosophical point of view*". Il ajoute

*Such statements are unfounded and grossly misleading - interpretative metaphysical assumptions are necessary for any interpretation of a theory and never follow from the formalism alone (Primas 1981).*

Nous savons qu'Everett utilise l'hypothèse du mécanisme notamment sous une forme implicitement équivalente à MDI, comme  $P(\text{Washington}) = P(\text{Moscou}) = 1/2$ .

Il aurait pu utiliser des machines à inférence inductive et montrer que ces machines infèrent majoritairement l'interprétation statistique de Born à partir de leurs expériences possibles.

En ce sens le mécanisme permet de définir (d'une façon générale) une notion d'interprétation interne d'une théorie comme l'ensemble des propositions inférables par des machines introduites à part entière dans la théorie.

Comme de telles théories sont assez riches que pour émuler l'arithmétique élémentaire, nous savons, par l'incomplétude de Gödel, qu'il n'est pas possible, *dans* la théorie, de définir une sémantique (donc une interprétation-modèle) *univoque*.

L'internalisabilité de la sémantique conduit, ici, comme avec MDI par PDU, à une *explosion* d'interprétations internes dont toutes ne sont pas cohérentes entre elles et définissent ainsi des réalités orthogonales possibles.

Néanmoins, à strictement parler, Primas a raison. On utilise d'abord l'hypothèse du mécanisme digital et indexical, c-à-d une hypothèse philosophique forte<sup>24</sup>. Ensuite, ce n'est pas l'interprétation naïve du formalisme qui est tirée du formalisme, mais bien un champ d'interprétations internes d'une théorie non formelle, à partir d'un principe philosophique et de sa théorie de l'esprit afférente.

En **mécanisme**, ce sont des familles (globalement incomparables mais majoritairement localement recollables) de sémantiques internes de l'arithmétique qui sont tirées de MDI, tirées localement essentiellement par des inférences inductives (instinctive ou non) effectuées par des collections de machines relativement à une source profonde, ou un nuage de sources profondes, vu le caractère indéterminé de toute source (par simple incomplétude et réalisme modal).

On remarquera encore qu'Everett utilise le rasoir d'Occam conceptuel. C'est le matérialisme qui, en exigeant la présence *substantielle* des univers multipliés, entraîne le non-respect de l'usage ontologique du rasoir d'Occam.

*Une note sur "matière à penser" de Changeux et Connes 1989.*

Le monisme matérialiste est difficilement compatible avec la thèse d'une réalité mathématique extra spatiale, atemporelle (immatérielle avec notre sens large de matière) et indépendante de nous. C'est pourquoi des physiciens comme Wigner<sup>25</sup> par exemple, mais aussi des biologistes comme

---

<sup>24</sup>... dont j'espère, *au moins*, illustrer le caractère non trivial.

<sup>25</sup>...mais pas comme Penrose. Penrose est un physicien qui admet explicitement une position platoniste en philosophie des mathématiques. Il illustre son platonisme avec l'ensemble de Mandelbrot. Penrose compare aussi l'ensemble de Mandelbrot à un ensemble RE non récursif. Voir aussi Marchal 1986. On peut considérer le Mandelbrot set comme une représentation par les réels (les nombres complexes) d'un docteur universel. Un pas important qui devrait permettre une formulation plus rigoureuse de cette idée est sans doute Blum, Shub et Smale 1989, voir aussi Blum 1990.

Changeux et des philosophes comme Wittgenstein défend une conception *conventionnaliste* des mathématiques.

La position conventionnaliste est cependant difficile à tenir, que l'on pense au théorème de Fermat ou simplement à l'école du dehors (avec ou sans thèse de Church !).

Le conventionnalisme provient d'une confusion entre des langages et théories, éventuellement formels, utilisés pour résoudre des problèmes concernant des vérités mathématiques, et ces mêmes vérités mathématiques, a priori indépendantes de leur capture formelle.

L'inexistence d'un plus grand nombre premier, comme Euclide avait déjà constaté, n'a rien de conventionnel, même si la définition des nombres premiers reflète l'*intérêt* du mathématicien pour, par exemple, la relation de divisibilité.

Les résultats de limitation des formalismes ou des théories axiomatisables, en distinguant, par exemple, l'ensemble des propositions vraies du modèle standard de l'arithmétique de tout ensemble algorithmiquement générable de propositions, mettent en évidence la nature objective d'une portion considérable de la réalité mathématique. Au moins la mathématique séparable de Brouwer.

Que l'on se restreigne ou non à une partie constructive de cette réalité mathématique, ce genre de résultat est en faveur de l'idée que la réalité mathématique est distincte des approximations de cette réalité, approximations décrites dans des langages formels.

Ceux-ci ont une nature plus conventionnelle, mais en fait eux aussi, comme entité finement définissable, sont contraints à respecter des propositions mathématiques : à ce sujet il en est des mots comme il en est des machines, un minimum de géométrie leur est nécessaire pour se manifester.

Dans "matière à pensée", le biologiste Changeux coïncide de façon valide avec le mathématicien Connes, qui essaie de rester matérialiste tout en refusant de renier son engagement ontologique vis-à-vis de la réalité mathématique.

Bien que je me limite à l'arithmétique, je partage essentiellement avec Connes le réalisme mathématique (l'idéalisme platonicien, l'indépendance des nombres, l'universalité, l'atemporalité, etc.). Je partage avec Changeux la contradiction qu'il décèle chez Connes entre son matérialisme et son Platonisme.

Cela ne pose pas de problèmes puisque le mécanisme nous force à abandonner l'idée d'une matière comme substrat ontologiquement premier sur lequel, ou à partir duquel, se développerait des niveaux d'organisations et dont l'esprit en serait une manifestation supérieure (*le mythe de la*

---

Penrose réitère aussi un argument Lucas-like pour réfuter le mécanisme, et développe des arguments pour une théorie quantique dualiste de l'esprit.

*matière!*). Le mécanisme indexical et digital nous force à dériverer une phénoménologie locale de la matière définissant une variété de physiques possibles.

Changeux (mécaniste et moniste) dit par exemple :

*Je défends ... une épistémologie matérialiste forte, la seule qui me paraisse acceptable de la part d'un scientifique averti, honnête avec lui-même. (Changeux et Connes 1989)*

D'abord, *pour* un mécaniste, cette remarque, de la part d'un scientifique (honnête avec lui-même), sonne bizarre (argument d'autorité, avec MEC!).

Elle sonne donc d'autant plus bizarre *de la part* d'un mécaniste.

Comme j'ai démontré l'incompatibilité entre le mécanisme et le matérialisme ontologique (avec le rasoir conceptuel d'Occam) on voit qu'à l'hypothèse matérialiste près, le mécanisme *doit* "réconcilier" Changeux et Connes.

**Pour Changeux**, les vérités mathématiques sont des constructions mentales des organismes biologiques.

**Pour Connes**, elles sont intemporelles (atemporelles).

**Pour le mécaniste**, les vérités mathématiques sont des constructions mentales possibles, structurées par les lois intemporelles de l'arithmétique informelle.

Cela comprend les points de vue internes et intensionnels, définis à partir de l'autoréférence (dans la deuxième partie) parmi lesquelles figurent G, G\*, S4Grz, KD?, KD?\*, IL, etc.,

L'hypothèse matérialiste en physique est finalement aussi vide que le vitalisme en biologie. Le mécanisme indexical renverse le champ phénoménologique en retrouvant les racines des matières possibles dans les possibilités internes de l'esprit<sup>26</sup>.

Le mécanisme digitale oblige de définir la matière phénoménologiquement à partir des lois de l'esprit, ou de dériver les discours physicalistes, et les croyances physicalistes (discursives ou non), à partir de l'autoréférence.

---

<sup>26</sup> Ceci permet de rapprocher cette philosophie de l'esprit d'une théologie néoplatonicienne, pythagoricienne, avec une morale interne plutôt taoïste (incommunicable) et mouvante (cf 1.2 et 2.3.6).

### 3.3.16 Une phénoménologie arithmétique de la matière

Écoutons, donc, *l'avis des machines* sur la question.

Pour ce faire, isolons les discours physicalistes, c-à-d portant sur les voisinages *immédiats* de zéro (par PGF), des machines autoréférentiellement correctes, discours tenus dans les voisinages de l'infini.

Une autre façon de poser la question (avec 2.3), quel discours "physicaliste" peut-on (et comment) tirer de la théorie de la conscience G&G\* *dans le contexte de PGF et PDU* ?

