



Frédéric Elie on
ResearchGate

Ébauche d'une théorie sur le rapport entre l'esprit et le réel: « théorie ONE » (Objectivité, Négligeabilité, Émergence)

Frédéric Élie

créé le 12 février 2011

édité sur le site en octobre 2015, version de mai 2019

CopyrightFrance.com

La reproduction des articles, images ou graphiques de ce site, pour usage collectif, y compris dans le cadre des études scolaires et supérieures, est INTERDITE. Seuls sont autorisés les extraits, pour exemple ou illustration, à la seule condition de mentionner clairement l'auteur et la référence de l'article.

« Si vous de dites rien à votre brouillon, votre brouillon ne vous dira rien ! »
Jacques Breuneval, mathématicien, professeur à l'université Aix-Marseille I, 1980

Abstract : La théorie ONE (Objectivité, Négligeabilité, Émergence) pose les principes d'une théorie sur le rapport entre l'esprit humain et la réalité physique. Elle est développée sur ces trois axes: principe d'Objectivité, principe de Négligeabilité, principe de l'Émergence; ces principes ne sont pas indépendants. Ils sont déduits l'un de l'autre, ils correspondent chacun à un axe différent en rapport avec les autres:

- l'axe des représentations: exploite le principe d'Objectivité;
- l'axe de la logique: exploite le principe de Négligeabilité;
- l'axe de l'Émergence : il porte sur l'évolution des choses et l'information.

S'appuyant sur le principe du monisme philosophique, cette théorie fait intervenir, à sa manière, de grands domaines de la pensée et de la connaissance et propose de les mettre en relations, dans l'optique d'une vision unitaire des systèmes dans l'univers et des interactions entre l'esprit humain, voire sa conscience, avec eux et lui-même. De la philosophie relative à la démarche scientifique, en passant par la physique, la théorie de l'information, les questions de sciences cognitives, l'éthique, la méditation, les questions métaphysiques, le domaine artistique, voire le domaine spirituel... les grandes lignes de ce projet de théorie présentées ici nous font voyager d'un espace à l'autre, de celui où le temps est irréversible et thermodynamique, à celui où le temps est réversible. De nombreuses questions sont ouvertes et il est légitime de mettre en doute certaines propositions de ce projet, d'autant qu'une partie fait appel au modèle de la « théorie des Stratons dits d'Élie » (voir point 4.1) qui, elle aussi, est un essai déjà ancien que j'avais esquissé sur la base d'hypothèses d'autant plus contestables qu'elles ne convergent pas forcément vers les résultats cosmologiques actuels. Cet article est donc une simple curiosité, que je ne voulais pas laisser aux oubliettes, mais, qui sait ? peut offrir l'occasion de se poser de vieilles questions sous un point de vue quelque peu atypique.

La version de mai 2019 est une reprise des calculs du point 5.9 qui comportaient des erreurs de raisonnement dans la version précédente.

SOMMAIRE

- 1** – Axe des représentations: principe d'Objectivité (O)
 - 1.1 – Principe de base
 - 1.2 - Remarque : monisme philosophique et non finalisme
 - 1.3 – Axe O (principe d'Objectivité)
 - 1.4 – Axe N (principe de Négligeabilité)

- 1.5 – Axe E (émergence)
- 1.6 – La théorie ONE
- 2 – Axe de la logique: la négligeabilité (N)
 - 2.0 - Négligeabilité et logique
 - 2.1 – Négligeabilité et indécidabilité
 - 2.2 – Horizon logique
 - 2.3 – Réfutabilité
 - 2.4 – Induction
 - 2.5 – Positivisme ou fictionnalisme ?
- 3 – Axe de l'émergence (E)
 - 3.1 – Émergence et induction
 - 3.2 – Statut des données premières
 - 3.3 – Flux énergie, matière-mouvement, information et leur déploiement dans l'espace-temps-forme
 - 3.4 – Réel concret
 - 3.5 – Dialectique du réel et du virtuel
 - 3.6 – Émergence et virtualité
- 4 – Un nouveau formalisme à trouver: la théorie des Stratons?
 - 4.1 - Remarque préliminaire : confusion à éviter
 - 4.2 – Énergie et information en théorie des stratons
 - 4.3 – Confinements des stratons
 - 4.4 – Réalisme physique, causalité, inférences
 - 4.5 – Rôle de la conscience
- 5 – Recherche de quelques idées sur les flux fondamentaux Energie-Matière-Information (E,M,I) d'une part, et l'espace de représentation Temps-Espace-Forme (T,X,F) d'autre part
 - 5.1 – Flux énergie-matière-information
 - 5.2 – Temps-Espace-Forme (T,X,F)
 - 5.3 – Correspondances spectrales
 - 5.4 – Relation forme, espace, temps
 - 5.5 – Temps paramétrique et temps thermodynamique
 - 5.6 – Émergence du temps : une approche
 - 5.7 – Symétrie entre les flux (E,M,I)
 - 5.8 – Comment construire un concept de forme ?
 - 5.9 – Retour sur le point de vue métrique
 - 5.10 – Aspects topologiques de la négligeabilité
 - 5.11 – Quantification et invariants adiabatiques
 - 5.12 – Critère de réalité d'un système qui est le siège de propriétés émergentes
- 6 - Lien avec la « théorie des stratons »
- 7 - Une approche de la « conscience » selon la théorie des stratons
- 8 - Conséquences épistémologiques
- 9 – Significations, intentions, projets chez les systèmes doués de conscience
- 10 – Système observateur conscient et système observé : réduire l'équivocation et l'ambiguïté
- 11 – Un double problème de la conscience, et pistes pour le résoudre
 - 11.1 – Formulation du double problème
 - 11.2 – Nécessité d'une « gestion » de la conscience, question éthique
 - 11.3 – Modulation et aliasing psychiques : outils de « gestion » de la conscience ?
 - 11.4 – Aspects éthiques et spirituels

1 – Axe des représentations: principe d'Objectivité (O)

1.1 – Principe de base

Le principe de base consiste à supposer qu'aux phénomènes de la nature comme de ceux liés aux artefacts humains, puisse s'appliquer, sous certaines conditions, le principe d'Objectivité (O) pour en obtenir des représentations utiles à l'esprit humain (i.e. Le système cognitif humain) ⁽¹⁾.

Le principe d'objectivité s'applique même aux faits subjectifs, non pas pour en découvrir la nature en soi mais pour d'une part pour les introduire dans les modalités de la connaissance des faits extérieurs et objectifs (par exemple, les modèles subjectivistes de la physique), d'autre part pour traiter les relations entre faits subjectifs, ces relations étant considérées comme objectivables donc relevant de l'approche expérimentale.

Comme hypothèse métaphysique fondamentale sur la nature de la réalité physique, on admet que les objets et les faits dans l'univers, peuvent satisfaire ce principe.

1.2 - Remarque : monisme philosophique et non finalisme

On a vu dans ⁽²⁾ que cette hypothèse fondamentale de la démarche scientifique, évacue tout recours à une création finalisée des choses de l'univers à l'échelle globale: pas de téléologie de principe dans la façon d'interroger les phénomènes de la nature pour en tirer une connaissance scientifique. Tandis que certains scientifiques ou philosophes ne reconnaissent dans ce principe qu'une méthode de travail, pour les besoins de la science, sans préjuger de la nature intime et fondamentale du réel, d'autres, dont je suis, l'admettent comme une donnée primordiale caractéristique du réel. L'argument est d'ordre logique: s'il existe dans l'univers des processus selon une cause finale et si la démarche scientifique les écarte, par définition, alors ces processus ne peuvent pas entrer dans le champ de la connaissance scientifique, tandis qu'ils sont en relation avec les processus dont l'existence n'est pas explicable en termes de cause finale. Cette relation n'est pas connaissable par la démarche scientifique. Or les processus que l'on peut décrire suivant le principe d'objectivité deviennent nécessairement descriptibles en termes de cause finale de par ces relations avec les processus qui suivent une téléologie. Donc ils sont eux aussi compréhensibles en termes de cause finale, donc le principe d'objectivité ne peut pas s'appliquer à eux.

Il y aurait contradiction logique, sauf si l'on admet que l'univers est divisé en deux familles: l'une qui relève du principe d'objectivité, l'autre qui relève du principe téléologique, autrement dit, on aurait affaire à une approche dualiste du réel, hypothèse que je réfute a priori... Et ces deux familles ne pourraient pas interagir!

1.3 – Axe O (principe d'Objectivité)

Sommairement, il affirme que l'on peut toujours traiter du même objet dans des référentiels d'observations différents. Cette possibilité suppose qu'il existe chez l'objet (ou plus précisément dans ses états) une **propriété invariante**, c'est-à-dire indépendante du système d'observation, et cette possibilité n'est relative qu'à cette propriété invariante. Elle suppose donc que, parmi toutes les propriétés possibles de l'objet, on en a négligé une infinité d'autres pour ne considérer qu'une propriété particulière: la propriété invariante.

D'où:

1.4 – Axe N (principe de Négligeabilité)

L'invariance par laquelle on peut décrire un système selon le principe d'objectivité concerne une

1 Frédéric Élie: Méthode expérimentale – site <http://fred.elie.free.fr> , 2005

2 Frédéric Élie: Méthode expérimentale – site <http://fred.elie.free.fr> , 2005

catégorie de propriétés et suppose que l'on puisse négliger d'autres propriétés qui structurent aussi les états du système. La catégorie des propriétés auxquelles peut s'appliquer l'invariance est nécessairement **irréductible** aux autres catégories qui ont été négligées. Si ce n'était pas le cas, alors l'invariance serait déplacée au niveau d'autres catégories de propriétés auxquelles la catégorie invariante initiale se réduirait.

Le principe d'objectivité (O) suppose donc la possibilité du principe de négligeabilité (N).

L'irréductibilité de la catégorie des propriétés non négligées et invariantes aux innombrables propriétés du système qui en structurent les états mais qui peuvent être négligées (aux échelles d'observations adéquates) correspond à l'**émergence** de propriétés du système à partir de toutes les propriétés qui caractérisent ses états mais auxquelles la catégorie ne se réduit pas de manière analytique (la propriété du tout ne se réduit pas à l'assemblage des propriétés de ses parties, à une échelle d'expérimentation et d'observation où l'on peut négliger les propriétés) ⁽³⁾.

D'où:

1.5 – Axe E (émergence)

Une propriété qualitativement nouvelle résulte des propriétés des parties du système, par leurs interactions complexes, bouclées, multi-niveaux et multiéchelles, sans pour autant leur être réductible. L'émergence peut trouver une explication formelle dans ⁽⁴⁾. Une propriété émergente n'est pas nécessairement invariante, mais une propriété invariante est nécessairement rattachée à une propriété émergente puisqu'elle est observable à condition de pouvoir négliger toutes les autres propriétés du système et de ses parties (principe N), et par conséquent elle ne se réduit pas simplement à elles.

1.6 – La théorie ONE

La théorie ONE (Objectivité-Négligeabilité-Emergence) met en relation ces trois principes et nécessite, pour cela, de se poser les questions critiques des concepts d'invariance, de relation entre le sujet observateur et l'objet observé (les processus cognitifs et les catégories par lesquelles l'esprit humain structure et expérimente sa vision du monde), d'échelles d'observations et de mesures, de systèmes complexes.

2 – Axe de la logique: la négligeabilité (N)

2.0 – Négligeabilité et logique

Le principe de négligeabilité est relié à la logique des modèles et des théories pour les raisons suivantes:

2.1 – Négligeabilité et indécidabilité

Dans l'application de la négligeabilité à la modélisation du système ou de la catégorie de systèmes observé, on pose des **règles de raisonnement** pour la catégorie concernée par les propriétés non négligées. Comme ces règles sont liées au **domaine de validité** du modèle où, par définition, on a négligé une multitude de propriétés, elles aboutissent à des énoncés, des propositions logiques, portant sur les propriétés non négligées, parmi lesquels certains sont cohérents avec le modèle mais sans que celui-ci ne puisse les démontrer de l'intérieur. En effet, aux « frontières » du domaine de validité, il y a des énoncés cohérents avec le domaine de

3 Andrei Kirilyuk: Emerging consciousness – Turin 2003

- Jean-Louis Le Moigne: Théorie du système général – Les classiques du réseau intelligence de la complexité RIC, 1977-1994

4 Andrei Kirilyuk: Emerging consciousness – Turin 2003

validité (puisqu'ils lui appartiennent) mais qui renvoient en même temps à la façon dont on a négligé les propriétés ou les catégories de propriétés, laissées donc en-dehors du domaine de validité. Ces énoncés sont dits « **indécidables** »: si la théorie qui résulte de la négligeabilité des propriétés du système pouvait, par ses règles logiques, démontrer en elle-même les énoncés indécidables, alors cela signifierait qu'elle serait capable de démontrer des propositions qui impliquent des propriétés qu'elle a négligées. Donc ces règles formeraient un système logique **contradictoire**. Réciproquement, une théorie non contradictoire doit obligatoirement contenir des énoncés indécidables: la théorie repose sur des faits, propriétés, catégories qui ont été négligés, on a donc des énoncés de la forme « on néglige telle ou telle propriété... », ou plus exactement, puisque l'on ne connaît pas a priori toutes les propriétés du système que l'on choisit de négliger, on a des énoncés de la forme: « on retient seulement telle ou telle propriété... ». Ces énoncés permettent d'induire des règles de raisonnement, et celles-ci sont cohérentes avec ces énoncés qui reformulent, dans le formalisme interne de ces règles, donc sous forme d'énoncés indécidables, le fait que ce qui a été retenu, non négligé, a conduit au système de règles de la théorie modélisatrice.

L'axe de la négligeabilité porte donc le **théorème de Gödel** pour toute théorie logiquement consistante.

2.2 – Horizon logique

On vient de voir que les énoncés indécidables marquent la frontière du domaine de validité de la théorie modélisatrice: il s'agit plus exactement d'un **horizon logique** au sein de la théorie qui délimite le domaine de validité de la théorie et le domaine « extérieur » contenant toutes les propriétés qui ont été négligées, et dans lequel la théorie ne peut plus y construire d'énoncés démontrés.

2.3 – Réfutabilité

La théorie modélisatrice, ou représentation selon le principe d'objectivité d'une catégorie de phénomènes, ne peut pas démontrer par elle-même ce qu'elle a négligé, mais elle doit prévoir la frontière au-delà de laquelle elle peut être réfutée par des théories qui n'ont pas recouru à la même négligeabilité. Elle ne peut évidemment pas prédire par elle-même comment la frontière peut être expérimentalement définie, puisque sinon cela impliquerait que la théorie connaît ce qu'elle a négligé. Mais elle doit, dans sa cohérence logique, prévoir l'existence d'une frontière (et on a vu que cela se traduit, sur le plan de la logique, par des énoncés indécidables).

Sans cela, la représentation n'a pas de caractère scientifique puisqu'elle ne satisfait pas au principe d'objectivité (O). On retrouve le **principe de réfutabilité** de K. Popper ⁽⁵⁾.

2.4 – Induction

On a vu le rôle de l'**induction** dans les fondements des règles de raisonnement d'une théorie représentative: la manière de négliger les propriétés, ou de n'en retenir que certaines, induit le système de règles générales qui vont structurer la théorie. On passe ainsi du plus factuel (le phénomène) au plus conceptuel (ce qui peut être retenu comme propriétés du phénomène afin d'en dégager une propriété invariante, ce qui définit une classe de phénomènes plus large que le phénomène factuel). L'induction doit aboutir à des modèles qui respectent, et qui exploitent, le principe d'objectivité, donc qui doivent satisfaire le principe de réfutabilité.

2.5 – Positivisme ou fictionnalisme ?

Il y a une infinité (non dénombrable) de façons de décomposer un système en parties où apparaissent des invariances différentes. Il y a donc une infinité de tests de réfutation qu'une

5 Patrick Juignet: Popper falsification et corroboration – Philosciences, 2009

théorie représentative doit franchir pour qu'elle soit pleinement validée ⁽⁶⁾, donc, en toute rigueur aucune représentation ne peut être de manière définitive logiquement cohérente.

On peut concevoir qu'une telle affirmation puisse agacer les tenants d'un constructivisme du réel par voie expérimentale, selon lequel la seule logique valable est dans la sanction expérimentale.

Les conséquences de ce qui précède sont dans les approches et leurs limites de la méthode scientifique et de la démarche expérimentale: l'approche positiviste, la prise en compte de l'intentionnalité dans le caractère inévitablement sélectif des modes de négligeabilité et donc des invariants, le volontarisme épistémologique qui s'ensuit, et enfin le **fictionnalisme** ⁽⁷⁾ pour lequel les « lois » de la physique ne renseignent pas sur la nature profonde du réel, si elle existe, le terme « réel » désignant ici cette fois l'ensemble de tout ce qui n'est pas négligé (je l'appelle « réel logique »), mais les « lois » sont fondées sur le mode de sélection des faits et des propriétés à négliger.

3 – Axe de l'émergence (E)

3.0 - Par les concepts d'induction et de déduction que la négligeabilité (N) introduit, il existe un lien, un cheminement entre la logique de la méthode expérimentale et le concept d'émergence.