Quels discours les machines ont-elles dans les voisinages de l'infini au sujet de l'observable, l'immédiatement appréhensible ou inférable<sup>27</sup>, dans les voisinages de zéro.

On regarde ici exclusivement le facteur Mult(linéarisation) de la "connexion de Galois" mentionné plus haut. On fait abstraction de la compressibilité phénoménologique de "l'univers", c'est-à-dire de son aspect localement explicable à terme.

On tente d'extraire, ici, la nécessaire (par PDU) phénoménologie de la cohérence, la *trame* du décor pourrait-on dire, au moyen de l'affaiblissement de la logique (voir plus haut).

En 1.3 j'ai justifié, avec le darwinisme arithmétique, l'usage du stratagème affaibli pour les probabilités dans un contexte d'accessibilité directe (non transitive).

Le *darwinisme arithmétique* n'est qu'un moyen de ne pas tenir compte des derniers mondes des référentiels réalistes afin d'avoir  $P_{\text{dup}} = 1/2$  dans le cas de la duplication "parfaite". Je rappelle cependant, qu'à partir de C (voir 1.3) ou de G (voir 2.3), le stratagème affaibli ne peut traiter que la logique de "l'observation (relativement) certaine" du genre  $P_{\text{trans}} = 1$  ( $\square \diamond \top$ ).

Par ailleurs, on a vu en 2.3.5 que le stratagème affaibli *affaiblit* considérablement la logique.

A présent, *avec PGF*, pour capturer arithmétiquement (intensionnellement) cette probabilité (cette *phénoménologie* probabiliste), il est nécessaire de tenir compte de **toutes** les "reconstitutions accidentelles lointaines", et *avec PDU*, ces reconstitutions correspondent aux *états transitoires voisins* relatifs, décrits par une formule  $\Sigma_1$  (**DU accessible**), pour un état d'une machine autoréférentiellement correcte.

---

<sup>27</sup> ... éventuellement comme ensemble de propositions directement inférables. Dans ce contexte l'inférence Poppérienne, en un nombre fini d'étapes, à la Daley, Kalyanasundaram, Velhautapillai 1992, devrait être utilisée.

Le fait que PDU impose, pour définir une notion d'observation, de se limiter aux propositions  $\Sigma_1$  est corroboré par l'interprétation des *observables* comme des propositions vérifiables en un nombre fini d'étapes (Vickers 1989).

Ici la vérification *personnelle* (indexicale) se fait en *une* étape, la conscience intégrant non localement tous les effets Maury possibles.

Il suffit donc de chercher à axiomatiser une logique de l'observation, où l'observation de  $p$  ( $\Sigma_1$ ), c-à-d la proposition *phénoménologiquement matérialiste*, est définie par l'application du stratagème affaibli sur une logique de l'autoréférence restreinte aux proposition  $\Sigma_1$  :

$$B(\ulcorner p \urcorner) \ \& \ \neg B(\ulcorner \neg p \urcorner) \quad (\text{avec } p \in \Sigma_1)$$

où  $B$  est le prédicat de prouvabilité de Gödel (voir deuxième partie).

On notera que si le *stratagème affaibli* affaiblit la logique, la restriction aux formules  $\Sigma_1$  enrichit la logique. En effet pour les formules  $p \in \Sigma_1$ , on a

$$M \vdash p \rightarrow B(\ulcorner p \urcorner).$$

En particulier, la théorie  $G\text{-}\Sigma_1$ , qui a pour axiomes les axiomes de  $G$  + l'axiome

$$p \rightarrow \Box p,$$

est saine<sup>28</sup> concernant la prouvabilité, restreinte aux formules  $\Sigma_1$ , par une machine autoréférentiellement correcte (ayant assez de capacités introspectives que pour prouver sa propre  $\Sigma_1$ -complétude (comme PA)<sup>29</sup>.

On a donc :

$$G\text{-}\Sigma_1 \vdash p \Rightarrow M \vdash MB_{F\text{-}\Sigma_1}(p)$$

<sup>28</sup> Il faut limiter l'application du schéma aux formules  $p$  atomiques (dont les réalisations sont  $\Sigma_1$ , ou aux formules du type " $\Box p$ " ( $B(x)$  est  $\Sigma_1$ ). La restriction aux formules  $\Sigma_1$  est capitale ici :  $G^* \not\vdash \Diamond \top \rightarrow \Box \Diamond \top$ . Lorsque le morphisme de Magari-Boolos est limité aux formules  $\Sigma_1$ , le schéma  $p \rightarrow \Box p$  n'est valable qu'avec les substitutions de  $p$  par des variables propositionnelles (celles-ci, avec  $MB_{F\text{-}\Sigma_1}$ , sont des formules  $\Sigma_1$ ).

Les formules duales, comme  $\Box p \rightarrow p$  et  $p \rightarrow \Diamond p$ , ne sont donc plus équivalentes. En fait si  $MB_{F\text{-}\Sigma_1}(p)$  est  $\Sigma_1$ ,  $MB_{F\text{-}\Sigma_1}(\ulcorner \neg p \urcorner)$  est  $\Pi_1$ . La négation d'une formule de la forme  $\exists xP(x)$ ,  $p$  récursif, devient  $\forall xQ(x)$ , avec  $q(x)$  récursif ( $Q(x) = \neg P(x)$ ). Et  $\forall xQ(x)$  est a priori plus difficile à vérifier mécaniquement.

<sup>29</sup> L'idée consistant à privilégier les ensembles RE (et les formules  $\Sigma_1$ ) en philosophie de l'esprit est une conséquence de PDU (Marchal 1987,1991). J'ai cependant tiré l'idée d'ajouter l'axiome  $p \rightarrow \Box p$  à  $G$  dans Smorynski 1985, qui procède ainsi avec le but de formaliser la logique modale associée à la prouvabilité de Rosser (voir 2.2, 2.3.1).

De cette façon, en restreignant les réalisations  $F$  du morphisme de Magari-Boolos aux énoncés  $\Sigma_1, F_{\Sigma_1}$ , on a :

$$G_{\Sigma_1} \vdash \text{DEON}(A) \Rightarrow \forall F_{\Sigma_1} M \vdash \text{MB}_{F_{\Sigma_1}} \circ \text{DEON}(A).$$

On obtient un enrichissement de la théorie  $\text{KD?}$  (voir 2.3.5). Je note cette théorie  $\text{KD?}_{\Sigma_1}$ . Par définition

$$\text{KD?}_{\Sigma_1} = \{p \mid M \vdash \forall F_{\Sigma_1} \text{MB}_{F_{\Sigma_1}} \circ \text{DEON}(p)\}$$

Cette théorie donne la part communicable de la logique de l'observable, comme  $\text{S4Grz}$  est la logique du connaissable. Il faut toutefois nuancer cette déclaration.

En effet "connaître  $p$ " est naturellement représenté par  $\Box p$ , et une machine peut connaître  $p$ , ou  $p$  est connaissable, lorsque  $G \vdash \Box p$ .

Pour la *certitude immédiate*, comme celle qui pousse, par exemple Monsieur D a "observé" qu'il a survécu à la greffe de cerveau, c-à-d  $P_{\text{trans}} = 1$ , j'ai déjà proposé  $\Box \Diamond T$ .

A présent " $P_{\text{trans}} = 1$ " peut s'écrire  $P_{\text{trans}}(T) = 1$ , il est donc raisonnable d'écrire  $\Box \Diamond W$  pour une duplication (avec annihilation de l'original) où les dupliqués sont tout deux reconstitués à Washington et y subsiste de façon pertinente. L'observation idéale (*sans perturbation*) de  $p$  est vraisemblablement capturée, avec l'hypothèse mécaniste, par  $\Box \Diamond p$ .

A présent, la logique de l'observable, comprend aussi bien la part communicable que la part incommunicable. Aucun impératif constructif n'est exigé, la conscience supervène sur l'entiereté des états. La *phénoménologie* est donc donnée par

$$\text{KD?}_{\Sigma_1}^* = \{p \mid \forall F_{\Sigma_1} \text{MB}_{F_{\Sigma_1}} \circ \text{DEON}(p)\}$$

On obtient ainsi un enrichissement de  $\text{KD?}^*$ .

Notons que, pour  $p \in \Sigma_1$ ,  $G \vdash p \rightarrow \Box p$ , et donc  $G^*$  aussi. Par ailleurs  $G^* \vdash \Box p \rightarrow p$ . Donc pour  $p \in \Sigma_1$ ,  $G^* \vdash p \leftrightarrow \Box p$ .