3.1 – *Émergence et induction*

Une propriété émergente du système place le système dans un domaine de représentation différent de ceux de ses propriétés constitutives auxquelles elle n'est pas réductible. Lorsque l'observation ou l'expérimentation porte sur les propriétés constitutives et que, à partir d'elles, on cherche à dégager une invariance au niveau d'une propriété englobante (émergente) du système, moyennant la négligeabilité de propriétés constitutives, on procède à une démarche inductive.

Pour fixer les idées, exemple de la théorie de Galilée sur la chute des corps: la plupart des expériences de chute montrent que des objets de même poids mais de tailles différentes tombent avec des vitesses différentes; mais en négligeant la résistance de l'air, et donc l'infinité des formes des objets, on établit expérimentalement que tous les corps tombent avec une même accélération, la pesanteur. Au niveau de la théorie, il s'agit localement d'une propriété d'invariance (« localement » seulement a posteriori car c'est plus tard, avec Newton, que l'on s'est aperçu que la pesanteur dépend de la planète et du lieu géographique terrestre). Or cette propriété invariante a pu être dégagée grâce à la négligeabilité de toutes les autres propriétés des corps possibles, hormis leurs masses. C'est une démarche inductive où l'on passe de faits particuliers et très diversifiés à une propriété invariante, moyennant l'emploi du principe de négligeabilité.

Dans cette démarche où se place la propriété émergente? Est-ce la gravité qui joue ici le rôle d'invariant commun à tous les corps en chute libre et dont on a négligé une infinité de propriétés pour ne retenir que la propriété par laquelle ils répondent à la gravité: la masse? Non, dans les limites de la théorie (corps divers soumis à une même pesanteur) on ne peut pas dire que la pesanteur est une nouvelle propriété émergente issue de la complexité des corps qui sont en chute libre. En revanche il est clair que cette propriété invariante (dans les limites de la théorie) est irréductible à celles des corps et de leurs constitutions, mais ici c'est parce qu'elle leur est extérieure.

De quelle émergence s'agit-il alors? Est-elle le résultat de tout ce qui conduit à l'apparition de la pesanteur, donc la Terre et tout ce qu'elle contient avec toutes ses propriétés; serait-elle la résultante des contributions de toutes les parties de la Terre qui ont une masse? Non, car il y

6 Jean-François Lahaeye : La logique comme cohérence de la critique et du langage – site <http://fred.elie.free.fr>, septembre 2004

7 - Nancy Cartwright : Nature's capacities and their measurement, 1989

- Frédéric Élie: Lois de la nature – <http://fred.elie.free.fr>, 2007

- Frédéric Élie: Lois sur la nature – <http://fred.elie.free.fr>, 2008

aurait réductibilité. Elle serait plutôt dans le concept même de masse: pour tout corps cette propriété, apparemment banale, est le résultat de processus affectant les corps mettant en jeu des propriétés constitutives vis-à-vis desquelles elle est irréductible, dès lors que l'on considère ces corps du point de vue du système complexe. On sait en physique que la masse n'est pas une donnée première et participe à des échanges (quantiques...) et à l'énergie, mais à défaut d'en connaître toutes les propriétés d'où elle émerge, à l'échelle macroscopique elle se pose à l'esprit humain comme une catégorie première.

3.2 – Statut des données premières

De manière générale, cette interrogation suggère de manière heuristique que lorsqu'une invariance est identifiée, dans les limites de tout ce qui a été négligé dans un système, les interactions ou processus qu'elle permet de modéliser dans le système font intervenir des propriétés vues comme des données premières dans le cadre de ces limites, mais qui sont le produit émergent des propriétés qui font partie de celles qui ont été négligées. De cette réflexion pourra-t-on dégager une piste méthodologique pouvant enrichir l'induction dans la démarche expérimentale?

Lorsque, à l'inverse, on cherche à prédire des propriétés particulières ou des phénomènes à partir du formalisme dans lequel l'invariance du système a été identifiée moyennant la manière dont certaines propriétés sont négligées, donc lorsque l'on procède par déductions logiques par les règles de raisonnement de la théorie représentative, on procède de manière déductive.

3.3 – Flux énergie, matière-mouvement, information et leur déploiement dans l'espace-temps-forme

On admet, par ailleurs, que, selon les possibilités cognitives de l'esprit humain, les catégories de propriétés qui interviennent fondamentalement dans les propriétés invariantes sont liées aux flux des énergies (E), des matières ou mouvements (M) et de d'information (I): ce qui définit un « espace » des émergents (E, M, I) dans lequel le temps d'évolution n'intervient pas. Les points (ou vecteurs) de cet espace peuvent être déterminés par une condition initiale et/ou aux limites du système puisque, le système étant invariant vis-à-vis de l'une des propriétés considérée, ce point représente tous les états possibles du système tant qu'il suit cette invariance.

Or toute expérience (et plus généralement tout processus vécu par l'être humain) se traduit par une suite d'états observables qui se succèdent (de manière irréversible) selon le temps et dans des lieux spatiaux et selon des formes qui changent avec lui. En appliquant cela aux degrés de liberté (q), qui généralisent les coordonnées spatiales du système en tenant compte des contraintes et des liaisons dans le système, et en considérant que la dynamique d'évolution est contenue dans les moments généralisés (p) – l'ensemble des points (q, p) formant l'espace des phases – et en incluant les propriétés observables, expérimentées par le système cognitif lui-même, qu'on appelle « formes » (f), on considère, selon les possibilités cognitives de l'esprit humain, que les systèmes sont observables selon une évolution des propriétés temps-espace-forme (T, X, F).

Remarque : En fait les moments (p) décrivent la dynamique du système, c'est-à-dire le flux de matière généralisé (les impulsions, les moments cinétiques...) donc sont associés aux coordonnées (M) dans l'espace (E, M, I). A noter que, en théorie de la relativité, les moments (p) sont traités de la même manière que l'énergie (E), en faisant partie d'un quadrivecteur impulsion-énergie (E, p) dont E est la composante de temps et p sont les composantes d'espace. En mécanique analytique, ainsi qu'en mécanique quantique, on montre qu'il y a une relation de dualité entre les (E, p) et les (t, q) de l'espace (T, X, F): elles sont variables conjuguées (pourvu que le temps t soit traité comme une des variables canoniques). Par analogie, de même que dans (E, M, I) l'information I apparaît comme une coordonnée

supplémentaire, dans (T, X, F) sa grandeur canonique conjuguée est la coordonnée forme (f). L'idée serait alors de chercher à étendre le formalisme de la mécanique analytique et des systèmes dynamiques en incluant ces coordonnées supplémentaires. L'espace des phases est l'ensemble des points (q, p), c'est donc une section dans le produit cartésien des espaces (E, M, I) x (T, X, F).

3.4 – Réel concret

Le caractère invariant du système, que l'on peut décrire dans l'espace des émergents (E, M, I) devient observable et évolutif (le système change en termes de ce qui reste inchangé ⁽⁸⁾ par projection sur l'espace (T, X, F). Les éléments de cette projection correspondent au « réel » concret (qui est différent du « réel logique » que l'on a introduit à l'occasion de la négligeabilité). Le **réel concret**, théâtre des observations expérimentales, comme de toute expérience intime objective ou subjective, n'est pas le réel logique car il ne s'offre pas à l'observateur comme l'ensemble complet de toutes les propriétés qui ont été négligées. Il se présente comme une **sélection** vis-à-vis des critères expérimentaux fondés sur le choix qu'une certaine invariance est à la base des évolutions de certaines propriétés du système, celles-là mêmes qui n'ont pas été négligées. C'est donc un réel ayant subi une **coupe**, une sélection selon des invariants possibles. Si le réel logique est un espace de dimension infinie de toutes les propriétés possibles, négligeables ou non, d'un système, alors le choix d'une invariance revient à introduire une section topologique dans cet espace (par analogie aux sections de Poincaré qui permettent de formaliser les attracteurs et la transition vers le chaos). Cette section est un espace (E, M, I), qui va se projeter en espace (T, X, F) si l'on cherche à décrire l'évolution du système dans le temps, dans l'espace, et dans la forme, en termes de ce qui reste inchangé (l'invariant dans (E, M, I)).

3.5 – Dialectique du réel et du virtuel

A partir de l'hypothèse selon ⁽⁹⁾ que le temps (et l'espace) deviennent des propriétés émergentes d'un système complexe, en interaction avec d'autres systèmes, l'observation est par définition tout processus de relevés des états du système selon ces référentiels temps-espace (et forme). En particulier, le système cognitif humain, l'observateur, est un système en interaction avec le système observé auquel il s'intéresse, et l'observation qu'il déroule se place obligatoirement dans ce référentiel dont on a dit qu'il émerge de ces systèmes en interaction. Sans émergence du temps (et de l'espace et forme) les interactions seraient seulement de nature logique, comme indiqué au § 2, donc sans le temps de la physique, ou avec l'équivalent d'un « temps » du Zoran (z) dont le temps physique est le résultat d'un filtrage ⁽¹⁰⁾.

Comment arrive-t-on alors à établir une dynamique d'évolution dans (T, X, F) à partir d'invariances dans (E, M, I)? Réponse possible: par la **dialectique du réel et du virtuel**, analogue à celle introduite par Souriau ⁽¹¹⁾. Dans le référentiel (T, X, F) issu du système par émergence ⁽¹²⁾, deux expériences x et y de (T, X, F) occupent des époques, des lieux et des formes différents. On passe de x à y par une transformation $a: x \rightarrow y = a(x)$. L'invariance dans (E, M, I) se traduit par la conservation d'une propriété (au sens large mathématique, par exemple le principe de Maxwell en mécanique symplectique ⁽¹³⁾), et la transformation « a » doit respecter cette conservation. Les transformations « a » forment donc un groupe algébrique. L'expression dans la projection (T, X, F) de l'invariance dans (E, M, I), notée g(x), doit se conserver par les éléments de ce groupe: $g(x) = g(a(x))$. Cette conservation entre deux

8 Jacques Monod: Le hasard et la nécessité, essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne - éd. Seuil, 1970

9 Andrei Kirilyuk: Emerging consciousness – Turin 2003

10 Frédéric Élie : Le temps et le Zoran, Fenêtre temporelle des phénomènes physiques et de la conscience – site <http://fred.elie.free.fr> , juin 2011, édité en octobre 2015

11 Jean-Marie Souriau : Structure des systèmes dynamiques – Dunod, 1980

12 Andrei Kirilyuk: Emerging consciousness – Turin 2003

13 Jean-Marie Souriau : Structure des systèmes dynamiques – Dunod, 1980

événements x et y du projeté (T, X, F) correspond à des états différents du système, compatibles avec l'invariance, mais néanmoins compréhensibles comme une évolution dont la dynamique dérive directement de l'expression de la conservation et des propriétés géométriques du groupe de transformations (comme les équations de la dynamique hamiltonienne découlent des propriétés symplectiques).

3.6 – Émergence et virtualité

Compte tenu de ce qui précède, la **démarche inductive** procède à l'inverse: elle part des constats expérimentaux effectués sur la projection (T, X, F) (le seul auquel l'esprit humain ait accès plus ou moins directement), pour « remonter » aux propriétés plus élargies dans l'espace des émergences (E, M, I) , qui placent dans une même catégorie, une même classe, des propriétés d'évolutions a priori différentes dans (T, X, F) . On a vu que la démarche inductive doit satisfaire le critère de Popper (¹⁴).

D'où:

Principe: l'émergence suppose la possibilité d'une relation d'équivalence entre les propriétés du système (qui se retrouvent alors appartenant à une même catégorie ou classe). En effet, cette relation permet de dégager une propriété plus englobante, émergente et irréductible aux autres, et réciproquement elle met dans une même classe tous les éléments qui ont été négligés: la classe associée à la propriété vis-à-vis de laquelle ils ont été négligés forme une classe d'équivalence, celle des **objets virtuels** relativement à la propriété retenue).

4 – Un nouveau formalisme à trouver: la théorie des Stratons?

4.1 - Remarque préliminaire : confusion à éviter

Cette appellation « stratons » n'a rien à voir avec celle employée par les chercheurs Chinois Yi-Bing et Kuang-Ta qui ont introduit les stratons pour prédire la masse des mésons. Pour ces chercheurs, le choix du mot « straton » provient du fait que les particules étudiées sont plus ultimes que les quarks.

L'usage du mot « straton » dans mon essai de théorie (¹⁵) est sans référence à ces travaux (et à l'époque, 1982, je les ignorais): il provient de l'une des idées que j'ai introduites, selon laquelle les états des systèmes tels que projetés dans l'espace (T, X, F) possèdent la propriété de séparabilité (le système est décomposable en parties séparées occupant des temps, des degrés de liberté et des formes différents), tandis que dans l'espace (E, M, I) seul (sans ses projections) ils peuvent être superposés en un même domaine (sous formes de « couches », ou « strates », ce qui a donné le terme « straton »), auquel cas les états du système ont la propriété de non-séparabilité (ou virtualité).

Le passage d'un espace de représentation de la propriété émergente vers un espace de sa projection qui la « concrétise » (espace (T, X, F) ou une coupe de cet espace, ou un produit cartésien des parties de ces espaces) peut être décrit à la manière d'une **théorie des Stratons**. Il conduit, par le jeu des transformations qui accompagnent ce passage, à un formalisme qui fait intervenir une sorte de « fonction d'onde » ψ ainsi que les notions de réalité séparable (dans l'espace (T, X, F)) versus virtualité non-séparable (dans l'espace (E, M, I)) pour une même propriété émergente du système.

Pour éviter toute confusion avec les stratons des chercheurs cités plus haut, pour ceux de mon modèle on pourra préciser « **stratons d'Élie** ».

14 Patrick Juignet: Popper falsification et corroboration – Philosciences, 2009

15 Frédéric Élie : Essais sur une Théorie des Stratons – site <http://fred.elie.free.fr> , Aix-en-Provence, 10 octobre 1984, édité en octobre 2015

4.2 – Énergie et information en théorie des stratoms

Ainsi que nous l'avons dit plus haut (point 1) l'émergence des propriétés repose, en ultime étape, sur la possibilité d'équivalence entre les coordonnées de l'espace (E, M, I). De même que la théorie de la relativité a montré l'équivalence énergie-matière, il doit être possible de montrer une équivalence énergie-information pour certaines échelles d'observation. C'est ce que tente de faire la théorie des Stratoms (en fait, elle la pose comme un de ses principes).

4.3 – Confinements des stratoms

La théorie de Kirilyuk ⁽¹⁶⁾ utilise aussi une fonction d'état qui regroupe tous les degrés de liberté du système, dont certains admettent une description quantique et d'autres une description classique (macroscopique). En théorie des stratoms c'est la même chose, avec cependant les hypothèses suivantes:

- La fonction d'état $\psi(t,q,f)$ est, dans l'espace projeté (T, X, F), liée à la densité des stratoms: elle est telle que son module au carré est égal à cette densité, donc elle introduit une fonction de phase qui disparaît lorsqu'on ne traite que les densités dans (E, M, I). C'est une démarche analogue à celle de la mécanique quantique.

- Le straton est une entité de l'espace (E, M, I): par définition, il est le siège où a lieu l'équivalence énergie-information (et matière-information). Il n'est donc pas observable isolément, même aux échelles quantiques. Par contre les stratoms interagissent entre eux en donnant des « confinements » qui sont des « briques » de systèmes élaborés aux échelles desquels l'équivalence énergie-information peut cesser d'être valide. Et les stratoms interagissent aussi avec ces systèmes (comme par exemple l'interaction straton-photon qui serait une explication possible de l'effet Hubble selon la théorie du vieillissement de la lumière). Selon cette approche la gravitation peut aussi être vue comme une interaction entre les stratoms et les confinements de type fermionique des stratoms ⁽¹⁷⁾.

- Tout système, qu'il soit quantique, macroscopique ou cosmologique, est un ensemble de stratoms libres ou confinés suivant des niveaux hiérarchiques très diversifiés, interdépendants, bouclés. Les états du système, tout comme ses structures, correspondent à un ou plusieurs **confinements de stratoms**, selon mon modèle. Il n'y a donc aucune interdiction de principe à utiliser les fonctions d'état $\psi(t,q,f)$ pour l'ensemble de tous les états et structures du système (comme le fait aussi Kirilyuk) mais sa présumer que les processus qu'ils décrivent soient réductibles à tel ou tel type d'interaction (quantique, neuronal, etc.). Ce qui importe c'est que les états et leurs dynamiques d'évolution que décrivent les fonctions d'état aboutissent à des processus observables (à nos échelles macroscopiques) et que, pour cela, dans le système il existe des conditions et des structures permettant à ces états de se produire, quelle que puisse être la nature (quantique, neuronale, macroscopique...) de ces conditions et structures.

- L'approche précédente s'applique en particulier à la conscience: elle ne dit pas que la conscience est d'origine quantique ⁽¹⁸⁾, ni neuronale ⁽¹⁹⁾, ou autre; elle dit le contraire: la conscience est une propriété émergente d'un système complexe sous certaines conditions, que l'on peut traiter de manière globale formelle par une théorie du tout (à la Kirilyuk) au moyen des fonctions d'état de la théorie des stratoms selon laquelle un état de conscience correspond à un confinement de stratoms tel que sa projection dans l'espace (T, X, F) soit à la fois une réalité séparable et une virtualité non-séparable. Et cette condition peut parfaitement, a priori, être satisfaite par des structures et des interactions neuronales (« naturelles » ou « artificielles ») ou bien quantiques, ou bien autres... L'approche des stratoms ne préjuge pas de la manière dont

16 Andrei Kirilyuk: Emerging consciousness – Turin 2003

17 Frédéric Élie : Essais sur une Théorie des Stratoms – site <http://fred.elie.free.fr> , Aix-en-Provence, 10 octobre 1984, édité en octobre 2015

18 - John C. Eccles: Comment la conscience contrôle le cerveau - éd. Arthème Fayard, 1997

- Roger Penrose: Les ombres de l'esprit, à la recherche d'une science de la conscience - Interéditions, Paris, 1995

19 - Jean-Pierre Changeux: L'homme neuronal - éd. Arthème Fayard, 1983

- Gerald M. Edelman : Biologie de la conscience, éd. Odile Jacob, mai 2000

les processus qu'elle décrit de manière formelle sont réalisés de manière observable par telle ou telle nature de structure ou d'interaction.

4.4 – *Réalisme physique, causalité, inférences*

Seule la propriété d'émergence E est une propriété intime de la nature. Elle traduit l'autoconstruction de la nature, d'émergences en émergences. Elle ne suggère nullement pas qu'une propriété intime de la nature soit que la nature est régie par des « lois » préétablies.

Cette faculté de recourir à des « lois » pour organiser la compréhension des faits de la nature n'est pas une propriété intime de la nature, elle tient à la négligeabilité N: celle-ci n'est pas non plus une propriété intime (métaphysique) de la nature, mais tient aux aptitudes du système cognitif humain.

En effet, comme indiqué dans ⁽²⁰⁾ les bases élémentaires du système cognitif humain reposent sur deux aptitudes fondamentales, produit de l'évolution biologique: le **dénombrement** et **l'appariement**. Le premier pose la possibilité d'une séquentialité par relation d'ordre entre éléments non négligés, le second pose la possibilité d'une association par classe d'équivalence entre éléments dont on a dû négliger une majeure partie de propriétés jugées non pertinentes pour cette catégorisation. Que ces facultés humaines soient applicables à l'observation et à la prédiction des phénomènes ne signifie pas que ceux-ci suivent ces propriétés sur le plan ontologique, mais qu'une « grande » partie d'entre eux sont **compatibles** avec ces facultés. Une partie du monde se laisse superposer un ordre, dans sa description, mais celle-ci ne prétend pas révéler cet ordre. Encore que cette compatibilité prouve qu'une grande partie du monde, celle en tous cas immédiate au devenir humain, évolue et est structurée comme si c'était conformément aux outils du dénombrement et de l'appariement, et donc de la négligeabilité. Sans quoi il serait incompréhensible que la méthode scientifique puisse être performante. Disons et admettons alors que, tant que cela se vérifie expérimentalement un peu plus par récurrence, en se déplaçant entre les horizons de la physique, un tel ensemble de phénomènes est « dense » (topologiquement) dans l'ensemble du réel (**credo version faible du réalisme physique**). Einstein, tenant du réalisme philosophique, s'étonnait d'ailleurs que « le plus grand des mystères est que l'Univers soit compréhensible de manière rationnelle ».

Comme vu au point 2, la logique dans le domaine de l'espace des émergents (E, M, I), concerne des **rappports inférentiels** entre les choses. Mais elle se transforme, lors du passage par projection dans l'espace des observations (T, X, F), en une logique des **rappports de causalité** entre les faits, où le temps, lui-même émergent, intervient de manière centrale. NB: de manière fondamentale, l'intemporalité des relations inférentielles, au niveau le plus émergent (s'il existe, ce ne peut être que l'univers) utilise le concept de Zoran ⁽²¹⁾.

4.5 – *Rôle de la conscience*

La conscience est une propriété émergente ⁽²²⁾. Sa représentation est du domaine de l'espace des émergents (E, M, I), et non directement du domaine de l'espace des observations (T, X, F). Par contre, la projection de cette représentation dans (T, X, F) est en rapport avec la dynamique des systèmes neuronaux complexes (qui forment un des supports possibles de l'expression de la conscience) qui semble bien décrite dans la théorie subsymbolique de Smolensky ⁽²³⁾. On pourrait résumer cela en disant que l'esprit (le système de représentation cognitive) est le projeté dans (T, X, F) de la représentation dans (E, M, I) des processus conscients. Et compte tenu de la différence de nature entre les logiques de ces espaces, on pourrait dire: les rapports causaux du système cognitif (esprit) sont les projetés des rapports

20 Frédéric Élie: Méthode expérimentale – site <http://fred.elie.free.fr> , 2005

21 Frédéric Élie : Le temps et le Zoran, Fenêtre temporelle des phénomènes physiques et de la conscience – site <http://fred.elie.free.fr> , juin 2011, édité en octobre 2015

22 Andrei Kirilyuk: Emerging consciousness – Turin 2003

23 Andler, Daniel (sous la direction de) : Introduction aux sciences cognitives - éd. Gallimard, 2004

inférentiels du système conscient. Du moins est-ce par voie déductive.

En fait, c'est la voie inductive qui est pratiquée: on part des structures neurocognitives que l'on essaie de comprendre en quoi ils peuvent aboutir, par émergence, à l'apparition de la conscience.

5 – Recherche de quelques idées sur les flux fondamentaux Energie-Matière-Information (E,M,I) d'une part, et l'espace de représentation Temps-Espace-Forme (T,X,F) d'autre part

5.1 – Flux énergie-matière-information

L'énergie (E) est généralement associée au Hamiltonien H d'un système : elle est obtenue comme les valeurs propres de celui-ci lorsqu'il est exprimé sous forme d'opérateur (comme par exemple en physique quantique).

Le **flux de matière**, donc les mouvements (M), sont généralement représentés par les impulsions généralisées notées $P = (P_\nu)$. Il s'agit de flux de masses, de charges, de particules, de champs, etc.

L'information (I) est associée à la quantité d'information d'un système, ou d'un transfert de symboles ou éléments à travers un canal ou voie de transmission. Cette quantité d'information est généralement définie par la **relation de Shannon** :

$$I(x) = - \sum_j p(j) \log_2 p(j)$$

quantité qui augmente lorsque les probabilités des symboles, ou des éléments, ou des états, $p(j)$ diminuent. Lorsque ces éléments sont équiprobables, et dans le cas général où la transmission d'information est associée à une énergie, la quantité d'information prend la **forme de Brillouin** :

$$I = -k_B \ln \Omega$$

où k_B est une constante universelle qui peut être celle de Boltzmann s'il s'agit de thermodynamique statistique, et Ω est la probabilité d'une configuration ou distribution des états représentée dans l'espace des phases (P,q), avec P impulsions généralisées et q coordonnées généralisées ou degrés de liberté du système.

5.2 – Temps-Espace-Forme (T,X,F)

Le **temps** (t) est inversible dans les systèmes non dissipatifs, donc il joue dans ce cas le rôle d'un paramètre dans la définition des trajectoires dans l'espace des phases (P,q). Dans ce cas il y a la symétrie t/-t.

Le temps est irréversible dans les **systèmes dissipatifs**, donc ce n'est plus un paramètre, il est lié à l'entropie donc à la quantité d'information I. La symétrie t/-t est brisée.

Une idée originale due à Kirilyuk⁽²⁴⁾ est que le temps dissipatif est une propriété émergente des systèmes complexes.

L'espace (X), au sens large, est, comme on l'a vu, assimilé aux degrés de libertés q d'un système, qui généralisent la notion de coordonnées géométriques.

La **forme** (F) : on ne sait pas encore ce que c'est. La variable est notée « f ». des considérations de symétries vont néanmoins permettre de la relier à la quantité d'information I dont elle est grandeur conjuguée, au même titre que sont conjuguées (E,t) et (P,q) dans le formalisme hamiltonien. Puisque la grandeur (I) information est introduite comme catégorie de

24 Andrei Kirilyuk: Emerging consciousness – Turin 2003

même niveau que l'énergie E et les impulsions généralisées (ou moments généralisés) P, il est important d'introduire (f) pour équilibrer la symétrie de conjugaison (E,M,I)/(T,X,F).

5.3 – Correspondances spectrales

Aux dimensions (t, q, f) correspondent dans l'espace spectral associé à l'espace physique (T,X,F), où F vient compléter l'espace-temps (T,X), des grandeurs spectrales :

t → ω : la pulsation

q → k : le nombre ou vecteur d'onde

et par analogie :

f → σ : la « pulsation de forme » dont la signification n'est pas encore déterminée.

En physique quantique les flux (E,M) sont reliés à leurs grandeurs fréquentielles selon les relations de Born et De Broglie :

$$E = \hbar \omega \quad ; \quad P = \hbar k$$

où $\hbar = h/2\pi$, h étant la constante de Planck. De même, on devrait avoir entre la quantité d'information et la forme :

$$I = \hbar \sigma \quad (1)$$

5.4 – Relation forme, espace, temps

L'analogie (1) n'est légitime que si la forme « f » est un élément de l'espace physique, et non plus généralement un degré de liberté (car les degrés de liberté peuvent mettre en jeu des dimensions plus grandes que celle 4 de l'espace-temps, il y a même des degrés de liberté théoriquement infinis comme c'est le cas pour des modes de vibration). En effet les relations de Born-De Broglie sont les correspondants spectraux de l'équation de l'énergie-impulsion en Relativité :

$$P_\mu P^\mu = m_0^2 c^2 \quad \mu = 0, 1, 2, 3$$

avec $P_\mu = m_0 c u_\mu$, $u_\mu = dx_\mu / ds$ donc : $P_0 = E/c$ d'où : $(E/c)^2 - P^2 = m_0^2 c^2$. Avec les relations de Born et De Broglie, cette relation se transforme en :

$$(\hbar \omega)^2 - (\hbar k)^2 = m_0^2 c^2$$

Dans un espace où la cinquième dimension est la forme f, on aurait par analogie l'extension de la relation d'Einstein :

$$P_\alpha P^\alpha = m_0^2 c^2 \quad , \quad \alpha = 0, 1, 2, 3, 4$$

où la cinquième composante du 5-vecteur énergie-impulsion-information serait la quantité d'information $P_4 = I$, comme l'énergie E est la composante de temps $P_0 = E$; autrement dit l'information est la composante de forme du 5-vecteur P. Cette cinquième composante s'écrirait, de manière analogue aux autres :

$$P_4 = I = m_0 c u'_4$$

où ds^2 est l'élément métrique cette fois dans l'espace à 5 dimensions, et avec x_4 qui n'est autre que f : $x_4 = f$ soit $u'_4 = df/ds$ (rappel : le vecteur unitaire est ici $u'_\alpha = dx_\alpha/ds'$ avec

$$u'_{\alpha} u'^{\alpha} = 1 \text{).}$$

L'élément métrique dans l'espace à 5 dimensions s'écrit :

$$d s'^2 = g_{\alpha\beta} dx^{\alpha} dx^{\beta} \text{ où } \alpha, \beta = 0, 1, 2, 3, 4$$

qui se décompose en l'élément métrique de la relativité à 4 dimensions d'espace-temps ds^2 et en des composantes qui font intervenir la dimension de forme dx^4 :

$$d s'^2 = d s^2 + g_{j4} d x^j dx^4 + g_{4j} d x^4 d x^j + g_{44} dx^4 dx^4 \text{ où } j = 0, 1, 2, 3$$

et avec $d s^2 = g_{jj} d x^j d x^j$ où (g_{jj}) est le tenseur métrique de Minkowski en relativité restreinte de signature $g_{jj} = (+1, -1, -1, -1)$. Le tenseur métrique dans l'espace à 5 dimensions a alors la forme suivante :

$$g_{\alpha\beta} = \begin{bmatrix} g_{00} & 0 & 0 & 0 & g_{04} \\ 0 & g_{11} & 0 & 0 & g_{14} \\ 0 & 0 & g_{22} & 0 & g_{24} \\ 0 & 0 & 0 & g_{33} & g_{34} \\ g_{40} & g_{41} & g_{42} & g_{43} & g_{44} \end{bmatrix}$$

où les composantes en $j4$ et $4j$ ($j = 0, 1, 2, 3$) ne sont pas forcément nulles ni symétriques. Or la cohérence avec la relativité exige l'égalité des éléments métriques : $ds^2 = ds'^2$, de sorte que la relation d'Einstein entre l'énergie et l'impulsion reste inchangée, ce qui conduit à la **relation entre la forme et les coordonnées d'espace-temps** :

$$(g_{j4} + g_{4j}) d x^j + g_{44} d x^4 = 0 \text{ } j = 0, 1, 2, 3$$

en séparant la coordonnée temporelle et les coordonnées spatiales, et en remarquant que le terme dx^4 est la coordonnée contravariante de la forme c'est-à-dire df elle-même :

$$d f = d x^4 = - \frac{g_{04} + g_{40}}{g_{44}} c dt - \frac{g_{4m} + g_{m4}}{g_{44}} d x^m \text{ } m = 1, 2, 3 \text{ (2)}$$

que l'on exprime encore comme un taux de variation de la forme, puisque $v^m = dx^m/dt$ sont les composantes du vecteur vitesse :

$$\frac{d f}{d t} = - \frac{g_{04} + g_{40}}{g_{44}} c - \frac{g_{4m} + g_{m4}}{g_{44}} v^m \text{ (2bis)}$$

La relation (2) suggère, plus généralement, que la forme f et les coordonnées généralisées (t, q) sont reliées (q étant alors les degrés de liberté) ; un élément de (T, X, F) désigne donc un événement d'espace-temps-forme dont la composante de forme est une fonction du temps et des degrés de liberté : $X = X(t, q, f) = X(t, q, f(t, q))$. Cela n'est pas étonnant en principe : une forme est décrite par des relations entre coordonnées ou degrés de liberté en fonction du temps, les composantes de forme du tenseur g_{40} , g_{04} , g_{4m} , g_{m4} , g_{44} étant eux-mêmes éventuellement fonction de ces coordonnées et du temps.

5.5 – Temps paramétrique et temps thermodynamique

Soit un cercle d'équation paramétrique, t étant ici le temps paramétrique :

$$x(t) = \cos \omega t$$

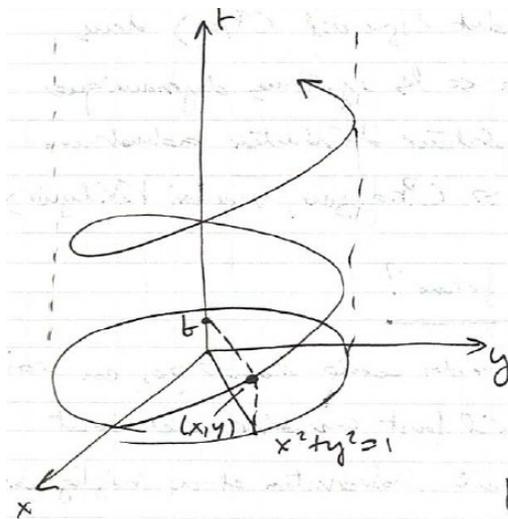
$$y(t) = \sin \omega t$$

Il y a deux points de vue :

- soit on suit un mobile M le long de la trajectoire : au cours du temps paramétrique t on sait lui associer une position (x,y) dans le plan ;
- soit on élimine le temps paramétrique t pour obtenir une équation de forme :

$$x^2 + y^2 = 1$$

elle est intemporelle. Cette forme est en fait obtenue par projection sur l'espace (x,y) de la courbe temporelle qui se déploie dans la troisième dimension (le temps). C'est donc la projection d'une courbe plus complexe de l'espace-temps, une hélice dont le pas temporel est donné par la période $T = 2\pi/\omega$, sur l'espace plan (x,y) (figure 1). Si les pulsations étaient différentes suivant x et y, de valeurs ω_1, ω_2 , on obtiendrait plutôt dans l'espace une section de Poincaré ⁽²⁵⁾.



← figure 1

En terme d'information on n'a pas le même résultat selon que l'on considère la forme

$$x^2 + y^2 = 1$$

ou la dynamique :

$$x = \cos \omega t$$

$$y = \sin \omega t$$

La forme est obtenue pour un paramètre quelconque u : $x = \cos u, y = \sin u$.

De façon heuristique, la probabilité pour que M soit aux coordonnées (x,y) est proportionnelle au temps écoulé, plus précisément à la distance angulaire parcourue par rapport au périmètre total du cercle : $p(t) = \omega t / 2\pi$ dans le cas dynamique. La probabilité d'avoir M sur le cercle (forme), quant à elle, est maximale : $p' = 1$. la quantité d'information diminue donc lors d'une projection qui fait passer de l'espace-temps à la forme. Cela est valide tant qu'il s'agit d'une projection où le temps paramétrique (réversible) est en jeu.