Cela n'enlève-t-il pas l'intérêt de la stratification simultanée avec la restriction aux formules  $\Sigma_1$  ? Non car  $G^* \not\vdash \Box(p \leftrightarrow \Box p)$ .

Pour l'immédiateté (la restriction à  $\Sigma_1$ ), il y a un collapse entre le vrai et le communicable, mais le collapse lui-même n'est pas communicable : avec

$p \Sigma_1$ , les propositions  $p \leftrightarrow \Box p$ , ou pour ne pas abuser du langage, les propositions  $MB_{F-\Sigma_1}(p \leftrightarrow \Box p)$ , sont des solutions de LWV.

De même  $KD?-\Sigma_1^* \vdash p \leftrightarrow \Box p$ , mais  $KD?-\Sigma_1^* \not\vdash \Box(p \leftrightarrow \Box p)$  Il est heureux qu'on utilise ici le stratagème faible, car avec le stratagème fort, la règle de nécessité entraîne que le carré modale des théories "S4Grz- $\Sigma_1^*$ " correspondantes, collapse complètement avec la vérité.

Notons que  $KD?$  est différent de  $KD?-\Sigma_1$ , en effet, avec  $p \Sigma_1$ ,

$$G-\Sigma_1 \vdash p \rightarrow \Diamond p, \text{ et } G \not\vdash p \rightarrow \Diamond p.$$

De même peut montrer

$$KD?-\Sigma_1^* \vdash p \rightarrow \Box \Diamond p$$

Il s'agit de la formule appelée B.

*Preuve*

$\Box p = \Box p \& \Diamond p$ ,  $\Diamond p = \Box p \vee \Diamond p$ . Il faut donc montrer, pour  $p \Sigma_1$

$$G^* \vdash p \rightarrow \Box(\Box p \vee \Diamond p) \& \Diamond(\Box p \vee \Diamond p)$$

Il suffit de montrer, pour  $p \Sigma_1$ , que  $G^* \vdash p \rightarrow \Box(\Box p \vee \Diamond p)$  et  $G^* \vdash p \rightarrow \Diamond(\Box p \vee \Diamond p)$ , avec abus de langage. Mais pour  $p \Sigma_1$ ,  $G^* \vdash p \rightarrow \Box p \vee \Diamond p$ , ce qui entraîne<sup>30</sup>  $G^* \vdash p \rightarrow \Box(\Box p \vee \Diamond p)$ , et ceci  $G$  le prouve aussi. Par contre si  $G^*$  prouve aisément (avec  $p$  quelconque)  $p \rightarrow \Diamond(\Box p \vee \Diamond p)$ ,  $G$  ne le prouve pas, même pour  $p \Sigma_1$ . Autrement dit :

$$G \not\vdash p \rightarrow \Box(\Box p \vee \Diamond p) \& \Diamond(\Box p \vee \Diamond p)$$

et donc, on a aussi

$$KD?-\Sigma_1 \not\vdash p \rightarrow \Box \Diamond p$$

---

<sup>30</sup> J'utilise le fait que  $G$ , ou  $G^* \vdash \Box p \vee \Box q \rightarrow \Box(p \vee q)$ , et le fait que la traduction arithmétique d'une proposition de la forme  $\Box p$  est toujours  $\Sigma_1$ . Je commettrai l'abus de langage consistant à dire de telles formules qu'elles sont  $\Sigma_1$ . De même je continuerai à écrire aussi bien  $KD^*$  pr ...  $\Box p$ ..., que  $G^*$  pr ...  $\Box p$ ..., Dans le premier cas le " $\Box$ " est soit défini axiomatiquement, soit il correspond à l'utilisation du stratagème affaibli. Dans le second cas, il s'agit d'une abréviation pour  $\Box p \vee \Diamond p$ .

On montre facilement que  $KD\text{-}\Sigma_1^* \vdash \Box p \rightarrow p$ , mais  $KD\text{-}\Sigma_1^* \not\vdash \Box p \rightarrow p$ .  $KD\text{-}\Sigma_1^*$  prouve donc les formules K, T et B, c-à-d *les axiomes* (dans la présentation usuelle) d'une logique modale normale appelée **B** (comme sa formule principale<sup>31</sup>). Mais  $KD\text{-}\Sigma_1^*$  n'est pas fermé pour les règles d'inférence normale du système **B**. On n'a ni la règle de nécessité, ni même la règle RE ou RM.

$KD\text{-}\Sigma_1$  ne prouve ni T, ni B, mais conserve la règle de monotonie rationnelle.

En particulier  $KD\text{-}\Sigma_1$  est différent de  $KD\text{-}\Sigma_1^*$ , c'est bien une double phénoménologie de l'objet :

$KD\text{-}\Sigma_1$  donne la part communicable de la logique de l'observable.

$KD\text{-}\Sigma_1$  est donc le candidat naturel pour la phénoménologie de la matière (la logique communicable de l'observable, sorte d'étalon de l'intersubjectivité ou de la cohérence : la "physique").

$KD\text{-}\Sigma_1^*$  donne toute la part, aussi bien communicable que non communicable, de la logique de l'observable (du perceptible). Il s'agit en gros *du physique*.

Cela comprend aussi bien le communicable, comme la mesure d'une longueur d'onde par exemple, que l'incommunicable comme le quale (ou la sensation physique) accompagnant (éventuellement) l'observation directe (immédiate, perceptible) de l'onde.

Il est naturel dans ce contexte de se demander s'il n'existe pas des logiques faibles dont  $KD\text{-}\Sigma_1^*$  et  $KD\text{-}\Sigma_1$  seraient des traductions intensionnelles. On s'inspire de Gödel 1933 où la logique faible intuitionniste est capturée par S4, et arithmétiquement par S4Grz. Je rappelle que cela définit une logique intuitionniste IL ayant une interprétation arithmétique basée sur l'autoréférence (voir 2.3) :

$$IL \vdash p \leftrightarrow G(*) \vdash MB_{F^{\circ}}BGKM^{\circ}G33(p)$$

On cherche donc les logiques x et x\* correspondantes :

$$\frac{IL}{S4Grz} \ddot{::} \frac{x}{KD\text{-}\Sigma_1^*} \ddot{::} \frac{x^*}{KD\text{-}\Sigma_1^*}$$

Cela revient à chercher une transformation TRANS du langage propositionnel dans le langage propositionnel modal tel que

---

<sup>31</sup> Voir le diagramme des logiques modales normales fin 1.2. **B** est donc le système KTB avec MP et Nec comme règle d'inférence. Je note **B** en bold pour le système, et B simple pour la formule. B vient de Brouwer, car la formule B a été utilisée antérieurement pour représenter la logique intuitionniste, sans succès à la différence de S4.

$$x \vdash p \leftrightarrow \forall F-\Sigma_1 M \vdash MB_{F-\Sigma_1} \circ DEON \circ TRANS(p),$$

ainsi que,

$$x^* \vdash p \leftrightarrow \forall F-\Sigma_1 MB_{F-\Sigma_1} \circ DEON \circ TRANS(p).$$

IL = IL\*, et S4Grz = S4Grz\*, mais on peut conjecturer que  $x \neq x^*$ .

On peut bien entendu se poser les mêmes questions concernant KD? et KD?\*, mais le fait que  $KD?-\Sigma_1^* \vdash p \rightarrow \Box \Diamond p$ , et l'interprétation de  $\Box \Diamond p$  en termes d'observation idéale suggère une transformation.

En fait, il ne faut pas chercher bien loin dans la littérature pour rencontrer une telle transformation, et, finalement, là où on pouvait l'attendre.

### 3.3.18 Une interprétation arithmétique des croyances quantiques ?

Birkhoff et von Neumann (1936) considèrent la logique (algébrique) que l'on peut tirer des propositions quantiques, celles-ci correspondant<sup>32</sup> à des sous-espaces d'un espace de Hilbert (voir annexe 5).

Le statut de la logique quantique concernant les fondements de la mécanique quantique, est souvent tenu pour nébuleux<sup>33</sup>. Van Fraassen (1974) parle franchement du labyrinthe des logiques quantiques.

La même année, Goldblatt a montré

$$\mathbf{B} \vdash \text{GOLDB}(p) \text{ ssi } \mathbf{QL} \vdash p$$

---

<sup>32</sup> De même que la sémantique algébrique de la logique classique associe à chaque proposition un sous-ensemble d'un ensemble, et que la sémantique algébrique de la logique intuitionniste fait correspondre à chaque proposition un ouvert d'un espace topologique.