C'est moins évident quand le temps est le temps thermodynamique, irréversible et lié à l'entropie, donc faisant intervenir ρ la densité de probabilité dans un espace non-hilbertien (voir point 5.6), et l'éventuelle émergence issue du système lorsqu'il est complexe. On note t le temps thermodynamique, les trajectoires ne s'expriment plus simplement par :

$$x(t) = \cos \omega t$$

$$y(t) = \sin \omega t$$

car, comme le démontre Prigogine, l'opérateur d'évolution U associé à la solution de l'équation de Liouville, n'admet plus de représentation spectrale dans un espace de Hilbert, et on ne peut plus définir la trajectoire du point figuratif (P,q) dans l'espace des phases (q jouant ici le rôle de x,y). On dit que « les systèmes dynamiques sont **chaotiques** quand leur opérateur d'évolution

25 Bergé Pierre, Pomeau Yves, Vidal Christian: L'ordre dans le chaos, vers une approche déterministe de la turbulence - Hermann, Paris, 1998

admet une représentation spectrale irréductible » (Prigogine)⁽²⁶⁾ (voir aussi Kirilyuk)⁽²⁷⁾.

5.6 – Émergence du temps : une approche

On introduit ici le concept de temps thermodynamique, ou irréversible dont on a parlé au point 5.5, considéré comme propriété émergente.

Pour cela, on s'inspire de mon article sur le concept de « **temps série** » et de « **temps parallèle** »⁽²⁸⁾. dans l'exemple d'une pièce qui fond, divisée en n parties égales, la durée de fusion est :

$$t(n) = t(1) - A \ln(n)$$

où $t(1) = A \ln(m_0/m)$ est le temps au bout duquel la pièce non divisée de masse m_0 a fondu d'une masse (m_0-m) pendant le même temps $t(n)$. $t(n)$ est le « temps parallèle » parce que le processus se déroule simultanément pour n parties égales ; $t(1)$ est le « temps série » parce que la pièce homogène, non divisée, fond de telle sorte qu'une portion fond après une autre. On a immédiatement aussi : $t(n) = A \ln(m_0/nm)$, et l'on a bien $t(n) = 0$ pour un nombre de parties égales $n = m_0/m$.

En pratique, et généralisant à toute pièce supposée homogène, le temps parallèle est limité par le **temps de Planck** : une subdivision de la pièce en un très grand nombre de particules subatomiques entraîne une disparition quasi-instantanée de cette pièce (quasi-instantanée au sens de la plus petite durée observable). Pour un tel système subdivisé, le temps du processus a quasiment disparu, du moins il n'est plus un temps des processus, mais un paramètre qui vérifie la symétrie (T), c'est-à-dire la réversibilité. Plus généralement, sans qu'il soit nécessaire d'atteindre les limites du temps de Planck, on suppose qu'il existe des systèmes pour lesquels le nombre de subdivisions critique $n = n_c$, qui définit $t_c = t(n_c)$ en-dessous duquel le temps a un caractère réversible, c'est-à-dire paramétrique, introduit une façon de décrire le système comme évoluant en fonction du temps réversible (symétrie T), donc comme si le temps lié aux effets irréversibles (temps thermodynamique) n'existe pas.

On pose alors les **principes** :

Tout ensemble des parties d'un système qui sont décorréelées (indépendantes) avec une division élevée suit une évolution que l'on peut décrire en fonction d'un temps réversible. A l'inverse, un système considéré comme constitué de parties fortement corrélées (donc un système complexe) suit une évolution que l'on peut décrire selon un temps non réversible. Par conséquent :

Le temps irréversible (notre temps de tous les jours) est le produit émergent d'un système complexe, c'est-à-dire d'un ensemble dont les parties sont tellement en corrélation forte que l'on doit considérer le système dans une approche globale, un organisme. Le temps ne peut alors qu'être un « temps série ». L'émergence est due aux corrélations fortes à tous les niveaux d'échelles du système.

Remarques :

a) Si le système est assimilé à un ensemble homogène de N éléments, le nombre de parties de cet ensemble que l'on peut former est 2^N . La partie la plus divisée est celle constituée des éléments pris isolément, sa population est donc N . Pour cette subdivision de l'ensemble le temps parallèle $t(N)$ est le plus court, il devient plus grand pour des subdivisions formées de parties de populations différentes. Or plus N est grand, plus il est difficile d'obtenir une subdivision de population N et donc un temps parallèle réversible.

b) D'après la remarque (a) ci-dessus, pour un gaz constitué d'un très grand nombre de particules N sans réactions mutuelles autres que mécaniques (chocs), donc indépendantes, la

26 Prigogine Ilya : Les lois du chaos - Flammarion, 1994

27 Andrei Kirilyuk: Emerging consciousness – Turin 2003

28 Frédéric Élie : Temps série, temps parallèle et... conscience – site <http://fred.elie.free.fr> , juillet 2011

subdivision qui autorise un temps parallèle, donc réversible, devrait être obtenue. Or on sait que l'entropie d'un tel gaz augmente (le système étant supposé isolé), donc l'évolution du gaz est irréversible. Il y a donc une contradiction apparente. Celle-ci est levée en remarquant que, en pratique, les particules ne sont pas décorréelées à leurs échelles : les chocs mutuels agissent sur leurs vitesses et positions individuelles, et s'il fallait déterminer avec précision chacune d'elles à chaque instant cela représenterait une quantité d'information énorme, comme c'est le cas pour un système complexe. Ces corrélations, que l'on peut supposer de type processus de Markov (un état précis d'une particule à l'instant t est déterminé par celui de l'instant précédent et non par l'histoire complète de ses états), entraînent qu'au bout d'un temps suffisamment grand chaque particule a été dans tous les états possibles : c'est le **principe ergodique** appliqué cette fois aux particules individuelles du système.

Conséquence méthodologique :

- Décrire les évolutions d'un système en le décomposant sur ses éléments propres, en utilisant un temps a priori paramétrique, que l'on peut estimer réversible, donc physiquement indifférent : ce temps est « parallèle ».
- Dans la décomposition il y a des configurations où les parties du système sont fortement corrélées, donc ces évolutions ne sont plus réductibles à des décompositions plus élémentaires : pour ces partitions particulières du système, le temps devient irréversible : c'est un temps « série ». C'est le temps de la thermodynamique, produit émergent d'un système complexe, la complexité pouvant être ramenée au niveau des échelles microscopiques et non plus au niveau macroscopique où le système est vu comme une structure relativement simple du fait de la nature statistique de son évolution et comportement (les « détails » sont noyés dans une observation et une prédiction appliquées à l'ensemble). La relation du temps thermodynamique (série) avec le temps réversible est un filtrage tel que j'ai proposé dans un article ⁽²⁹⁾.

Dans la théorie de Kirilyuk ⁽³⁰⁾ l'écriture des équations d'évolution pour l'ensemble du système, sans troncature liée à des échelles d'observation, inclut naturellement des évolutions qui suivent un processus irréversible, suivant la flèche du temps. Cette théorie prédit l'émergence du temps (irréversible, thermodynamique) dans les systèmes complexes, c'est-à-dire avec des constituants fortement corrélés tels qu'ils peuvent seulement être considérés sous un aspect global et irréductible.

La théorie de R. Vallée ⁽³¹⁾, quant à elle, doit permettre de passer du temps réversible (ou « **temps du zoran** »)⁽³²⁾ au temps de la physique (ou thermodynamique, irréversible, suivant l'évolution du Big-Bang :

$$t = B \int_0^{t'} \left| \frac{du(t')}{dt'} \right|^2 dt'$$

t' est le temps parallèle réversible (représenté plus haut par $t(n)$), t le temps physique ou thermodynamique (représenté plus haut par $t(1)$), B une constante, $u(t')$ représente un flux de grandeur (matière, énergie, information...) dont le carré de sa dérivée temporelle est une puissance.

Sous cette hypothèse, le continuum espace-temps dans lequel on décrit l'évolution des

29 Frédéric Élie : Le temps et le Zoran, Fenêtre temporelle des phénomènes physiques et de la conscience – site <http://fred.elie.free.fr> , 20 août 2010, juin 2011, juillet 2011, révisé et édité sur le site en octobre 2015

30 Andrei Kirilyuk: Emerging consciousness – Turin 2003

31 Voir Frédéric Élie : Temps série, temps parallèle et... conscience – site <http://fred.elie.free.fr> , juillet 2011

32 Frédéric Élie : Le temps et le Zoran, Fenêtre temporelle des phénomènes physiques et de la conscience – site <http://fred.elie.free.fr> , 20 août 2010, juin 2011, juillet 2011, révisé et édité sur le site en octobre 2015

systèmes n'est pas, pour l'observation, indéfiniment continu : il est limité dans sa décomposition jusqu'aux échelles observables les plus ultimes par l' « atome » temporel de Planck. Cette limite temporelle de Planck est associée à la limite spatiale la plus petite observable, dont l'extension spatiale est à la fois égale au rayon de Yukawa et au rayon de Schwartzschild : c'est donc une particule boson trou noir :

$$r = \frac{\hbar}{m c} = \frac{2 G m}{c^2} \rightarrow \text{longueur de Planck : } L_P = \sqrt{\frac{2 G \hbar}{c^3}}$$

le temps de Planck est alors : $T_P = \frac{L_P}{c} = \sqrt{\frac{2 G \hbar}{c^5}} = 5,4 \cdot 10^{-44} s$

A propos de l'émergence du temps thermodynamique et de sa relation avec le temps réversible parallèle, dans le cadre de systèmes complexes et/ou chaotiques, on peut donc se poser les **questions suivantes** :

Compte tenu que les équations de Kirilyuk aboutissent naturellement au temps irréversible (thermodynamique), comment mettre ce temps en rapport avec la théorie de Prigogine selon laquelle l'irréversibilité et le chaos sont directement reliés à la densité de probabilité ρ , et non à l'onde ψ ⁽³³⁾? A partir de là, comment s'effectue la différence, dans le cadre de ces théories, entre le temps réversible et le temps thermodynamique irréversible ? Cette différence étant supposée identifiée, comment employer la théorie de Vallée pour le lien qui existe entre le temps série, irréversible, $t(1)$ et le temps parallèle $t(n)$? ce qui revient à déterminer le passage entre les relations vues plus haut, par exemple pour la fusion d'une pièce homogène :

$$t(n) = t(1) - A \ln(n) \quad \text{et} \quad t(1) = B \int_0^{t(n)} \left| \frac{d u(t(n))}{d t(n)} \right|^2 d t(n) \quad ?$$

5.7 – Symétrie entre les flux (E,M,I)

Pour un système dynamique, dont le hamiltonien est H, soient les coordonnées généralisées (degrés de liberté) q, et les moments (impulsions généralisées) P. Ceux-ci sont conjugués par les équations canoniques de Hamilton :

$$\dot{q} = \frac{\partial H}{\partial P} ; \quad \dot{P} = - \frac{\partial H}{\partial q} \quad \text{où le point } (^\circ) \text{ représente la dérivée totale par rapport au temps } d/dt$$

Dans les espaces de catégories (EMI) et physiques (TXF), les grandeurs conjuguées ci-dessus, le temps et l'hamiltonien se répartissent comme suit :

D'une part, dans (EMI) :

- l'hamiltonien H appartient à « E » (énergie)
- le moment P appartient à « M » (matière, mouvement)

D'autre part, dans (TXF) :

- les coordonnées q appartiennent à « X » (espace des degrés de liberté)
- le temps t appartient à T (temps physique)

Il manque donc (I) et (F) respectivement dans les conjugaisons entre (EMI) et (TXF). Celles-ci devraient s'écrire :

$$\dot{f} = \frac{d f}{d t} = \frac{\partial H}{\partial I} ; \quad \dot{I} = \frac{d I}{d t} = - \frac{\partial H}{\partial f} \quad (3)$$

où l'on remarque que df/dt est obtenue par (2bis). Dans (3), f et I jouent respectivement le rôle

33 Prigogine Ilya : Les lois du chaos - Flammarion, 1994

de q et de P.

Les équations de Hamilton basées sur (H,P,q,t) et celles (3) étendues à (H,I,f,t) montrent les conjugaisons entre les espaces (EMI) et (TXF) (figure 2). La conjugaison (H,P,q,t) est représentée en rouge sur la figure, celle (H,I,f,t) en vert. Il en existerait une troisième (P,I,q,f), représentée en jaune, qui correspondrait aux équations $\frac{df}{dq} = \frac{\partial P}{\partial I}$, $\frac{dI}{dq} = -\frac{\partial P}{\partial f}$ mais elles n'apportent rien de plus que les deux autres conjugaisons, puisque les grandeurs intervenant dans cette troisième conjugaison sont reliées aux autres.

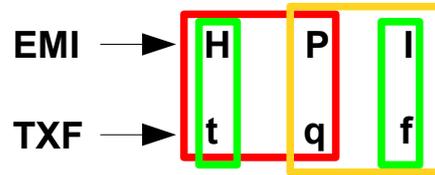


Figure 2

Tout comme les équations de Hamilton reposent sur la dépendance $H = H(P,q,t)$, les nouvelles équations de Hamilton étendues à l'information et à la forme supposeraient la dépendance :

$$H = H(I,f,t)$$

Comme ce sont deux descriptions d'un même système, elles sont équivalentes, donc on devrait avoir les correspondances :

$$I = I(P,q)$$

$$f = f(P,q)$$

NB : On sait que I dépend de P,q dans l'espace des phases par l'intermédiaire de la densité de probabilité $\rho(P,q)$ de trouver le système dans l'état dynamique défini par (P,q). Cette densité est solution de l'équation de Liouville :

$$j \frac{\partial \rho}{\partial t} = L \rho$$

où L est l'opérateur de Liouville : $L = j \left[\frac{\partial H}{\partial q} \frac{\partial}{\partial P} - \frac{\partial H}{\partial P} \frac{\partial}{\partial q} \right]$. L'équation de Liouville s'obtient immédiatement à partir des équations de Hamilton. La probabilité de l'état dynamique (q,P) est donnée dans l'espace des phases par :

$$p(q, P) = \int_{\Gamma} \rho(q, P) dP dq$$

où (Γ) est le domaine de tous les états possibles du système. La dérivée totale de cette probabilité est :

$$\frac{dp}{dt} = \int_{\Gamma} \frac{d\rho}{dt} dP dq = \int_{\Gamma} \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho}{\partial q} \dot{q} + \frac{\partial \rho}{\partial P} \dot{P} \right) dP dq$$

en utilisant les équations de Hamilton $\dot{q} = \frac{\partial H}{\partial P}$; $\dot{P} = -\frac{\partial H}{\partial q}$, et compte tenu de l'hypothèse d'un système stationnaire en probabilité ($dp/dt = 0$), on obtient :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{\partial H}{\partial q} \frac{\partial \rho}{\partial P} - \frac{\partial H}{\partial P} \frac{\partial \rho}{\partial q}$$

qui est l'équation de Liouville.

On va voir que les grandeurs (f,l) ne jouent pas un rôle symétrique par rapport à (q,P) bien qu'elles soient supposées suivre comme celles-ci les équations de Hamilton étendues.

Soit $f = f(P,q)$, alors sa dérivée totale par rapport au temps est, compte tenu des équations de Hamilton appliquées pour (P,q) :

$$\dot{f} = \frac{df}{dt} = \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial P} \dot{P} + \frac{\partial f}{\partial q} \dot{q} = \frac{\partial f}{\partial t} + \left(\frac{\partial H}{\partial P} \frac{\partial f}{\partial q} - \frac{\partial H}{\partial q} \frac{\partial f}{\partial P} \right) = \frac{\partial f}{\partial t} - \mathbf{L} f$$

De même : $l = l(P,q)$ conduit à $\dot{l} = \frac{dl}{dt} = \frac{\partial l}{\partial t} - \mathbf{L} l$. Compte tenu de (3) il vient finalement :

$$\dot{f} = \frac{\partial f}{\partial t} - \mathbf{L} f = \frac{\partial H}{\partial I} \quad (4a)$$

$$\dot{l} = \frac{\partial l}{\partial t} - \mathbf{L} l = - \frac{\partial H}{\partial f} \quad (4b)$$

Remarque : pour un système stationnaire en probabilité, la relation de Shannon définissant la quantité d'information l , entraîne que si $dp/dt = 0$ alors $dl/dt = 0$; (4b) donne alors :

$$\frac{\partial l}{\partial t} = \mathbf{L} l \quad \text{et} \quad \frac{\partial H}{\partial f} = 0 \quad \text{c'est-à-dire l'hamiltonien ne dépend pas explicitement de la forme } f.$$

On voit que les grandeurs (P,q) et (l,f) ne jouent pas un rôle symétrique : on ne peut pas parler d'espace des phases construit avec (l,f). Ces grandeurs sont plutôt des propriétés concernant l'espace des phases (P,q). Cela se comprend car la probabilité p (et donc la densité ρ et la quantité d'information l) sont relatifs à des probabilités sur (P,q) : cela n'aurait aucun sens de parler d'une densité de probabilité des états (l,f) puisque l est précisément construite à partir de cette densité sur (P,q). Cependant, cela n'enlève pas le caractère d'une réalité des grandeurs l ou f , tout comme P et q , que l'on peut rendre objectivables, car elles permettent, autant que P et q , de décrire l'état et l'évolution du même système : (l,f).