<sup>33</sup> Une idée développée notamment par Putnam, est que changer de logique permet d'interpréter les aspects paradoxaux de MQ dans le cadre d'une théorie réaliste de la matière (voir Redhead 1987).

Putnam en vient à penser que la logique pourrait être empirique, à la façon de la géométrie, dont la théorie de la gravitation fait une observable a posteriori. Ici je suggère (et j'illustre la possibilité même si ma tentative échoue) que la logique quantique pourrait fort bien être introspectivement déductible par des collections de machines, en étant une logique de l'objet dans une théorie non triviale du sujet.

Il est vraisemblable, avec les phénomènes à-la-Harrington, que l'on puisse inférer du mécanisme l'existence d'une part nécessairement empirique pour les observables, mais il semble justement ici que l'aspect quantique ne soit pas nécessairement empirique, mais une conséquence de l'hypothèse du mécanisme.

Il est facile de se convaincre, comme en 1.2, que les référentiels adéquats pour  $\mathbf{B}$  sont les référentiels symétriques (et réflexifs). D'après Dalla Chiara (1986) la symétrie est bien venue pour refléter le rôle de l'invariance (et de la théorie des groupes d'une façon plus générale) en physique. Une proposition serait "physique", si sa vérité entraîne l'assurance de sa vérifiabilité. On peut opérer localement des transformations "symétriques" dans un labo, et vérifier une proposition. Les états physiques sont préparables et vérifiables, à la différence des "états historiques" par exemple, qui sont antisymétriques par nature.

où GOLDB(p) constitue, comme G33, une transformation du langage propositionnel en logique modale :

$$\begin{aligned} \text{GOLDB}(p) &= \boxed{\Box} \diamond p \text{ pour } p \text{ atomique} \\ \text{GOLDB}(\neg A) &= \boxed{\Box} \neg \text{GOLDB}(A) \\ \text{GOLDB}(A \& B) &= \text{GOLDB}(A) \& \text{GOLDB}(B) \end{aligned}$$

(Goldblatt 1974, voir aussi Dalla Chiara 1977).

Goldblatt utilise une présentation à-la-Gentzen de la logique quantique (voir annexe 5). La raison est qu'il n'existe pas d'implication *convenable* en logique quantique.

En affaiblissant la tautologie classique  $p \rightarrow (q \rightarrow p)$  dans une présentation à-la-Hilbert du calcul propositionnel classique, Dalla Chiara 1976 donne une telle présentation de la logique quantique, avec une implication "matérielle" (dont l'interprétation intuitive est plus proche de la déduction cependant). Cette implication ne permet pas de théorème de la déduction.

Toujours est-il que si on veut mesurer la distance entre la phénoménologie de la matière telle que celle-ci est décrite par les physiciens (actuels) et la phénoménologie de la matière que le mécanisme dérive, on peut comparer la logique quantique et une logique, que j'appelle QuelQL\* (Quel *Quantum Logic* ?) définie par

$$\text{QUELQL}^* = \{p \mid \forall F \text{ (restreint à } \Sigma_1) \text{ MB}_{F-\Sigma_1} \circ \text{DEON} \circ \text{GOLDB}(p)\}$$

Dont la part communicable est naturellement définie par

$$\text{QUELQL} = \{p \mid \forall F \text{ (restreint à } \Sigma_1) \text{ M} \vdash \text{MB}_{F-\Sigma_1} \circ \text{DEON} \circ \text{GOLDB}(p)\}$$

Il est plus simple, mais moins informatif, de comparer directement B et  $\text{KD}^?-\Sigma_1^*$ .

Ils ont en commun tout ce que B est capable de prouver uniquement avec le modus ponens, mais leurs différences symétriques respectives sont chacune non vides : B et  $\text{KD}^?-\Sigma_1^*$  prouvent chacun  $\boxed{\Box} \top$ , B prouve  $\boxed{\Box} \boxed{\Box} \top$  par nécessité,  $\text{KD}^?-\Sigma_1^*$  prouve  $\neg \boxed{\Box} \boxed{\Box} \top$ .

À présent  $\boxed{\Box} \boxed{\Box} \top$  n'est pas la traduction par GOLDB d'une proposition quantique, et il reste à mesurer l'étendue des conséquences de l'absence de la nécessité<sup>34</sup> de  $\text{KD}^*-\Sigma_1$ .

---

<sup>34</sup> Par absence d'un règle pour un ensemble de formules, j'entends naturellement que cet ensemble n'est pas fermé pour l'application répétée de la règle.

Malgré l'absence de NEC et de RM, il se pourrait que QL et QUELQL\* soit identique. Par exemple  $B \vdash p$  entraîne  $B \vdash \Diamond p$  par réflexion (contraposée) et par MP, et ensuite, par NEC, on a  $B \vdash \Box \Diamond p$ .  $KD^* - \Sigma_1 \vdash p$  n'entraîne pas  $KD^* - \Sigma_1 \vdash \Diamond p$ , car le schéma  $\Box p \rightarrow p$  n'entraîne pas a priori le schéma  $p \rightarrow \Diamond p$  (si  $p$  est  $\Sigma_1$ ,  $\neg p$  est  $\Pi_1$ ). De même  $KD^* - \Sigma_1 \vdash \Diamond p$  n'entraîne pas  $KD^* - \Sigma_1 \vdash \Box \Diamond p$  puisqu'on n'a pas la nécessitation. Cependant  $KD^* - \Sigma_1 \vdash p$  entraîne bien  $KD^* - \Sigma_1 \vdash \Box \Diamond p$  puisqu'on a MP et  $KD^* - \Sigma_1 \vdash p \rightarrow \Box \Diamond p$ .

Il y a cependant peu de chance que QuelQL\* soit identique à QL, la question est de savoir où se situe QuelQL\* et QuelQL dans le "labyrinthe des logiques quantiques". Par exemple, le " $\Sigma_1$ -bord computationnel" vérifie-t-il des formules de modularité, comme l'orthomodularité ?

Dalla Chiara 1977 donne la version modale de l'orthomodularité :

$$(p \& \neg q) \rightarrow \Diamond(p \& \Box \neg(p \& q))$$

Cette formule ne doit pas être un théorème de  $KD^* - \Sigma_1$  ou de B, elle doit cependant être vérifiée pour les orthopropositions (c-à-d les images de  $p$  par GOLDB). De même on peut se formuler des questions du genre : le bord computationnel viole-t-il les inégalités de Bell ? Il suffit d'appliquer GOLDB à (une forme) d'inégalité de Bell (voir annexe n° 5) :  $A \cap B \equiv (A \cap C) \cup (B \cap \neg C)$ . Cela donne :

$$\Box \Diamond A \& \Box \Diamond B \Rightarrow (\Box \Diamond A \& \Box \Diamond C) \vee (\Box \Diamond B \& \Box \neg \Box \Diamond C)$$

Il se peut que l'absence de nécessitation et de monotonie rationnelle pour  $KD^* - \Sigma_1$  corresponde à l'intégralité du PISO arithmétique. La logique qui se dégage ici est aussi la logique de celui qui utilise un ordinateur avec touche *KILL-THE-USER*. Il s'agit plus, avec MDI, de *crédibilités* quantiques relatives que de probabilités.

### 3.3.19 Encore des remarques sémantiques

La théorie des catégories, outre qu'elle (méta)mathématise naturellement les relations interdisciplinaires au sein des mathématiques, outre qu'elle permet de générer naturellement des modèles (variables) pour des logiques (variables), capture à la base le fonctionnalisme du dedans : en ce sens qu'une catégorie généralise un modèle de Kripke de S4.

En particulier, j'ai déjà mentionné les modèles de la logique intuitionniste comme catégories de faisceaux sur une algèbre de Heyting ou sur les ouverts d'un espace topologique pour une description du sujet (cf 2.3.6).

En fait, dans la théorie du sujet, on peut profiter de l'isomorphisme de Curry Howard entre des calculs  $\lambda$  typés et des fragments de la logique intuitionniste où les types correspondent aux formules et les fonctions aux preuves. Plus généralement, on peut utiliser l'isomorphisme de Lambek Lawvere où les formules correspondent aux objets d'une catégorie et les preuves aux morphismes.

On peut ultimement étudier la catégorie des faisceaux définis sur une algèbre diagonalisable à valeurs dans la catégorie des ensembles (à la façon de Lawvere 1969) ou des ensembles ordonnés (Kennes 1992).