En effet, les grandeurs l et f sont en relation avec celles P,q . On peut s'en convaincre en utilisant (2bis), réécrit sous la forme : $\dot{f} = -Ac - B_m \dot{q}^m$ où les coefficients A et B_m sont :

$$A = \frac{g_{04} + g_{40}}{g_{44}} ; \quad B_m = \frac{g_{4m} + g_{m4}}{g_{44}} \quad m : \text{indice relatif à l'espace physique, et en particulier } m = 1,2,3$$

pour 3 degrés de liberté, et où $\dot{q}^m = dq^m/dt$ généralise les composantes spatiales de la vitesse $v^m = dx^m/dt$ et vérifient les équations de Hamilton $\dot{q}^m = \partial H / \partial P^m$. Les relations (3), (4a), (4b), et la condition de stationnarité $dp/dt = 0$, qui entraîne $dl/dt = 0$, $\partial H / \partial f = 0$, et l'équation de Liouville appliquée à la quantité d'information $\partial l / \partial t = \mathbf{L} l$, conduisent aux relations entre d'une part la vitesse de forme et les moments, par l'intermédiaire de la structure géométrique associée à l'information et la forme (les g_{4m} , g_{m4} , g_{04} , g_{40} , g_{44} contenus dans A et B_m), et d'autre part la forme et les moments par l'intermédiaire de cette même structure :

$$\begin{aligned} \dot{f} &= -Ac - B_m \dot{q}^m = -Ac - B_m \frac{\partial H}{\partial P^m} \\ \dot{f} &= -Ac - B_m \frac{\partial H}{\partial P^m} = \frac{\partial H}{\partial I} = \frac{\partial f}{\partial t} - \mathbf{L} f \end{aligned} \quad (5)$$

Il y a des relations entre la partie non métrique de l'espace-temps-forme (les composantes g_{4m} ,

$g_{m4}, g_{04}, g_{40}, g_{44}$ du tenseur métrique), qui n'apparaît pas dans le ds^2 , et l'information ou la forme ou la dynamique (par P^m). Mais, même si cette partie non métrique n'est pas dans le ds^2 comme un cinquième terme, elle est présente dans le ds^2 au travers des dq^{m2} qui dépendent des P^m , donc de l et/ou f , comme vu précédemment, et au travers des composantes g_{ij} du tenseur métrique, avec $ds^2 = g_{ij} dx^i dx^j$ lorsque ces composantes font intervenir les potentiels de champ ou toute autre forme de structure dynamique de l'espace-temps (comme en relativité générale), qui interviennent dans l'hamiltonien et donc dans l'information ou la forme. Même si $ds^2 = ds'^2$ dans l'espace à 5 dimensions, comme supposé plus haut, on peut admettre que les vecteurs de cet espace ont 5 coordonnées sur une base donnée (e_j) , $j = 0,1,2,3,4$: $dX = dx^j e_j$, qui se décompose en composante de temps, composantes spatiales et composante de forme :

$$dX = dx^0 e_0 + dx^\alpha e_\alpha + df e_4 \quad (6)$$

temps espace forme

où df est liée au temps et à la géométrie spatiale par (2).

De même que le formalisme hamiltonien décrit le système dans l'espace fibré cotangent de (q) , il décrit le système dans l'espace fibré cotangent de (f) . Donc la correspondance ci-dessous

- formalisme lagrangien $L(q, \dot{q}) \rightarrow$ espace fibré tangent (q, \dot{q})
- formalisme hamiltonien $H(q, P) \rightarrow$ espace fibré cotangent (q, P)

pourrait avoir lieu aussi pour :

- formalisme lagrangien $L(f, \dot{f}) \rightarrow$ espace fibré tangent des formes (f, \dot{f})
- formalisme hamiltonien $H(f, I) \rightarrow$ espace fibré cotangent formes-information (f, I)

avec les transformation de Legendre pour passer d'un espace fibré tangent à un espace fibré cotangent :

$$H(P, q) = P \dot{q} - L(q, \dot{q})$$

$$H(I, f) = I \dot{f} - L(f, \dot{f})$$

Comme pour les degrés de liberté (q) , la forme (f) s'obtient par l'extrémalisation du lagrangien $L(f, \dot{f})$ selon les équations de Lagrange :

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L(f, \dot{f})}{\partial \dot{f}} - \frac{\partial L(f, \dot{f})}{\partial f} = 0 \quad (7)$$

Remarque : Si on a l'équivalence $H(P, q) = H(I, f)$, car ce sont deux descriptions d'une même réalité, on a : $P \dot{q} - L(q, \dot{q}) = I \dot{f} - L(f, \dot{f})$, ce qui donnerait la relation entre les deux lagrangiens :

$$L(f, \dot{f}) = I \dot{f} - P \dot{q} + L(q, \dot{q}) \quad (8)$$

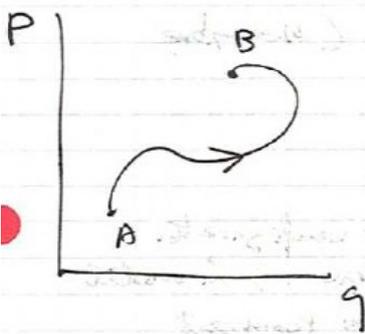
5.8 – Comment construire un concept de forme ?

Dans l'exemple du cercle (figure 1) la forme du cercle n'existe pas en soi dans la nature. Ce qu'il faut considérer c'est tout système pour lequel, sur une échelle d'observation et de négligeabilité adéquate, on peut établir une relation topologique avec le cercle (homomorphisme, isomorphisme, difféomorphisme...).

Ainsi, une courbe dessinée, même mal fermée, peut être assimilée à la forme d'un cercle..

Ce qui définit une forme, ce n'est pas une équation particulière reliant les (P, q) dans un espace de représentation (espace des phases), comme par exemple celle d'un oscillateur linéaire

d'équation $P^2/2m + (k/2)q^2 = E$ (la trajectoire dans l'espace des phases est une ellipse), mais les transformations dans l'espace des phases qui conservent les relations topologiques (donc ces transformations forment un groupe algébrique). Voir par exemple J-M. Souriau ⁽³⁴⁾. Il est clair qu'une courbe de (P,q) parcourue au cours du temps par le point figuratif M, ouverte à ses deux extrémités A et B (figure 3) n'est pas assimilable à un cercle : donc elle n'admet pas a priori de description par un temps paramétrique réversible.



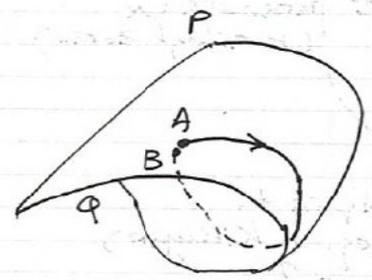
← figure 3

Dans ce cas le processus admet un début et une fin, il est entropique (au minimum, isentropique si A et B possèdent la même quantité d'information).

Mais l'assimilation à un cercle redevient possible au moyen d'une incurvation de l'espace des phases (P,q), ou de l'espace physique lui-même (q), telle que que A se trouve coïncider en B, si du moins cela est topologiquement faisable (figure 4).

Par cette transformation topologique on peut retrouver la description de l'évolution du système par le temps paramétrique réversible t', comme pour la forme du cercle.

Figure 4 →



Réciproquement, la théorie spectrale montre que, sous certaines conditions, un processus dans (P,q) se décompose en une infinité de processus assimilables à la topologie d'un cercle (ou d'un n-tore) qui font intervenir les modes de pulsation $n\omega$ (n entier). Tant que cela est possible, on a affaire à des systèmes **non chaotiques** où le spectre est discret (figure 5). A partir du moment où il devient irréductible, il devient continu et les phénomènes dissipatifs introduisent un temps émergent irréversible en fonction duquel l'évolution est chaotique : le **chaos** (ou du moins l'irréversibilité et/ou l'imprédictibilité modale) est associé à l'impossibilité d'assimiler un processus à un cercle (ou n-tore) dans l'espace des phases, donc à la non-homotopie du cercle ⁽³⁵⁾.

Tout modèle concerné par cette impossibilité est marqué par une limite cognitive en termes de prédictibilité (nombres premiers, etc.).

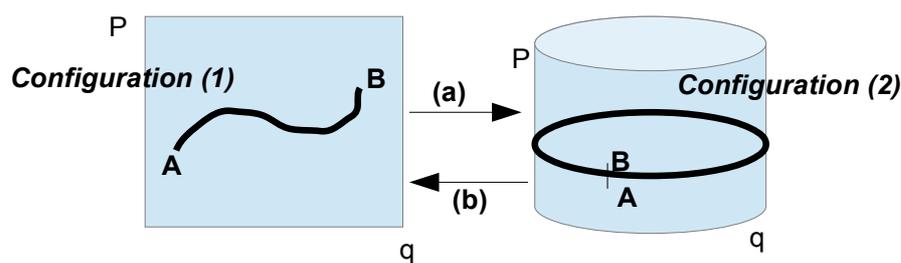


Figure 5 – transformation entre espace de phases assimilable à un cercle ou n-tore (configuration 2) et espace de phases des processus irréversibles (configuration 1). Dans la configuration (1) on parle d'expansion de l'univers depuis une singularité, il y a émergence du temps t irréversible, thermodynamique ; dans la configuration (2) il n'y a pas d'expansion : le modèle des Stratons pourrait s'appliquer, le temps est paramétrique, réversible, assimilable au temps du zoran.

34 Jean-Marie Souriau : Structure des systèmes dynamiques – Dunod, 1980

35 Frédéric Élie : De l'arithmétique au Cosmos et au Chaos, Existe-t-il une relation entre les nombres et le supposé ordre de l'univers ? - site <http://fred.elie.free.fr> 2 mars 2011, 22 mars 2011, édité sur le site en octobre 2015

Dans la figure 5, la transformation (a) fait correspondre à une trajectoire ouverte une structure topologique équivalente du cercle ou n-tore. La transformation (b) introduit une rupture de symétrie (telle que le Big-Bang) ; on peut alors se poser les **questions suivantes** :

- Comment la description du système avec un temps réversible t' (équations de Kirilyuk) fait-elle apparaître un temps irréversible t ?
- Comment faire le lien entre t et t' par le modèle de R. Vallée sur la filtration du temps ?
- Est-ce que le temps parallèle correspond bien à t' , parce que c'est en décomposant le système (limitée par le temps de Planck) en parties indépendantes que l'on retrouve la possibilité d'une correspondance topologique avec le n-tore, et est-ce que t est alors bien le temps série pour le système global (non décomposé) ?

5.9 – Retour sur le point de vue métrique

Revenons sur l'élément métrique de l'espace à 5 dimensions des vecteurs exprimés par (6) :

$$d s'^2 = d s^2 + g_{j4} d q^j dx^4 + g_{4j} d x^4 d q^j + g_{44} dx^4 dx^4 \quad j = 0,1,2,3$$

où ds^2 est l'élément métrique d'espace-temps de la relativité, et $dx^4 = df$ la composante de forme. En supposant que $ds'^2 = ds^2$ on a obtenu la relation (2) entre la forme et les coordonnées d'espace-temps. Par les relations (5) et d'équivalence des hamiltoniens $H(P,q) = H(I,f)$, les structures d'espace-temps, qui interviennent dans ds^2 , sont aussi en relation avec la quantité d'information I , donc la probabilité p des états du système, ce qui s'écrit, comme vu plus haut :

$$\begin{aligned} I &= I(P,q) \\ f &= f(P,q) \end{aligned}$$

et relations inverses si elles existent. Dans le cas où les états que le système parcourt dans l'espace de représentation sont certains, c'est-à-dire de probabilités égales à 1, la quantité d'information I est égale à 0, et il ne reste qu'une relation entre la forme et les coordonnées d'espace-temps : f joue alors le rôle d'un paramètre, comme le temps parallèle réversible t' . Dans le cas inverse, où les états ne sont ni équiprobables ni certains, la forme f intervient comme une grandeur qui varie avec le temps série, thermodynamique, irréversible t : la raison réside dans le second principe selon lequel il existe toujours une échelle d'observation dans le cadre de laquelle le système évolue pour tendre vers des états de probabilité maximale. Alors les événements d'espace-temps $dx = dx^0 e_0 + dq^\alpha e_\alpha$ avec : $dX = dx + df e_4$ (relation (6)), dépendent de la probabilité p , via I , donc via f . Comme dx^0 et dq^α sont variables conjuguées respectivement de H et des moments P^α , ces derniers dépendent aussi de la probabilité p . Et réciproquement : la probabilité, via sa densité dans l'espace des phases, est fonction des variables canoniques t, q, P . Il en est de même pour la composante de forme f , puisqu'elle est canoniquement reliée à la quantité d'information, et donc à p . Par conséquent, si l'on se restreint à l'espace-temps, au lieu de considérer l'espace-temps-forme, un événement de l'espace-temps dx peut être décrit avec les 4-coordonnées et la forme f prise comme paramètre supplémentaire :

$$dx = dx(t,q,f)$$

Or plusieurs formes peuvent correspondre à un même événement d'espace-temps, ce qui équivaut à dire qu'un événement d'espace-temps peut être attaché à plusieurs probabilités d'occurrence. Intuitivement cela peut se comprendre : un point x de l'espace-temps peut être une intersection de différentes trajectoires d'évolution ayant des probabilités différentes. Si je suis ici et maintenant, c'est parce que j'ai parcouru un cheminement qui m'y a conduit avec une certaine probabilité, mais je peux être aussi en ce même lieu à cette même date au terme d'un autre cheminement qui m'y a conduit avec une toute autre probabilité. L'**irréversibilité du**

cheminement tient à la valeur de la probabilité d'être arrivé à cet ici et ce maintenant. On pose alors que chaque événement d'espace-temps est une collection, une superposition, d'événements ayant les mêmes coordonnées d'espace-temps mais associés à des probabilités, donc des formes différentes, chaque événement étant indicé par f pour le distinguer des autres :

$$dx_f(t, q) = dx(t, q, f) \quad (9)$$

En physique classique relativiste, ce que l'on désigne habituellement par l'élément d'espace-temps est implicitement $dx_f(t, q)$ dans lequel le temps est le temps thermodynamique puisque implicitement fonction de f ou de p .

Rappel : lorsque $p = 1$, seule intervient la forme f , dans ce cas l'événement d'espace-temps est une superposition d'éléments de formes différentes, et le temps est réversible (noté alors t').

Avec les relations (9) on peut introduire une **représentation de type spinoriel** pour tout événement d'espace-temps :

$$x(t, q) = \begin{bmatrix} x_{f_1}(t', q) \\ x_{f_2}(t', q) \\ \dots \\ x_{f_n}(t', q) \end{bmatrix}$$

où pour chaque composante le temps est paramétrique, t' , puisque chaque composante supposée seule est d'occurrence certaine, l'ensemble $x(t, q)$ faisant intervenir le temps thermodynamique t . Il en est de même pour toute grandeur qui dépend de l'événement d'espace-temps x (figure 6) :

$$G(x) = \begin{bmatrix} G(x_{f_1}) \\ G(x_{f_2}) \\ \dots \\ G(x_{f_n}) \end{bmatrix} = \text{spineur} \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \\ \dots \\ G_n \end{bmatrix} \quad (10)$$

comme en mécanique quantique, lorsqu'on introduit le spin dans la fonction d'onde ⁽³⁶⁾ :

$$\psi(t, q, \sigma) = \psi_\sigma(t, q) \quad \text{et donc} \quad \psi = [\psi_\sigma]_\sigma$$

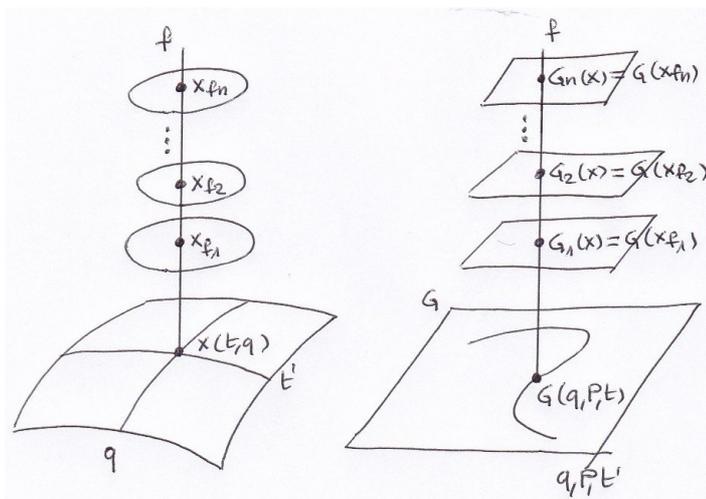


figure 6 : coupes de l'espace-temps et de l'espace de représentation dynamique paramétrées par la 5^{ème} dimension forme de l'espace-temps-forme (TXF)

Cette description par « strates » (ou coupes paramétrées par la forme f), dont les projections se superposent en un point de l'espace-temps $x(t,q)$ ou de l'espace de représentation (q,P,t) pour donner une grandeur $G(x)$ qui regroupe toutes les formes du système, est assimilable à l'idée de la **théorie des stratoms** (chapitre 4). Le caractère séparable ou non séparable de ces strates correspond aux concepts d'objets réels ou bien d'objets virtuels ⁽³⁷⁾. Dans le référentiel propre des stratoms, la cinquième dimension de forme qui intervient dans les coordonnées espace-temps(réversible) de ce référentiel n'est pas liée aux probabilités, ou aux quantités d'information ; cela tient à l'**équivalence entre l'énergie et la quantité d'information** dans ce référentiel (principe des stratoms).

On a vu que, avec un temps thermodynamique dt, l'élément métrique de l'espace-temps à 4 dimensions ds^2 est supposé équivalent à celui ds'^2 de l'espace-temps-forme à 5 dimensions, ce qui a donné la relation (2) entre la forme df et les coordonnées d'espace-temps dt et dq^α . Or, d'après ce qui vient d'être proposé s'agissant du temps réversible (parallèle) dt', avec ce temps l'élément métrique de l'espace-temps-forme n'a a priori aucune raison d'être le même que celui de l'espace-temps (de métrique relativiste, et en particulier minkowskienne, pour fixer les idées). Notons (E') cet espace-temps-forme, où la forme n'est pas reliée à sa grandeur canoniquement conjuguée quantité d'information (donc probabilité p). Soit (E) l'espace-temps classique, avec le temps thermodynamique. On a dit plus haut que la description de la dynamique des stratoms s'effectue dans un référentiel attaché à (E'), alors que celle des structures physiques est dans (E). Quel lien peut-on établir entre ds^2 et ds'^2 ?

Un vecteur de (E') s'exprime dans une base (e_k) selon (6) :

$$dX = c dt' e_0 + dq^\alpha e_\alpha + df e_4 \quad \alpha = 1,2,3 \text{ et } dq^4 = df$$

Un vecteur de (E) s'exprime dans une base (e_k) : $dx = c dt e_0 + dq^\alpha e_\alpha$

Éléments métriques :

dans (E), supposant la métrique de Minkowski : $ds^2 = c^2 dt^2 - (dq^\alpha)^2$, $\alpha = 1,2,3$

dans (E'), on a : $ds'^2 = g'_{00} c^2 dt'^2 + g_{\alpha\alpha} (dq^\alpha)^2 + g_{j4} dq^j df + g_{4j} df dq^j + g_{44} df^2$, $j = 0,1,2,3$

avec toujours $g_{\alpha\alpha} = -1$ pour la partie spatiale, mais cette fois $g'_{00} \neq g_{00} = 1$ puisque $dt' \neq dt$.

On adopte l'hypothèse suivante : le temps réversible dt' dans (E') et le temps thermodynamique dt dans (E) sont seuls en relation, soit :

$$dt' = \frac{dt'}{dt} dt = u(t, q^\alpha) dt \quad \text{où l'on a posé } u(t, q^\alpha) = \frac{dt'}{dt} \text{ que l'on va chercher à identifier sous}$$

certaines conditions.

On a alors :

$$ds'^2 = g'_{00} u^2 c^2 dt^2 - (dq^\alpha)^2 + (g_{4j} + g_{j4}) dq^j df + g_{44} df^2$$

où cette fois pour la composante de temps dans (E') : $dq^0 = c dt' = c u dt$. Pour les composantes croisées temps-espace, puisque $dt' \neq dt$ on doit employer : $g'_{04} \neq g_{04}$ et $g'_{40} \neq g_{40}$. Il vient donc :

$$ds'^2 = g'_{00} u^2 c^2 dt^2 - (dq^\alpha)^2 + (g'_{04} + g'_{40}) u df c dt + (g_{\alpha 4} + g_{4\alpha}) dq^\alpha df + g_{44} df^2$$

Or dans (E), en métrique minkowskienne, $ds^2 = c^2 dt^2 - (dq^\alpha)^2 \rightarrow (dq^\alpha)^2 = c^2 dt^2 - ds^2$ que l'on remplace dans l'expression précédente du ds'^2 pour faire apparaître le lien entre les deux éléments métriques :

37 Frédéric Élie : Essais sur une Théorie des Stratoms – site <http://fred.elie.free.fr> , Aix-en-Provence, 10 octobre 1984, édité en octobre 2015

$$d s'^2 = d s^2 + (g'_{00} u^2 - 1) c^2 d t^2 + g_{44} d f (A' u c d t + B_\alpha d q^\alpha + d f)$$

où l'on a posé, comme dans les relations (2), mais compte tenu de $d t' \neq d t$:

$$A' = \frac{g'_{04} + g'_{40}}{g_{44}} \quad \text{et} \quad B_\alpha = \frac{g_{4\alpha} + g_{\alpha 4}}{g_{44}}, \quad \text{ainsi :}$$

$$d s'^2 = d s^2 + (g'_{00} u^2 - 1) c^2 d t^2 + g_{44} d f (A' u c d t + B_\alpha d q^\alpha + d f)$$

On peut toujours choisir un référentiel où $B_\alpha d q^\alpha = 0$ d'où :

$$d s'^2 = d s^2 + (g'_{00} u^2 - 1) c^2 d t^2 + g_{44} d f (A' u c d t + d f) \quad (11)$$

Or $d f$ est une différentielle totale sur les coordonnées d'espace-temps dans (E') :

$$d f = \frac{\partial f}{\partial t'} d t' + \frac{\partial f}{\partial q^\alpha} d q^\alpha$$

que l'on injecte dans $d s'^2$, ce qui donne après quelques calculs simples :

$$d s'^2 = d s^2 + c^2 d t^2 \left[u^2 \left(g'_{00} + \frac{A'}{c} g_{44} \frac{\partial f}{\partial t'} + \frac{g_{44}}{c^2} \left(\frac{\partial f}{\partial t'} \right)^2 \right) - 1 \right] + g_{44} \frac{u}{c^2} c d t \frac{\partial f}{\partial q^\alpha} d q^\alpha \left(2 \frac{\partial f}{\partial t'} + A' c u \right) + g_{44} \frac{\partial f}{\partial q^\alpha} \frac{\partial f}{\partial q^\beta} d q^\alpha d q^\beta \quad (11\text{bis})$$

Conséquences :

1°) On a vu que si $d t' = d t$ est thermodynamique, on a $d s'^2 = d s^2$ et l'on obtient (2). Mais la réciproque n'est pas toujours vraie : on peut avoir égalité des métriques sans que cela implique égalité des temps thermodynamique et réversible. À quelle condition a-t-on alors $d s'^2 = d s^2$? Pour répondre, utilisons (11) plutôt que (11bis) :

$$d s'^2 = d s^2 + (g'_{00} u^2 - 1) c^2 d t^2 + g_{44} d f (A' u c d t + d f) = d s^2$$

fournit les conditions :

$$\begin{aligned} g'_{00} u^2 - 1 &= 0 \\ A' u c d t + d f &= 0 \end{aligned}$$

La première condition donne la **relation de transformation des temps** :

$$u = \frac{\pm 1}{\sqrt{g'_{00}}} \quad (12)$$

Remarquons que (12) montre deux sens possibles entre les deux temps : par exemple, au temps thermodynamique peut correspondre un temps réversible qui va dans le sens inverse.

La deuxième condition donne, compte tenu de $d f = \frac{\partial f}{\partial t'} d t' + \frac{\partial f}{\partial q^\alpha} d q^\alpha = \frac{\partial f}{\partial t'} u d t + \frac{\partial f}{\partial q^\alpha} d q^\alpha$ et de (12), l'**équation de propagation de forme dans (E')** :

$$\frac{\partial f}{\partial t'} + \sqrt{g'_{00}} q^\alpha \frac{\partial f}{\partial q^\alpha} = -A' c \quad (12\text{bis})$$

où $\dot{q}^\alpha = \frac{dq^\alpha}{dt}$ est la vitesse dans (E).

2°) Par principe, l'élément métrique dans (E'), ds'^2 , ne dépend pas du temps thermodynamique puisque par définition seul le temps réversible intervient dans (E'). On doit donc écrire que les termes en dt de ds'^2 donné par (11bis) sont identiquement nuls. Dans (11bis) en explicitant ds'^2 par $ds'^2 = c^2 dt'^2 - (dq^\alpha)^2$ et après quelques calculs simples, cette condition conduit aux deux relations :

$$g'_{00} + \frac{A'}{c} g_{44} \frac{\partial f}{\partial t'} + \frac{g_{44}}{c^2} \left(\frac{\partial f}{\partial t'} \right)^2 = 0$$

$$2 \frac{\partial f}{\partial t'} + A' c u = 0$$

L'élimination de $\partial f / \partial t'$ entre ces deux relations conduit à l'équation du second degré en u :

$$u^2 - 2u + \frac{1}{A'^2} \frac{4g'_{00}}{g_{44}} = 0$$

qui admet des racines réelles si :

$$g_{44} \geq 4 \frac{g'_{00}}{A'^2} \quad (13)$$

les racines sont alors :

$$u = 1 \pm \sqrt{1 - \frac{4}{A'^2} \frac{g'_{00}}{g_{44}}} \quad (13\text{bis})$$

Suivant le signe et la valeur de g'_{00} on peut avoir $u > 0$ ou $u < 0$: la transformation des temps peut donc se faire dans le même sens ou dans des sens opposés. En injectant (13bis) dans la deuxième relation $2 \frac{\partial f}{\partial t'} + A' c u = 0$ on obtient **l'équation de propagation réversible de forme dans (E') :**

$$\frac{1}{c} \frac{\partial f}{\partial t'} = -\frac{1}{2} A' \mp \sqrt{\frac{A'^2}{4c} - \frac{g'_{00}}{g_{44}}} \quad (14)$$

La réversibilité de la forme apparaît par les signes $-/+$ qui, selon les valeurs de A' , g'_{00} , g_{44} , rendent $\partial f / \partial t'$ positif ou bien négatif. Noter que A' et g'_{00} peuvent être fonction du temps t' , de sorte que l'intégration de (14) n'est pas immédiate.

5.10 – Aspects topologiques de la négligeabilité

Ce qui est négligeable selon une norme, ne l'est plus forcément selon une autre. Les négligeabilités sont conservées pour des normes équivalentes (par exemple la norme euclidienne est équivalente à la norme $\|.\|_\infty$).

Le groupe de transformation, sur l'espace-temps-forme (t, q, f) , qui conserve la norme suivant laquelle la négligeabilité a été décrite est donc caractérisé par cette norme.

Selon les principes de la théorie ONE, la négligeabilité de certaines propriétés, et donc le domaine de validité sur lequel les propositions logiques relatives aux propriétés non négligées

sont vérifiables, sont liés à la norme employée pour exprimer la négligeabilité. Dans ce domaine de validité, certaines propriétés restent conservées lors des transformations d'espace-temps-forme (invariance) : ***l'invariance est donc elle aussi reliée à la norme de négligeabilité.***

Le domaine de validité est borné par l'existence d'énoncés indécidables, c'est-à-dire qui ne peuvent pas être démontrés avec la logique associée à la théorie fondée sur la négligeabilité correspondante, sous peine, sinon, que la théorie soit logiquement contradictoire (théorème de K. Gödel). En effet, il existe nécessairement au moins un énoncé indécidable qui traduit, implicitement ou explicitement, le fait que, par hypothèse, on ait négligé certaines propriétés, voire une quantité infinie dénombrable ou non de propriétés ; si cet énoncé était démontrable au sein de la théorie, cela signifierait que certaines propriétés négligées dans cet énoncé appartiendraient à la théorie et donc ne seraient pas négligées.

Remarque épistémologique :

Le choix des normes de négligeabilité est bien inspiré par ***l'intentionnalité*** qui motive notre observation de la nature ; c'est un filtrage de l'approche expérimentale rationnelle du réel ⁽³⁸⁾. Or celle-ci exige à la fois pertinence, exhaustivité, et conscience des choix de ce qui est volontairement négligé (transparence) : il y a donc en soi une ***valeur déontologique*** dans ce mode de connaissance du réel.

En résumé :

- à des propriétés négligées correspondent des propriétés conservées ;
- à des négligeables correspond une norme ou des normes équivalentes ;
- à la conservation de ces normes correspond un groupe de transformations dans l'espace de représentation ;
- au domaine de validité de la négligeabilité correspond un domaine de non-contradiction logique ;
- au domaine de non-contradiction logique correspond une topologie (par la norme).

5.11 – Quantification et invariants adiabatiques

Selon la théorie d'Ehrenfest, les ***invariants adiabatiques*** ⁽³⁹⁾ sont de la forme $\int Pdq$ (où P et q sont les variables canoniquement conjuguées moment et coordonnées généralisées), leur quantification vérifie :

$$\oint P dq = nh$$

où n entier et h constante de Planck. Par exemple, pour un oscillateur de masse m et de raideur k, le théorème de l'énergie se traduit par le fait que, dans l'espace des phases (P,q), la trajectoire des états est une ellipse d'équation :

$$\frac{P^2}{a^2} + \frac{q^2}{b^2} = 1$$

où les demi-grands axes sont donnés par $a^2 = 2mE$ et $b^2 = 2E/k$, E étant l'énergie mécanique totale. L'aire balayée par le point figuratif du système, au bout de n oscillations, est égale à :

$$\oint P dq = \pi ab = 2\pi E \sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{2\pi E}{\omega}$$

puisque la pulsation d'oscillation ω est donnée par $\omega^2 = k/m$. Et d'après la condition d'Ehrenfest

38 Frédéric Elie : Méthode expérimentale – site <http://fred.elie.free.fr> mars 2005, modifié le 30 décembre 2005 et mars 2009

39 Born Max : Structure atomique de la matière, Armand Colin, Paris 1971

il vient : $2\pi E/\omega = nh$, d'où la **relation de Born** : $E = n\hbar\omega$ (avec $\hbar = h/2\pi$). Or sur n cycles la longueur parcourue est $q = n\lambda$, où λ est la longueur d'onde de l'oscillation. L'intégrale est alors aussi égale à $P\lambda = nh$ d'où la quantification de l'impulsion : $P = nh/\lambda = n(h/2\pi)K$ où $K = 2\pi/\lambda$ est le nombre d'onde, ce qui s'exprime par la **relation de De Broglie** : $P = n\hbar K$.
Si l'on transpose ce principe aux grandeurs canoniquement conjuguées que sont la quantité d'information I et la forme f , on devrait avoir :

$$\oint I d f = n h$$

Désignant par σ la « pulsation de forme » introduite plus haut, on obtiendrait : $(2\pi/\sigma)I = nh$, soit une relation du type Born-De Broglie : $I = n\hbar\sigma$.

5.12 – Critère de réalité d'un système qui est le siège de propriétés émergentes

En mécanique analytique les degrés de liberté q , et leurs moments conjugués P , sont une ré-expression des processus dans un système de coordonnées autre que celui de l'espace-temps (x^k) : $x^k = x^k(q, \dot{q})$ en formalisme lagrangien, $x^k = x^k(q, P)$ en formalisme hamiltonien.

Si les q sont des propriétés émergentes du système, comme pour le temps thermodynamique t , alors cela signifie qu'un événement de l'espace-temps x^k ($k = 0,1,2,3$) est une structure intermédiaire où viennent s'exprimer ces propriétés, ou même que cette structure n'existe que si elle est un centre de réception d'une telle expression.

En clair, par exemple : les propriétés émergentes, d'où qu'elles viennent, et quelles qu'elles soient, objectives ou subjectives, s'expriment toujours, ou leur expression se ramène toujours à un domaine de l'espace-temps : $x^k = x^k(q, \dot{q})$ ou $x^k = x^k(q, P)$. Par exemple, nous percevons « rouge », ou nous percevons « chaud », ou tout simplement nous expérimentons la pesanteur par une chute libre,... tout cela s'exprime toujours dans un cadre spatio-temporel. Ces « concepts » ne sont pas exprimables sans l'espace-temps et l'espace-temps n'est rien sans eux. Cette intrication fait que lorsqu'une structure complexe est source de l'émergence d'une propriété, alors la structure espace-temps où elle s'exprime est aussi émergence d'un espace et d'un temps t thermodynamiques. Sans cela, on a affaire à un temps t' paramétrique et réversible en fonction duquel s'exprime seule une forme géométrique (plus généralement topologique, c'est-à-dire associée à une invariance). En présence d'émergence on a donc, en tenant compte de (9) : $t = t(t', x^k)$, $q = q(t', x^k)$ et inversement $t' = t(t, q)$, $x^k = x^k(t, q)$, où les primes (') sont relatifs à l'espace-temps réversible, purement géométrique, et où l'indice de forme f est sous-entendu.

Remarque : Même si des expériences très subjectives sont décrites en termes de propriétés hors de l'espace et hors du temps (expériences mystiques, ou de NDE, ou hors du corps, etc.) elles s'expriment toujours ou sont vécues toujours dans un cadre spatio-temporel, qu'il soit (t, q) ou (t', x') . Même une désincarnation est exprimable dans un référentiel espace-temps, aussi étrange et déformé soit-il.

On a vu au point 5.9 que la forme f , qui par définition regroupe les propriétés q, P qui s'expriment dans le cadre spatio-temporel (t', x') , intervient comme la composante d'une collection d'états :

$$x_f(t', q) = x(t, q, f(t', q, P)) = x(t, q) = x(t(f), q)$$

qui est (9), où t est le temps thermodynamique et t' le temps réversible. Une grandeur G s'exprime en un événement d'espace-temps x :

$$G_f(x) = G(x_f(t', q)) = G(x(t, q))$$

Lorsque f prend plusieurs valeurs, on a une sorte de spineur : $G(x) = [G(x_f)]_f = [G_f(x)]_f$.
Introduisons alors le concept de réalité physique.