Le sujet mécaniste (à la troisième personne) est la modalité de Magari (la version algébrique de G) à partir de laquelle on définit le "topos interne" solipsiste (la première personne) par une interprétation algébrique convenable du stratagème. Ceci illustre que je suis encore loin d'une sémantique précise de l'aspect interne de l'autoréférence.

Il existe encore une correspondance de ce genre entre les logiques de l'action (parallèle, linéaire, avec ressource) et certaines catégories où les objets correspondent aux états (d'un système) et les morphismes correspondent aux transitions (correspondance de Meseguer-Montanari, voir Marti-Oliet et Meseguer 1991, voir aussi De Paiva 1991).

Pour l'objet (de la relation sujet/objet) ce sont alors les catégories de faisceaux sur les petites catégories monoïdales symétriques fermées qu'il faudrait arriver à justifier à partir des algèbres diagonalisables ou du sujet associé, comme une sorte de complémentaire (symétrique) local possible d'un sujet (antisymétrique). Complémentaire sur lequel se greffent naturellement les extensions consistantes capables d'être recollées à la limite à partir d'objet(s) profond(s).

D'une façon générale, les faisceaux pourraient être utilisés pour PDU car ce sont des constructions mathématiques faites pour définir des relations entre des contraintes de satisfactions locales avec des contraintes de satisfactions globales (voir notamment Goguen 1992).

Pour l'origine des lois, ou l'aspect compressibilité des descriptions locales, je mentionne les travaux qui reposent où font intervenir les diagonalisations Gödéliennes en dynamique symbolique, en théorie des groupes, en théorie des nombres, qui relie indécidabilité et chaos (Agnes et Razetti 1988).

L'établissement de thermodynamique interne pour divers objets mathématiques (ligne fractale par exemple<sup>35</sup>), mais aussi les travaux généraux de Zurek (1989, 1991) reliant l'informatique théorique et la thermodynamique pourraient en effet jouer un rôle important pour dériver une phénoménologie de la profondeur et de l'historicité locale.

D'une façon générale toute intrusion de l'arithmétique ou de la théorie des nombres dans les fondements de la physique (et de l'analyse issue de la physique) est la bienvenue pour résoudre PDU.

#### *Quelle théorie de la récursion ?*

Quelle récursion ? Quelle réductibilité ? Le fait qu'il faille tenir compte, dans les voisinages de zéro, de résultats non encore déterminés de machines, invite à considérer plus sérieusement les machines universelles généralisées de Shepherson. La notion de réductibilité naturelle est alors celle des fonctions partielles ou des énumérateurs, ce qui conduit aux treillis de Medvedev et de Dymont (voir Cooper 1990, voir aussi Case 1971).

Le fait que DU dovettelle sur les segments initiaux des réels permet d'envisager (pour *projeter* la tâche aveugle de la connaissance introspectrice), l'usage de la théorie des fonctions partielles récursives définies sur un anneau (réel, complexe ...). Ce qui est une autre façon d'illustrer du chaos à partir de diagonalisation (Blum 1990).

En résumé, on a, aussi bien avec l'observation quantique qu'avec PGF et PDU en arithmétique, une collection d'états relatifs localement appropriés. La logique de ces états est décrite au niveau intensionnel arithmétique par B. Les recollements possibles définissent les réalités possibles (observables).

Hilbert comme Brouwer espéraient que cette réalité soit univoque (pour les mathématiques) et beaucoup de physiciens pensent à la réalité physique comme étant essentiellement unique (déterminable ou non par d'éventuelles théories).

Si le mécanisme est correct, la réalité mathématique du dedans ainsi que la réalité physique (accessible du dedans) sont toutes deux variables. En ce sens les faits quantiques confirment le mécanisme.

Ajoutons les techniques pour construire des sémantiques pour la logique quantique, depuis les *collages d'algèbre de Boole* PBA (Hardegree, voir Hugues 1989) et les modèles de Scott-Montague que l'on pourrait faire varier, à la façon de Boolos qui a rendu les modèles de G variables pour construire une sémantique de  $G^*$ .

---

<sup>35</sup> DU est un fractal aussi dans le sens qu'il émule tous les dovettelleurs universels.

### 3.3.20 Le miracle de Gödel et le miracle d'Einstein

Si l'hypothèse mécaniste est correcte, elle se situe alors à l'opposé du matérialisme éliminativiste<sup>36</sup>. On pourrait parler de spiritualisme éliminativiste en ce sens que c'est le concept de matière qui devient émergent, mais ceci serait trop dire car même si la physique devient introspectivement déductible (branche de l'arithmétique, ou d'une théologie néo-pythagoricienne), j'ai donné des raisons de penser que pour des machines appartenant aux régions cohérentes, il peut rester plus rapide d'inférer des lois empiriquement par observations locales (internes), que de les déduire par un autoquestionnement et par des considérations globales (cf le commentaire d'Harrington sur la BC\*-identification dans 2.3.5).

La non-constructivité inhérente au PISO mécaniste justifie l'apparence nécessairement empirique des lois physiques mais aussi d'une part très large des mathématiques et de l'informatique. En particulier, même sans MEC, une partie de l'IA aura tendance à devenir de plus en plus expérimentale et à user de plus en plus de psychologies folk-like).

En déduisant des propriétés générales de la "PDU-immunité", l'existence d'une méta-solution mécaniste au problème du corps et de l'esprit justifierait directement l'applicabilité des mathématiques à la physique. La physique devient une branche des mathématiques. Elle étudie ce que peuvent *croire* des collections de machines autoréférentiellement correctes relativement à des classes d'environnement recollables de DU.

Cela permet de réduire à terme l'énigme d'Einstein et de Wigner, concernant le rôle des mathématiques en physique<sup>37</sup>, au *miracle épistémologique* de Gödel (cf 2.1.13), c-à-d *la thèse de Church*.

En relativisant le mouvement uniforme et accéléré, Galilée et Einstein ont opéré un début de plongement du physicien dans l'univers du physicien. Pourquoi Einstein, qui voulait conserver le réalisme et la localité n'a-t-il pas proposé d'abandonner le collapse de l'onde, de plonger le physicien (et son labo, et ses collègues ...) dans l'objet physique et de relativiser, en conséquence, les sous-états d'un système quantique universel? Peut-être parce qu'Einstein voulait conserver une réalité non seulement indépendante locale et réaliste, mais surtout univoque. Pas un nuage de réalités variables. Avec MDI, cette géométrie reflète la géométrie *objective* de notre propre ignorance.

---

<sup>36</sup> Selon le matérialisme éliminativiste, les sciences neuronales devraient rendre caduque à terme le discours de la psychologie populaire (folk psychology). Voir Churchland 1986.

<sup>37</sup> Je fais allusion au texte d'Einstein "la géométrie et l'expérience", dans Einstein "1991" page 70, ainsi qu'à l'article de Wigner où il décrit son étonnement face au rôle *explicatif* ou simplement la *présence* des mathématiques en physique (Wigner 1967).

Et pourquoi Gödel n'a-t-il pas tiré les conséquences de cette sorte de miracle épistémologique que constituait, à ses yeux la vérité de la thèse de Church ? (Gödel 1946).

Probablement pour la même raison qu'il ne l'a pas adoptée d'emblée, à la différence de Kleene après la fameuse soirée où il a découvert la fermeture du dehors pour la diagonalisation.

Peut-être encore pour la raison qu'il n'apprécie pas les propositions absolument indécidables, sous l'influence de Hilbert peut-être. En effet on a vu que Gödel opte pour la négation de la thèse de Post-Turing dans sa disjonction ( $\neg PT \vee$  il existe des propositions absolument indécidable, cf Kalmar, voir la deuxième partie).

C'est sans doute aussi pourquoi Gödel (comme Finsler lui-même) n'a pas vu l'originalité du travail de Finsler qu'on peut pourtant réhabiliter<sup>38</sup> avec un "topos solipsiste", ce que Kalmar avait déjà fait informellement (voir 2. 2).

Le mécaniste (indexical et/ou digital) est habitué à de telles propositions absolument indécidables.

La méfiance de Gödel vis-à-vis du mécanisme apparaît le plus clairement dans une affirmation de Gödel, rapportée par Wang 1974, selon laquelle il serait plausible que le mécanisme soit réfuté, un jour, par un théorème montrant que le corps humain, dont on aurait su mesurer la complexité relative, n'aurait pas eu le temps d'apparaître à partir d'une distribution aléatoire de particules, dans les temps géologiques empiriquement descriptibles avec des fossiles et autres traces de notre voisinage.