Il est fondé sur le **Principe d'Objectivité** ⁽⁴⁰⁾ : on a affaire à un même objet observé dans différents référentiels d'espace-temps, relativement à une même propriété invariante λ , lorsqu'une transformation T_λ des grandeurs décrivant l'objet, $G(x)$, consécutive à une transformation Ω_λ du référentiel d'espace-temps de l'observation, donne une grandeur pour laquelle la propriété λ est observée comme conservée :

$$T_\lambda G(x) = G(\Omega_\lambda x) \quad (15)$$

Rien de nouveau en cela : toute la physique procède de cette façon.

Remarque : L'invariance observable de la propriété λ est définie par rapport à une topologie, de préférence métrique. Il y a donc relations entre : groupe de transformations spatio-temporelles Ω_λ , groupe de transformations des observables T_λ , topologie associée à ces groupes.

Ce qui est nouveau, c'est l'application de ce principe aux grandeurs émergentes G , qui le sont par l'intermédiaire des degrés de liberté émergentes dont elles dépendent : q , t (q est ici une propriété émergente dans l'espace-temps où le temps t est thermodynamique ; dans le cas du temps réversible t' on a noté q' le degré de liberté dans l'espace-temps réversible). Le caractère irréversible du temps thermodynamique émergent t peut être un obstacle à la conservation de la propriété λ par Ω_λ et T_λ , car à cause de son irréversibilité ces transformations n'ont pas forcément d'inverse, et donc on n'a pas affaire à des groupes algébriques. Le critère de réalité physique cesse-t-il alors d'être appliqué pour de tels processus ?

On pose alors comme **principe** :

a) parmi les propriétés affectées par l'irréversibilité du temps thermodynamique, il existe au moins une propriété qui se conserve par les transformations de l'espace-temps irréversible, ou :

b) parmi toutes les transformations d'espace-temps irréversible il existe au moins une transformation pour laquelle une propriété se conserve :

$$\text{transformation des observables (grandeurs) : } T_\lambda G(q) = G(\Omega_\lambda q) \quad (16a)$$

$$\text{invariance de } \lambda \text{ dans la topologie métrique : } \|\lambda(\Omega_\lambda(t, q))\| = \|\lambda(t, q)\| \quad (16b)$$

la propriété concernée λ s'exprimant en fonction de t , q .

Remarque : Si le système, siège de propriétés émergentes, dont le temps thermodynamique t , ne satisfait pas (16), on supposera que son évolution puisse conduire, sous certaines conditions, à un système pour lequel (16) est satisfait.

Une telle évolution n'est possible que si les degrés de liberté du système sont suffisamment nombreux (marge d'évolution importante) et qu'ils sont réajustables à tout instant en fonction des flux et des événements internes ou externes au système. Il y a **apport de variété** pour un système complexe lorsque ses interactions avec l'extérieur ont pour effet d'augmenter le nombre de ses degrés de liberté, ce qui est donc favorable à une évolution qui vérifie les conditions d'invariance (16). Ce concept d'apport de variété a été formulé d'une manière différente par H. Atlan, à partir de la théorie de l'information appliquée aux systèmes biologiques ⁽⁴¹⁾.

Est-ce le cas de systèmes vivants et dotés d'une conscience et d'un système cognitif bénéficiant d'une grande flexibilité neuronale ?

On serait tenté de voir dans le critère de réalité, dans le cas des systèmes complexes sièges de processus émergents, une **perspective « spirituelle »**, dans laquelle l'union du système avec l'« être » (c'est-à-dire sa réalité) est un devenir nécessaire qui lui permet d'assurer le caractère pérenne de son appartenance au réel. C'est ce que j'ai pris comme hypothèse de départ dans

40 Frédéric Elie : Méthode expérimentale – site <http://fred.elie.free.fr> mars 2005, modifié le 30 décembre 2005 et mars 2009

41 Henri Atlan : Entre le cristal et la fumée, essai sur l'organisation du vivant – Seuil, 1979

mes essais sur la spiritualité et l'éthique ⁽⁴²⁾. Ces réflexions sont une introduction naturelle d'une exigence éthique liée au critère de réalité, lui-même découlant du Principe d'Objectivité (moindre information liée au filtrage par des systèmes complexes, conscients et doués de volonté) : la flexibilité neuronale offre, lorsqu'elle est dûment utilisée, la possibilité, dans les comportements, de privilégier ce qui rapproche du réel, c'est-à-dire une quantité d'information telle que, en théorie des straton, le confinement des straton associé à ce processus, noté N_s , soit proche de 1. Cela appelle une éthique fondée sur une **relation trialectique entre trois comportements : humilité, service, patience (HSP)** par laquelle l'individu apporte une information perturbatrice minimale à ce qu'il observe, réalise et subit. C'est la condition, très difficile, de lien avec le réel fondamental dont le processeur primordial est le straton.

Plus simplement, l'invariance de la propriété λ lors de la transformation de (t,q) entraîne son invariance dans le cas de l'espace-temps réversible (t',q') :

$$\|\lambda(\Omega_\lambda(t, q))\| = \|\lambda(\Omega_\lambda(t', q'))\| = \|\lambda(t', q')\| = \|\lambda(t, q)\| \quad (17)$$

Cette condition traduit celle que l'on a esquissée lorsqu'on supposait la nécessité de placer notre devenir dans le « temps du zoran » (t') réversible ⁽⁴³⁾. Et l'on rappelle que t et t' sont reliés par une fenêtre temporelle du type de Vallée, où t' est assimilé à un temps parallèle et t à un temps série :

$$t = t(t') = B \int_0^{t'} \left| \frac{du(t')}{dt'} \right|^2 dt' \quad (18)$$

et (17) entraîne :

$$\|\lambda(t', q')\| = \|\lambda(t(t'), q)\| \quad (19)$$

Comme le souligne H. Atlan, la quantité d'information d'un système est une quantité abstraite mesurable : sa valeur ne concerne pas l'objet de l'information, elle est définie à partir de l'ensemble des manières possibles de réaliser un événement, un état, une structure, sans s'intéresser ni à ses causes ni à ses conséquences ⁽⁴⁴⁾. On a vu en 5.1 que cette grandeur s'exprime par la formule de Shannon :

$$I(x) = - \sum_j p(j) \log_2 p(j)$$

où les indices j repèrent les différentes possibilités de réalisation, et $p(j)$ la probabilité de chaque

42 - Frédéric Élie : Notes sur la conscience - juin 2010, édité dans le site <http://fred.elie.free.fr> en octobre 2015

- Frédéric Élie : Éthique de la fraternité : Humilité, Service, Patience et son déploiement dans les trois niveaux : le « Je », le « Nous », l'« Universel » - site <http://fred.elie.free.fr> août 2009, juillet 2010, 9-16 juillet 2010, nouvelle édition 15 mai 2017

- Frédéric Élie : Fraternité, droits de l'homme et esprit de la méthode expérimentale, Réflexions sur les bases épistémologiques de la fraternité et des droits de l'Homme – site <http://fred.elie.free.fr> , 5 novembre 2008, modifié mars 2009, avril 2012

- Frédéric Élie : Essais sur une Théorie des Straton – site <http://fred.elie.free.fr> , 10 octobre 1984, édité en octobre 2015 et mai 2016 - Présentation et résumé rédigés en novembre 2014

- Frédéric Élie : Le temps et le Zoran, Fenêtre temporelle des phénomènes physiques et de la conscience – site <http://fred.elie.free.fr> , 20 août 2010, juin 2011, juillet 2011, révisé et édité en octobre 2015

43 Frédéric Élie : Le temps et le Zoran, Fenêtre temporelle des phénomènes physiques et de la conscience – site <http://fred.elie.free.fr> , 20 août 2010, juin 2011, juillet 2011, révisé et édité en octobre 2015

44 Henri Atlan : L'organisation biologique et la théorie de l'information – Seuil 2006

réalisation : elle peut être de différentes sortes, conditionnelle, markovienne, etc. et l'on a toujours : $\sum_j p(j)=1$.

L'indépendance, soulignée ci-dessus, de la définition de I vis-à-vis des substrats physiques qui véhiculent l'information pourrait justifier que I soit une des 3 catégories (EMI) de la physique (voir point 3.6).

Selon la théorie des stratons, ces catégories sont associées entre elles (principe fondamental du monisme), mais cette association est observable seulement dans un espace substrat dont l'univers observable est une projection.

Pourquoi cette projection ? C'est une question d'échelles : les stratons en interaction conduisent à la formation de confinements de population N, dans lesquels l'équivalence des catégories (EMI) couvre une **échelle limite** dans l'espace-temps-forme (TXF) substrat. Au-delà de cette échelle, l'équivalence n'est pas toujours observable parce que – par hypothèse – son observation nécessite une consommation d'informations consécutive à l'interaction entre systèmes observés et observateur, qui brise, aux échelles supérieures, ces équivalences. Aux échelles supérieures est donc associé un espace-temps-forme projeté de celui substrat. C'est en-deçà de l'échelle limite que le « zoran » s'exerce, domaine où par définition les équivalences (EMI) ont lieu et où le temps est parallèle.

Remarque : Les échelles supérieures ne signifient pas forcément à des grandes longueurs ou des grandes durées, car la dimension forme intervient et peut être élevée alors que l'espace et le temps qui sont reliés à elle peuvent rester petits.

6 - Lien avec la « théorie des stratons »

On a dit en théorie des stratons ⁽⁴⁵⁾ que lorsqu'une interaction dans l'espace-temps-forme observable aux échelles plus grandes que l'échelle limite (donc dans l'espace projeté ou « **univers cosmologique** ») correspond à la sélection d'un confinement de stratons de population minimale (1 à la limite du straton libre), ce que l'on désigne par $N_s = 1$, la quantité d'information dans l'espace substrat est minimale. Tout se passe comme si une compression d'information s'effectue dans ce type d'interaction. Et l'on a assimilé ce processus à une interaction dans laquelle la conscience intervient, donc mettant en relation un observateur et le système observé. Comment alors la configuration $N_s = 1$ (ou proche de 1) peut-elle s'observer aux échelles supérieures (donc dans l'espace cosmologique) ? Par filtrage bouclé, comme l'illustre la figure 7 ci-après.

45 Frédéric Élie : Essais sur une Théorie des Stratons – site <http://fred.elie.free.fr> , 10 octobre 1984, édité en octobre 2015 et mai 2016 - Présentation et résumé rédigés en novembre 2014

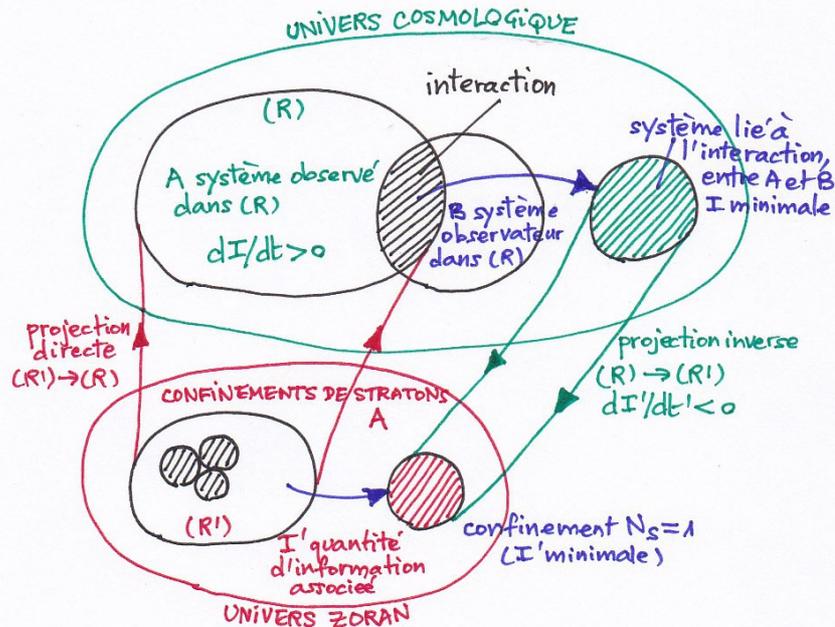


Figure 7 – Formation dans l'espace cosmologique d'un système correspondant, dans l'espace « zoran », à un confinement de straton d'information minimale : dans l'espace cosmologique (R), l'interaction entre un système A et un observateur conscient B forme un système dont le correspondant dans l'espace « zoran » (R') est un confinement de straton à la fois réel et virtuel, d'information minimale I', même si l'information I portée par cette interaction ne l'est pas dans l'espace cosmologique.

La théorie des straton que j'ai proposée conduit à adopter le **principe fondamental des interactions** :

Au sens large, que ce soit dans l'espace-temps-forme lié au référentiel des straton (R'), ou espace « zoran » où le temps est réversible, ou dans l'espace-temps-forme cosmologique lié à un référentiel (R) où le temps est thermodynamique, tout système et ses états est donné par un ensemble de fonctions d'onde à partir desquelles on détermine les densités de confinements des straton. Ces confinements, dans (R'), peuvent occuper, du point de vue de (R), soit des extensions spatiales séparées, soit des extensions spatiales confondues, superposées (ou « strates »). On les associe respectivement à des systèmes réels et à des systèmes virtuels. Un système complexe peut être constitué de systèmes réels et de systèmes virtuels ; de plus le caractère réel ou virtuel dépend de l'échelle espace-temps-forme sur laquelle se déploie un processus, une interaction. Dans des cas limites, les fonctions d'onde coïncident avec celles de la physique quantique ; on retrouve d'ailleurs l'équation de Schrödinger en théorie des straton. Soit un système (A) dont la fonction d'onde dans (R) est notée ψ . Le système observateur (B) a pour fonction d'onde $\tilde{\psi}$. L'interaction entra (B) et (A), qui résulte par exemple d'une observation ou d'une mesure, est elle aussi un système de fonction d'onde $\hat{\psi}$ reliée aux deux précédentes par :

$$\hat{\psi} = \tilde{b} \tilde{\psi} + b \psi$$

où les coefficients b, \tilde{b} dépendent du caractère séparable ou pas des extensions des confinements ainsi que de la métrique dans (R) relativement à (R'). Le système interaction (A/B), le système (A) et le système (B) sont des superpositions d'états correspondant à des fonctions d'onde. Si (B) permet d'observer un état de (A), alors pour le système interaction (A/B), parmi ses états, donc ses fonctions d'onde, il en existe au moins un, noté $\hat{\psi}_m$ (qui correspond à une population apparente dans (R) de straton \hat{n}_m), qui correspond à au moins un des états ou composants du confinement à observer (B) (de population apparente n dans

(R)) : dans ce cas l'état ou composant de population apparente \hat{n}_m représente ce dernier. Ceci entraîne une condition d'adéquation sur le confinement observateur de population apparente \tilde{n}_m dans (R).

Dans (R) on postule : l'observation se traduit par des grandeurs physiques mesurées ; on a mesuré une grandeur G sur le confinement à observer lorsque la valeur moyenne de G sur l'extension apparente $\hat{\omega}_m$ de (A/B) dans (R) (extension du champ de mesure) est la même que sur l'extension ω du confinement (B) dans (R) (extension du système ou confinement observé), ce qui s'exprime par l'égalité :

$$\psi = \hat{\psi}_m \quad (20)$$

Selon l'indiscernabilité ou la séparabilité des confinements apparents dans (R), les interactions entre le confinement à observer et un confinement observateur $\tilde{\psi}$ mettent en relation les états possibles du système entrant « à observer » ψ_m virtuels ou réels et les états possibles virtuels ou réels du système sortant « composant/état observé » $\hat{\psi}_m$; on a donc 4 types d'interactions dans (R) : virtuel \rightarrow virtuel, virtuel \rightarrow réel, réel \rightarrow virtuel, réel \rightarrow réel.

Mais il faut tenir compte de la complexité des confinements à observer et des confinements observateurs : plusieurs confinements observateurs, notés $\tilde{\psi}^S$, permettent de produire, à partir de plusieurs confinements à observer, notés ψ^S , des confinements réactionnels d'où sont filtrés, ou sélectionnés, plusieurs confinements effectivement observés, notés $\hat{\psi}^S$.

En effet, on pose le principe que l'observateur est un système complexe constitué de plusieurs confinements observateurs, qui interagissent avec un autre système complexe constitué de plusieurs confinements à observer.

De sorte que l'on généralise la condition (20) de la manière suivante. On pose l'hypothèse suivante :

Les N confinements à observer ψ^S se décomposent en confinements ou composants (états) ψ_k identiques pour le même rang $n^\circ k$, aux occurrences différentes près (réelles ou virtuelles) définies par les coefficients b_k^S : au même état de rang $n^\circ k$, ψ_k , réel pour ψ^S , sera peut-être virtuel pour ψ^{S+1} , et inversement.

Cette hypothèse nécessite que les états $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_k, \dots$ ont la même métrique g_{ij} dans les confinements à observer ψ^S , ce qui est raisonnable puisque une même métrique apporte une certaine homogénéité permettant d'appeler « système » l'ensemble des confinements ou composants à observer $\psi^1, \psi^2, \dots, \psi^S, \dots$ (attention aux indices et aux exposants !).