Gödel anticipe ici l'usage du principe anthropique fort (Carter 1974).

Le mécanisme permet, cependant, de réfuter ce principe de deux façons.

Une façon *externe*, par le réalisme modale à la Everett ou le réalisme modal d'une solution de PDU. Cela réduit l'usage fort du principe anthropique à un usage, non trivial, (problématique) faible. Il s'agit de déterminer la géométrie des états (la trame du décors) sur laquelle la conscience supervient. L'usage du stratagème affaibli suggère  $KD?-\Sigma_1^*/KD?-\Sigma_1$ .

Une façon *interne*, qui ressemble à la réfutation de Lucas de Rudy Rucker (cf 2.3.1). En effet une machine ne peut ni déterminer un niveau de description canonique lui permettant de mesurer sa complexité, ni, sur un tel niveau (donné avec un oracle par exemple) prouver l'existence de quelque chose dont la complexité lui serait supérieure. Elle peut cependant l'inférer et se transformer elle-même.

---

<sup>38</sup> ...à sa querelle de priorité près.

### 3.3.21 RESUME

Le paradoxe du graphe filmé impose d'abandonner le principe de supervénience de l'esprit et de la conscience sur l'état physique singulier d'une machine en activité. En liant la conscience avec l'inférence de la consistance (locale) nous sommes obligés de trouver une mesure raisonnable sur l'ensemble des extensions localement consistantes. Nous devons extraire cette logique de l'objet de la logique de l'autoréférence, de la même façon que nous avons extrait la logique du sujet de  $G$  en utilisant le stratagème. Ce problème est difficile car il fait intervenir aussi bien les aspects locaux et globaux. Un nombre profond (au sens de Bennett) peut jouer le rôle de notre cosmos (ou de la terre, du génome, etc.) Cet objet est toutefois indéterminé, et on observe une multiplication des physiques possibles. Il est suggéré que des conditions de cohérence locale devraient permettre de multiplier localement les extensions de façon à rendre compte des expectatives moyennes des collections de machines à inférence autoréférentiellement correctes (relativement à un oracle) émulées par DU.

Cette approche moniste généralise à l'arithmétique le plongement du sujet dans l'objet qu'Everett a opéré en physique.

Pour que le problème du corps et de l'esprit soit résolu à partir de l'hypothèse mécaniste, il faut isoler le type de multiplication des états relatifs (universels) à partir de la théorie de l'esprit développée dans le chapitre 2.

Le paradoxe du graphe filmé oblige de faire supervenir la conscience sur tous les états computationnels (relativement immédiatement accessibles). Le paradoxe du doveteleur universel force à ne prendre qu'en considération les formules  $\Sigma_1$ . Finalement le stratagème affaibli appliqué à partir d'une telle restriction met en évidence un couple de logiques modales valant pour l'observable-probable, communicable pour la partie traitée par  $G$ , et non communicable pour la partie correspondant à  $G^* \setminus G$ .

Une interprétation modale de la logique quantique due à Goldblatt suggère une paires de "logiques quantiques" (correspondant à  $G$  et  $G^*$ ) définissant la logique faible interne de la phénoménologie de la physique (pour la part communicable), du physique (pour la part correspondant à  $G^*$ ), et de la sensation physique (le perceptible, le quale) pour la part correspondant au proprement incommunicable (correspondant à  $G^* \setminus G$ ).

Je propose ainsi l'existence d'une interprétation d'une logique "symétrique "  $B$  affaibli, au moyen de la prouvabilité arithmétique  $G$ , capable de donner les schémas abstraits des physiques possibles (sous forme de phénoménologies recollables) pour les machines autoréférentiellement correctes.

L'aspect empirique de la physique ne disparaît pas pour autant et est sans doute justifiable à partir de considérations de complexités et de profondeur relative et de phénomènes à-la-Harrigton.

## Bibliographie locale

AGNES C. and RASETTI M., 1988, *Chaos and Undecidability : A group Theoretical View*, in Advances in Statistical Mechanics, Solomon A. I. (ed.) World Scientific Publ., Singapore, pp. 57-73.

AGNES C. and RASETTI M., 1988, *Complexity, Undecidability and Chaos: a Class of Dynamical Systems with Fractal Orbits*, Workshop on Chaos and Complexity, Torino, October 5-11, 1987, Edited by Livi, R., Ruffo S., Ciliberto S. and Buiatti M., World Scientific, Singapore, pp. 3-25.

BELL J.L., 1986, *From Absolute to Local Mathematics*. Synthese 69, 409 - 426.

- BELL J.S., 1964**, *On the Einstein-Podolsky-Rosen Paradox*, Physics, 1, pp. 195-200.
- BELL J. S., 1987**, *The Measurement Theory of Everett and de Broglie's Pilot Wave*, in *Speakable and unspeakable in quantum mechanics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- BENNETT C. H., 1988**, *Logical Depth and Physical Complexity*, in Herken R. (ed), *The Universal Turing Machine A Half-Century Survey*, Oxford University Press.
- BERGSON H. 1919**, *L'énergie Spirituelle*, Presses Universitaires de France, Paris.
- BERKOVICH S. Y., 1989**, *A Possible Explanation of Quantum Mechanics Behavior by a Classical Cellular Automaton Construction*, in M. Kafatos (Ed.), 1989, pp. 163-165.
- BIRKHOFF G. and VON NEUMANN J., 1936**, *The Logic of Quantum Mechanics*, Annals of Mathematics, Vol 37, N° 4, pp. 823-843.
- BLUM L., 1990**, *Lectures on a Theory of Computation and Complexity over the Reals (or an Arbitrary Ring)*, 1989 Lectures in Complex Systems, SFI Studies in the Sciences of Complexity, vol VIII, Ed. Erica Jen, Addison Wesley.
- BLUM L., SHUB M., SMALE S., 1989**, *On a Theory of Computation and Complexity over the Real Numbers : NP Completeness, Recursive Functions and Universal Machines*, Bull. Amer. Math. Soc., 21, 1, pp. 1-46.
- BORGES J. L., 1951**, *Ficciones*, Emecé Editores S.A. Buenos Aires, *Fiction*, Trad. Franç. : P. Verdoye et Ibarra, Gallimard, Paris, 1957.
- BORN M., 1955**, *L'expérience et la théorie physique*, Gauthier-Villars, Paris. (Traduction de J.P. Mathieu)
- BUNGE M., 1980**, *The Mind-Body Problem*, Pergamon Press, Oxford.
- BUOT F. A., 1989**, *Discrete Phase-Space Model for Quantum Mechanics*, in M. Kafatos (Ed.), 1989, pp. 159-162.
- BROUT R. & ENGLERT F., 1987**, *Cosmologie Quantique, Aux confins de l'univers*, Fayard/Fondation Diderot, pp. 269-289.
- CARTER B., 1974**, *Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology*, Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data, Symposium IAU n° 63, M. S. Longair (Ed.), Reidel, Dordrecht.
- CASE J., 1971**, *Enumeration Reducibility and Partial Degrees*, Annals of Mathematical Logic, Vol. 2, N° 4, pp.419-439.
- CHAITIN G. J., 1987**, *Information Randomness & Incompleteness*, 2ed Ed. 1990, World Scientific, Singapore.
- CHANGEUX J-P. et CONNES A., 1989**, *Matière à pensée*, Edition Odile Jacob, Paris.
- CHURCHLAND Paul M., 1984**, *Matter and Consciousness*, The MIT Press, Cambridge.
- CHURCHLAND Patricia, 1986**, *Neurophilosophy*, MIT press, Cambridge.
- COOPER S.B., 1990**, *Enumeration Reducibility, Nondeterministic Computations and Relative Computability of Partial Functions*, in K. Ambos-Spies, G. H. Müller & G. E. Sacks (Eds) *Recursion Theory Week*, Proceedings, Oberwolfach 1989, Lecture Notes in Mathematics n° 1432, Springer-Verlag.

DALLA CHIARA, M. L., 1977, *Quantum Logic and Physical Modalities*, Journal of Philosophical Logic, 6, pp. 391-404.

DALLA CHIARA M. L., 1986, *Quantum Logic*, in *Handbook of Philosophical Logic*, Vol III, Gabbay D. and Guentner F. (eds.), D. Reidel Publishing Company, pp. 427-469, Dordrecht.

DAVIES P. C. W., 1990, *Why is the Physical World so Comprehensible ?*, *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*, SFI Studies in the Sciences of Complexity, vol VIII, Ed. W. H. Zurek, Addison Wesley.

DAVIES P., 1992., *Is Nature Mathematical?*, New Scientist 21 March, pp. 25-27.

DAY B. J. and KELLY G. M., 1969, *Enriched Functors Categories*, Lectures Notes in Mathematics N° 106, pp. 178-191, Edited by M. Barr, P. Berthiaume, B. J. Day, J. Duskins, S. Feferman, G. M. Kelly, S. MacLane, M. Tierney, R. F. C. Walters, Springer-Verlag, Berlin.

DAYAN P. & WILSON G., 1990, Book review of 1) Penrose's "*The Emperor's New Mind*", 1989, Oxford University Press, and 2) Lockwood in Network, 1, 1990, pp. 127-131k, UK.

DELAHAYE J. P., 1991, *Thermodynamique et Informatique théorique*, Pour la science, N° 162, pp. 17-20.

DELAHAYE J.P., 1991, *Le réalisme en mathématiques et en physique*, Pour la science, N° 159, janvier 1991.

DENNETT D. C., 1991, *Consciousness Explained*, Allen Lane, The Penguin Press.

DE PAIVA V., 1991, *Categorical Multirelations, Linear Logic, and Petri Nets*, Technical report N° 225, University of Cambridge, Computer Laboratory.

D'ESPAGNAT B., 1971, *Conceptual Foundations of Quantum Mechanics*, Reading, Mass., Addison-Wesley (2ème Ed. 1976).

D'ESPAGNAT B., 1979, *A la recherche du réel*, Gauthier-Villars, Paris.

DEUTSCH D., 1985, *Quantum theory, the Church-Turing principle and the universal quantum computer*, Proc. R. Soc. A 400, pp. 97-117.

DEUTSCH D., 1986, *Three connections between Everett's interpretation and experiment*, dans PENROSE R. and ISHAM C.J.

DEWITT B. S., 1970, *Quantum mechanics and reality*, Physics Today, Vol 23, N° 9. (also in DeWitt and Graham, 1973).

DEWITT B. S. and GRAHAM N. (Eds), 1973, *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*, Princeton Series in Physics NJ.

DODSON M.M. et VICKERS J.A.G.(Eds), 1989, *Number Theory and Dynamical Systems*, Cambridge University Press.

DOMOTOR Z., 1985, *Probability Kinematics, Conditionals and Entropy Principles*, Synthèse 63, pp. 75-114.

DUBUC E. J., 1970, *Kan Extensions in Enriched Category Theory*, Lectures Notes in Mathematics N° 145, Springer-Verlag, Berlin.

**DRESCHER G. L., 1991**, *Demystifying Quantum Mechanics: A Simple Universe with Quantum Uncertainty*, Complex Systems 5, pp. 207-237.

**DYSON F. J., 1979**, *Time without End : Physics and Biology in an open Universe*, Reviews of Modern Physics, Vol 51, N° 3, pp 447-460.

**EINSTEIN A., PODOLSKI B, and ROSEN N, 1935**, *Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered complete ?*, Physical Review, Vol 47, may 15.

**EVERETT, III, H., 1957**, "Relative State" Formulation of Quantum Mechanics, Review of Modern Physics, Vol. 9, N° 3, pp. 454-462.(also in DeWitt and Graham, 1973).

**EVERETT H., "1973"**, *The Theory of the Universal Wave Function*, in DeWitt and Graham, 1973.

**FREDKIN E. & TOFFOLI T., 1982**, *Conservative Logic*, International Journal of Theoretical. Physics. 21, pp. 219-253.

**GARDEN R. W., 1984**, *Modern Logic & Quantum Mechanics*, Adam Hilger Ltd, Bristol.

**GARDNER M., , 1977-84**, *Le nombre aléatoire omega semble bien recéler les mystères de l'univers.*, traduite de l'américain dans Le monde Mathématique de Martin Gardner, pp. 45-49, Bibliothèque pour la science, Pour la science S.A.R.L., Paris.

**GENTZEN G., 1934**, *Untersuchungen über das Logische Schliessen*, Mathematische Zeitschrift, 39, pp. 176-210, 405-431, traduit de l'allemand et commenté par R. Feys et J. Ladrière : Recherches sur la déduction logique, Presses universitaires de France, Paris, 1955.

**GELL-MANN, M. and HARTLE J. H., 1990**, *Quantum Mechanics in the light of Quantum Cosmology*, in Complexity, Entropy, and the Physics of Information, SFI Studies in the Sciences of Complexity, vol VIII, Ed. W. H. Zurek, Addison Wesley.

**GIRARD J.Y., 1987**, *Linear Logic*, Theoretical Computer Science 50, pp. 1-102.

**GIRARD J. Y., 1989**, *Toward a Geometry of Interaction*, Contemporary Mathematics, Vol. 92, pp. 169-108.

**GIRARD J.Y., 1991**, *A new constructive logic: classical logic*, Math. Struct. in Comp. Science, Vol 1, pp. 255-296.

**GIRARD J-Y., 1993**, *Linear Logic, A Survey*, in Logic and Algebra of Specification, Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Logic and Algebra of Specification, held in Marktoberdorf, Germany, July 23-August 4, 1991, NATO ASI Series, Series F, Computer and Systems Sciences, Vol. 94, pp. 63-112, Springer Verlag.

**GÖDEL K., 1946**, *Remarks before the Princeton Bicentennial Conference on Problems in Mathematics*, in DAVIS 1965, pp. 84-88.

**GÖDEL K, 1951**, Bull. Am. Math. Soc., vol 58, 1952, p. 158. voir Wang 74 page 324.

**GOGUEN, J. A., 1992**, *Sheaf semantics for concurrent interacting objetc*, Mathematical Structures in Computer Science, Vol 2, N°2, pp. 159-191.

**GOLDBLATT R. I., 1974**, *Semantic Analysis of Orthologic*, Journal of Philosophical Logic, 3, pp. 19-35.

**GOODMAN N. D., 1981**, *The Experiential Foundations of Mathematical Knowledge*, History and Philosophy of Logic, 2, pp. 55-65.

**GOODMAN N. D., 1990**, *Mathematics as Natural Science*, Journal of Symbolic Logic, Vol 55, N° 1, pp. 182-192.

**GRAHAM N., 1973**, *The Measurement of Relative Frequency*, in DeWitt and Graham.

**HARTLE J.B., 1968**, *Quantum Mechanics of Individual Systems*, American Journal of Physics, Vol 36, N° 8.

**HOFSTADTER D., 1979**, *Gödel, Escher, Bach : an Eternal Golden Braid*, Basic Books, Inc., Publishers, New York.

**HÖHLE U., 1991**, *Monoidal closed categories, weak topoi and generalized logics*, Fuzzy Sets and Systems 42, pp. 15-35.

**HUGHES R. I. G., 1989**, *The Structure and Interpretation of Quantum Mechanics*, Harvard University Press, Cambridge.

**HUMES D., 1739**, *A Treatise of Human Nature*, London. aussi Fontana/Collins, Glasgow, 1987.

**KAFATOS M., 1989**, (Ed.), *Bell's Theorem, Quantum Theory and Conceptions of the Universe*, Kluwer Academic Publishers.

**KELLY G. M., 1969**, *Adjunctions for Enriched Categories*, Lectures Notes in Mathematics N° 106, pp. 168-177, Edited by M. Barr, P. Berthiaume, B. J. Day, J. Duskins, S. Feferman, G. M. Kelly, S. MacLane, M. Tierney, R. F. C. Walters, Springer-Verlag, Berlin.

**KENNES R., 1992**, *Categories of Information, An Application to Dempster-Shafer Theory* Preprint 2-13-92, IRIDIA.

**KENT A., 1990**, *Against Many World Interpretations*, International Journal of Modern Physics A, Vol. 5, N° 9, pp. 1745-1762.

**KOMJATH P. and ZSOLT S., 1987**, *Orientation Problems on Sequences by Recursive Functions*, Lecture Notes in Computer Science N° 215, pp. 201-206, Springer-Verlag.

**KOPPEL M., 1988**, *Structure*, in Herken R. (ed), *The Universal Turing Machine A Half-Century Survey*, Oxford University Press, pp. 435-452.

**KURTZ S. A., 1983**, *On the Random Oracle Hypothesis*, Information and Control, 57, pp. 40-47.

**LADRIERE J., 1951**, *Le Théorème fondamental de Gentzen*, Revue Philosophique de Louvain, pp. 357-384.

**LAPLANE D., 1987**, *le parallélisme vu par Bergson et Kuhlberg + discussion sur les aspects thermodynamiques et sur la quantification de la pensée*, dans *La mouche dans le bocal*, Plon, Paris.

**LAWVERE F. W., 1969**, *Adjointness in Foundations*, Dialectica, Vol 23, N° 3/4, pp. 281-295.

**LAWVERE F. W., 1969**, *Diagonal Arguments and Cartesian Closed Categories*, Category theory, Homology theory and their applications II, Springer LNM 92, pp. 134-145.

**LAWVERE F. W., 1974**, *Metric Spaces, Generalized Logic, and Closed Categories*, Rendiconti del Seminario Matematico e Fisico di Milano, Vol 43, pp. 135-166.

**LAWVERE F.W., 1980**, *Toward the description in a smooth topos of the dynamically possible motions and deformations of a continuous body*, Cahiers de Topologie et géométrie différentielle, Vol. XXI-4, pp. 377-392.

**LAWVERE F. W., 1986**, *Taking Categories Seriously*, Revista Colombiana de Mathematicas, vol. XX, pp. 147-178.

**LEE, J., 1993**, *Lettre au New Scientist*, n° 1873, 15 mai, pp.52.

**LONDON F. and BAUER E., 1939**, *La théorie de l'observation en mécanique quantique*, Hermann & Cie, Editeurs, Paris.

**LONGO G., 1991**, *Information and the Mind-Body Problem*, Lectures notes in computer science n° 521, pp 298-306, B. Bouchon-Meunier, R. R. Yager, L. A. Zadeh (Eds), Springer Verlag.

**MACLANE S., 1986**, *Mathematics Form and Function*, Springer Verlag, New-York.

**MADDELL G., 1988**, *Mind & Materialism*, The University Press, Edinburgh.

**MARCHAL B., 1986**, *Introspective Machines, Iteration and Incompleteness*, IRIDIA technical project, april 1986.

**MARCHAL B., 1988**, *Informatique théorique et philosophie de l'esprit*. Actes du 3ème colloque international de l'ARC, Toulouse.

**MARCHAL B., 1991**, *Mechanism and Personal Identity*, proceedings of WOCFAI 91, M. De Glas & D. Gabbay (Eds), Angkor, Paris, 1991.

**MARTI-OLIET N. and MESEGUER J., 1991**, *From Petri Nets to Linear Logic*, Math. Struct. in Comp. Science, Vol 1, pp. 69-101.

**McGOVERAN D. O., NOYES H. P. and MANTHEY M., 1989**, J., *On the Computer Simulation of the EPR-Bohm Experiment*, in Kafatos M., 1989, (Ed.), pp. 153-158.

**MITTELSTAEDT P., 1974**, *Quantum Logic*, PSA 1974, R. S. Cohen et al. (eds), pp. 501-514.

**MORAVEC H., 1988**, *Mind Children*, Harvard University Press, Cambridge.

**MOROWITZ H. J., 1987**, *The Mind Body Problem and The second Law of Thermodynamics*, Biology and Philosophy, 2, pp. 271-275.

**NAVARA M. and PTAK P., 1991**, *On the state space of soft fuzzy algebras*, Bulletin pour les sous-ensembles flous et leurs applications, N° 48, Toulouse, pp. 55-63.

**PENFIELD W., 1975**, *The Mystery of the Mind*, Princeton University Press, New Jersey.

**PENROSE R., 1988**, *On the Physics and Mathematics of Thought*, in Herken R. (ed), *The Universal Turing Machine A Half-Century Survey*, Oxford University Press.

**PITT L., 1989**, *Probabilistic Inductive Inference*. Journal of the Association for Computing Machinery. Vol 36, N° 2, pp. 383-433.

**PRIMAS H., 1981**, *Chemistry, Quantum Mechanics and Reductionism*, Springer-Verlag, Berlin (second, corrected edition 1983).

**PUTNAM H., 1963**, *Probability and confirmation* The Voice of America, Forum Philosophy of Science, 10 (U.S. Information agency, 1963). Reprinted in Mathematics, Matter, and Method. Cambridge University Press, Cambridge 1975.

**REDHEAD M., 1987**, *Incompleteness, Nonlocality and Realism. A Prolegomenon to the philosophy of Quantum Mechanics*. Clarendon Press.

**ROSENTHAL K. I., 1990**, *Quantales and their Applications*, Research Notes in Mathematics.

**RÖSSLER O. E., 1987**, *Endophysics*, in *Real Brains, Artificial Minds*, J. L. Casti, A. Karlqvist (eds), pp. 25-46, North-Holland, New-York.

**RÖSSLER O. E., 1991**, *Boscovich Covariance*, Chapter 4 in *Beyond Belief*, Casti J. L. & Karlqvist A. (eds), CRC Press. + YAM, P., 1993, A bus for Scotty, Scientific American, June.

**RYBARIK J., 1991**, *The entropy of the Q-F-Dynamical System*, Bulletin pour les sous-ensembles flous et leurs applications, N° 48, Toulouse, pp. 24-26.

**SHAFFER G., 1976**, *A Mathematical Theory of Evidence*, Princeton University Press, New Jersey.

**SCHRÖDINGER E., 1932**, *Über Indeterminismus in der Physik*, J. A. Barth, Leipzig.

**SCHRÖDINGER E., 1951**, *Science and Humanism*, Cambridge University Press. (repris dans Schrödinger 1992).

**SCHRÖDINGER E., 1958**, *Mind and Matter*. Cambridge university Press, Cambridge. Trad. franç.par M. Bitbol: l'esprit et la matière, Editions du Seuil, Paris 1990.

**SCHRÖDINGER E., "1992"**, *Physique quantique et représentation du monde*, Seuil, Paris.

**SHIMONY A., 1963**, *Role of the Observer in Quantum Theory*, Am. J. of Physics 31, 6, pp. 755-773

**SHIMONY A., 1989**, *Conceptual Foundations of Quantum Mechanics*, in *The New Physics*, Paul Davies (Ed), Cambridge University Press.

**SCHNORR C. P. and FUCHS P., 1978**, *General Random Sequences and Learnable Sequences*, Journal of Symbolic Logic, Vol ?, N° ?, pp. 329-341.

**SMETS P., 1988**, *Belief Function*, chapitre 9 de Smets & AL 1988.

**SMETS P., 1991**, *Probability of Provability and Belief Functions*, Logique & Analyse 133-134, pp. 177-195.

**SMETS P., MAMDANI, E. H., DUBOIS D., PRADE, H., 1988**, *Non Standart Logics for Automated Reasoning*, Academic Press, Londres.

**STAPP H. P., 1989**, *Quantum Ontologies*, in M. Kafatos (Ed.), *Bell's Theorem, Quantum Theory and Conceptions of the Universe*, Kluwer Academic Publishers, pp. 269-277.

**VAN FRAASSEN B. C., 1974**, *The Labyrinth of Quantum Logic*, Boston Studies of Philosophy of Sciences, 13, R. Cohen & M. Wartosky (Eds.), Reidel, Dordrecht, pp. 224-254.

**VICKERS S., 1989**, *Topology via Logic*, Cambridge University Press, Cambridge.

**WANG H., 1974**, *From Mathematics to Philosophy*, Routledge & Kegan Paul, London.

**WHEELER J. A., 1968, Superspace and the Nature of Geometrodynamics, Battelle Rencontres, W. A. Benjamin, New York.**

**WIGNER E., 1967, *The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences*, Chapitre 17 de Wigner 1967 Symmetries and Reflections, pp. 222-237.**

**WIGNER E., 1967, *Symmetries and Reflections*, Indiana University Press, Bloomington.**

**YETTER D. N., 1990, *Quantales and (Noncommutative) Linear Logic*, Journal of Symbolic Logic, Vol 55, N° 1, pp. 41-64.**

**ZEH, H. D., 1990, *Quantum Measurements and Entropy, Complexity, Entropy, and the Physics of Information*, SFI Studies in the Sciences of Complexity, vol VIII, Ed. W. H. Zurek, Addison Wesley.**

**ZUREK W. H., 1989, *Algorithmic Randomness and Physical Entropy*, Physical Review A, Vol 40, N° 8, pp.47-31.**

**ZUREK W. H., 1991, *Decoherence and the transition from Quantum to Classical*, Physics Today, pp.36-44.**