On pose aussi que le nombre total des confinements ou composants à observer ψ_k constitutifs des N confinements à observer ψ^S est égal à N : ce choix revient à écarter les situations où les N confinements observateurs $\tilde{\psi}^S$ n'accèdent pas à tous les états possibles des confinements à observer ψ^S . On a donc :

$$1 \leq S \leq N, 1 \leq k \leq N$$

Donc, au lieu d'écrire uniquement (20) : $\hat{\psi} = \tilde{b} \tilde{\psi} + b \psi$, avec $\tilde{\psi} = \sum_k \tilde{b}_k \tilde{\psi}_k$ et $\psi = \sum_k b_k \psi_k$, on écrit les N relations :

$$\hat{\psi}^S = \tilde{b}^S \tilde{\psi}^S + b^S \psi^S$$

avec : $\tilde{\psi}^S = \sum_{k=1}^N \tilde{b}_k^S \tilde{\psi}_k$, $\psi^S = \sum_{k=1}^N b_k^S \psi_k$ (21)

Le principe des interactions se généralise alors en : $\hat{\psi}^S = \psi_S$ d'où les conditions

$$\begin{aligned} \hat{\psi}^S &= H_S \tilde{\psi}_S + B^S = \psi_S \\ \text{avec: } H_S &= \frac{b^S \tilde{b}_S^S}{1 - b^S b_S^S} \text{ fonction de transfert} \\ B^S &= \frac{A^S}{1 - b^S b_S^S} \text{ bruit d'interaction} \\ \text{où: } A^S &= \sum_{p \neq S} (b^S \tilde{b}_p^S \tilde{\psi}_p + b^S b_p^S \psi_p) \end{aligned} \quad (22)$$

On a ainsi N relations que l'on peut écrire sous forme matricielle

$$[\alpha] \tilde{\psi} = [\beta] \psi \quad (23)$$

en utilisant les vecteurs :

$$\tilde{\psi} = \begin{bmatrix} \tilde{\psi}_1 \\ \dots \\ \tilde{\psi}_S \\ \dots \\ \tilde{\psi}_N \end{bmatrix}, \quad \psi = \begin{bmatrix} \psi_1 \\ \dots \\ \psi_S \\ \dots \\ \psi_N \end{bmatrix}$$

où les éléments $\alpha_{s,j}$ de la matrice $[\alpha]$ sont reliés aux termes H_s , b^s , b_s^s , \tilde{b}^s , \tilde{b}_j^s , les éléments de la diagonale α_{ss} contenant en particulier H_s , et où les éléments $\beta_{s,j}$ de la matrice $[\beta]$ sont reliés aux termes b^s , b_s^s , b_p^s .

L'**amélioration du rapport signal sur bruit (S/B)** nécessite l'annulation de A^S .

Remarque importante : d'une interaction d'observation n°S à l'autre, il n'est nullement imposé que les modes de transition Réel → Réel, Réel → Virtuel, Virtuel → Réel, Virtuel → Virtuel, soient les mêmes.

7 - Une approche de la « conscience » selon la théorie des stratoms

Au point 5.12 j'ai introduit l'idée selon laquelle la conscience est un facteur favorable à une compression de l'information dans l'interaction observateur-système, et que cette compression peut tendre dans l'espace cosmologique à une configuration apparente proche du straton libre, donc d'information minimale : dans ce cas le système que forme l'interaction est d'une nature réelle comparable à celle du réel de l'espace substrat (référentiel lié aux stratoms, ou espace « zoran »). Avec cette idée la conscience, qui intervient dans l'interaction, est supposée conférer à cette interaction un caractère **à la fois réel et virtuel** dans l'espace cosmologique. Dans ce qui suit, cette hypothèse est présentée à partir du principe des interactions vu plus haut ⁽⁴⁶⁾. Elle exploite le cas où le résultat de l'interaction $\hat{\psi}^S$ est à la fois réel et virtuel (hypothèse de la conscience).

On s'intéresse donc au cas où, pour le groupement n°S, l'observation donne un résultat à la fois réel et virtuel. On dit que pour cette partie du système l'observation ou l'interaction

46 Frédéric Élie : Essais sur une Théorie des Stratoms – site <http://fred.elie.free.fr> , 10 octobre 1984, édité en octobre 2015 et mai 2016 - Présentation et résumé rédigés en novembre 2014

s'accompagne de conscience (car la réalité perçue par l'observateur l'est d'une façon interne, non directement transmissible à l'extérieur vis-à-vis duquel elle demeure une virtualité, tandis que, pour l'observateur cette perception conserve néanmoins ses caractéristiques réelles).

Ainsi : l'observation des autres groupements de rang $n \neq S$ utilise une fonction de transfert qui dépend de l'observation réelle/virtuelle du groupement de rang $n^\circ S$.

Le cas où $\hat{\psi}^S$ est le résultat d'une observation ou d'une interaction à la fois réelle ou virtuelle :

a) – Revient à n'avoir qu'un seul confinement $n^\circ S$ pour le groupement de rang $n^\circ S$ (compression d'observation) ;

b) – Introduit un bruit d'interaction dont l'amélioration dépend uniquement de l'observateur et ne nécessite plus que l'objet observé soit dans un état propre de l'observateur ;

c) – Favorise l'amélioration du rapport signal/bruit (S/B) pour l'observation des groupements autres que le groupement de rang $n^\circ S$ (perturbations minimales sur l'ensemble du système) ;

d) – Nécessite une structure d'observateur adaptée à l'ensemble du système qu'il observe, le domaine des groupements observés concernés par cette condition d'adaptation (5.104) étant appelée **champ de conscience** (NB : cette adaptation suggère que le traitement de l'information avec conscience nécessite des systèmes « observateurs » spécialisés dans les domaines et les types d'informations à traiter, ce qui est conforme aux théories modernes sur le cerveau en tant que système cognitif) ;

e) – Dès que le rapport S/B pour l'observation $n^\circ S$ est amélioré (condition (b)), alors le S/B pour l'observation de l'ensemble du système est amélioré (condition (c)).

NB : les interactions sans conscience ont donc une efficacité qui dépend de celle des interactions avec conscience. Il apparaît ainsi le lien entre le domaine de la conscience et celui sans conscience. Or l'amélioration de l'efficacité des interactions avec conscience s'appuie sur l'utilisation d'état mental d'images les plus simples et les plus irréductibles qui soient, jusqu'à l'image « vide », propres à tendre vers $N_S = 1$. Ainsi, cette technique, apparentée à la **sérénité** ⁽⁴⁷⁾, est-elle équilibrante pour les processus non conscients de l'ensemble du système « observateur + système observé ».

f) – La conscience a un impact jusque dans les parties du système concernées par la condition d'adaptation sur \tilde{b}_n^n (champ de conscience). Chez les êtres vivants, le support qui permet de prolonger cette condition à toutes ces parties correspond au minimum au système nerveux : celui-ci permet, en quelque sorte, plus ou moins bien, la « propagation » de cette condition. Remarque : avec le commentaire (e) on peut imaginer, jusqu'à un certain point qu'il reste à déterminer, que la pensée a une influence sur l'équilibration du processus bio-physique/bio-chimique, selon le degré de pureté de **concentration** ou de **contemplation** ; à ne pas confondre avec l'obsession qui est un mode de pensée unidirectionnel mais accompagné d'une multitude de bruits issus de désirs et de passions créant de l'agitation mentale et/ou physique. Au contraire, il s'agit ici de sérénité.

La démarche décrite en (e), axée sur la sérénité, suggère donc une éthique et une esthétique naturelles ⁽⁴⁸⁾.

g) – Un confinement, unique à une certaine échelle d'observation (cf. conditions d'échelle), peut être subdivisé en confinements plus élémentaires, d'échelles d'observation plus fines, observables moyennant une condition d'échelle différente (par exemple : $\psi_S = \sum_u b_u^S \psi_u$).

C'est vrai, en particulier pour la conscience : celle-ci peut s'exercer au niveau hiérarchique $k+1$ correspondant au confinement ψ_u élément de ψ_S . Pour un même observateur considéré invariable, le niveau limite $k = p$ pour lequel les interactions de conscience s'effectuent aux divers niveaux intermédiaires jusqu'à lui, mais pas au-delà, définit la **profondeur de conscience**. Pour k élevé on parle de confinements ou composantes **subliminales** ; pour k

47 Frédéric Élie : Éthique de la fraternité : Humilité, Service, Patience et son déploiement dans les trois niveaux : le « Je », le « Nous », l' « Universel » - site <http://fred.elie.free.fr> , août 2009, juillet 2010, 9-16 juillet 2010, nouvelle édition 15 mai 2017

48 idem

faible, on parle de composantes **macroscopiques**, ceci étant lié aux ordres de grandeur d'échelles d'espace et de temps (et, de façon duale, de mouvement et d'énergie) auxquelles l'observateur est conscient.

h) – L'effet de la conscience suivant (a), conforme au second principe de la thermodynamique, au sens de la diminution de la redondance de l'information, existe simultanément avec l'effet équilibrant des processus dans un système organisé, suivant (e), donc **néguentropique**. La conscience offre donc à la nature un moyen de vérifier le second principe en présence de processus et systèmes complexes, conformément aux théories d'Atlan et Prigogine. Son émergence au sein du règne bio-chimique/bio-physique est donc un passage naturel dans un univers dont l'évolution suit les principes d'objectivité ⁽⁴⁹⁾ - ici, le 2e principe – et intègre les inévitables organisations spontanées qui apparaissent, se font et se défont, pour les systèmes bio ou physico-chimiques ouverts sur leurs environnements et finalisés par leur seule conservation. Lorsqu'un système complexe est ouvert sur un extérieur avec lequel il interagit, c'est l'ensemble « système complexe + extérieur », supposé globalement isolé, qui vérifie l'accroissement de son entropie, conformément au second principe de la thermodynamique ; si l'on note cette variation d'entropie $\Delta S = \Delta S_i + \Delta S_e$, avec ΔS_i variation de l'entropie interne du système complexe, ΔS_e variation de l'entropie de l'extérieur, on a, selon I. Prigogine ⁽⁵⁰⁾:

$\Delta S = \Delta S_i + \Delta S_e \geq 0$ avec $\Delta S_e \geq 0$ et $\Delta S_i < 0$ du moins sur une durée pendant laquelle le système se complexifie par apport de variété ; en théorie de l'information des systèmes complexes, on montre que ces variations d'entropie sont directement reliées aux variations des quantités d'information (voir point 10 plus loin), et que, au lieu que celles-ci décroissent régulièrement avec le temps comme c'est le cas pour les systèmes isolés, les quantités d'information du système complexe ouvert peuvent passer par une phase de croissance, comme le montre H. Atlan pour les effets du bruit sur la quantité d'information lorsque celle-ci est modulée par la **redondance** ⁽⁵¹⁾:

$$I_R = I_0 (1 - R)$$

où la quantité d'information par symbole avec redondance est I_R , I_0 est la quantité d'information par symbole maximale transmise par la voie de communication sans redondance, R est la redondance. La variation de I_R en présence du bruit prend alors l'expression :

$$\frac{d I_R}{d t} = I_0 \left(\frac{-d R}{d t} \right) + (1 - R) \frac{d I_0}{d t}$$

que H. Atlan, en s'appuyant sur les travaux de Winograd et Cowan ⁽⁵²⁾, interprète comme suit : le premier terme, positif, est la diminution de la redondance sous l'effet du bruit, responsable d'un changement par accroissement de la complexité, ce qui correspond à une augmentation de la quantité d'information I_R , mais aussi à une fiabilité du système qui diminuerait si le système ne dispose pas au départ d'une grande réserve de redondance par apport de variété ; le second terme, négatif, correspond à une diminution de la quantité d'information maximale du système I_0 transmise sans redondance à l'observateur, cette diminution résultant des effets de l'ambiguïté due aux bruits. La quantité d'information totale avec redondance I_R peut augmenter tant que la redondance n'est pas épuisée : tant qu'il en est ainsi, le système connaît des processus d'**auto-organisation** en présence du bruit, la variation d'entropie est négative (ou, de manière équivalente, sa néguentropie est positive). Après épuisement de R , la quantité d'information totale diminue, ce qui correspond à un accroissement de l'entropie.

49 idem

50 Ilya Prigogine, Dilip Kondepudi : Thermodynamique – éd. Odile Jacob, Paris, 1999

51 Henri Atlan : L'organisation biologique et la théorie de l'information – Seuil 2006

52 S. Winograd, J.D. Cowan : Reliable Computation in the Presence of Noise – The MIT Press, Cambridge, Mass., 1963

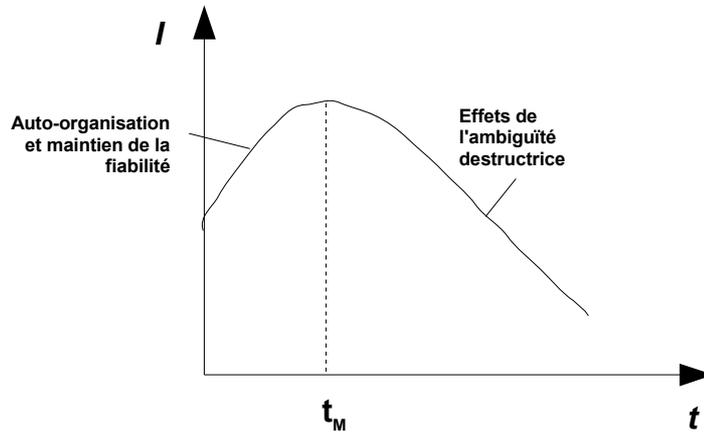


Figure 8 : quantité d'information avec redondance : auto-organisation et diminution de la complexité, d'après H. Atlan : « la première phase, qui constitue un accroissement de la complexité dû à la diminution de la redondance, correspond à une période de croissance et d'adaptation, ou encore à une période d'apprentissage non dirigé, apprentissage étant pris ici dans son sens le plus large d' « assimilation », suivant la terminologie de Piaget. La deuxième phase, diminution de complexité due à une « randomisation » de plus en plus grande des éléments constitutifs du système, alors que la redondance a déjà diminué au point de ne plus pouvoir la corriger, correspond au vieillissement et à la mort. » ⁽⁵³⁾

Un système ouvert complexe aboutit à des états attracteurs, souvent fractals, par des trajectoires chaotiques dans son espace de représentation. Lorsque l'attracteur est un état d'ordre (système contraint donc demandant plus d'information pour sa description), l'évolution est néguentropique, donc il produit localement le « pompage » de l'entropie d'univers. Vient alors cette question : le second principe de la thermodynamique pose que le système, s'il est fermé, évolue spontanément vers les configurations où ses constituants élémentaires, selon l'échelle d'observation considérée, sont dans une distribution d'états la plus homogène. Or connaître en détails chacun de ces états nécessiterait une quantité d'information énorme, donc on devrait avoir plutôt $dI/dt > 0$. le paradoxe est levé par le théorème ergodique : au bout d'un certain temps tous les constituants sont passés par tous les états accessibles compatibles avec les limites du système. Donc la quantité d'information entre eux est la même, et la connaissance moyenne sur le système requiert un nombre minimum de symboles, même si chaque composant, dans sa structure interne, est en soi complexe.

i) – Remarque :

Le système observateur avec conscience induit-il une trace de l'observation ou interaction consciente dans l'espace-temps substrat (R) ou (R'), qui soit indépendante de la nature géométrique, notamment l'extension, du système observateur global employé, et du système à observer (ces deux extensions étant propres aux dispositifs de l'observation) ?

Dans une observation « classique », l'onde « observatrice » est donc modulée par une quantité qui fait intervenir non seulement les structures géométriques des confinements observateur, à mesurer et effectivement mesuré, mais aussi, de façon irréductible, les phases des fonctions d'onde, qui s'expriment par les fonctions d'onde ψ^s et ψ_s .

Ainsi, si dans une observation classique il y avait une trace dans (R) dans sa structure géométrique support, elle dépendrait entre autres des caractéristiques du système observateur et du système mesuré dans (R), relatives et non intrinsèques aux confinements, et donc qui peuvent masquer le réel (R').

En revanche, une observation selon le mode conscient est associée à une trace dans (R) qui fait intervenir uniquement les structures géométriques des confinements dans (R) relativement à (R'), et sans aucune intervention des autres caractéristiques du système observateur et du système mesuré dans (R). Cette intervention est intrinsèque aux confinements, et peut donc exprimer un rapport direct et géométrique entre le réel (R') et le référentiel observateur (R).

53 Henri Atlan : L'organisation biologique et la théorie de l'information – Seuil 2006

Il y a même possibilité de trace dans (R') avec une structure représentant le lien entre (R) et (R') : **l'interaction avec conscience peut laisser une trace dans (R') avec une structure géométrique**, si toutefois les conditions de tous ces calculs sont toutes bien légitimes (cette trace est-elle une « mémoire »?).

8 - Conséquences épistémologiques

Dans l'analyse descriptive d'un objet, on décompose l'objet en parties liées à une même propriété ou, plus exactement, indiscernables relativement à cette même propriété.

Or un ensemble d'objets sont indiscernables relativement à une même propriété (géométrie, forme, propriétés physiques, chimiques, biologiques, etc...) lorsque leurs composants dans une extension d'espace-temps ω_s sont équivalents relativement à cette même propriété P_s :

$$P_S(\psi_k) = P_S(\psi_m) \rightarrow \psi_k \text{ et } \psi_m \in \omega_S$$

ce qu'illustre la figure 9 ci-après.

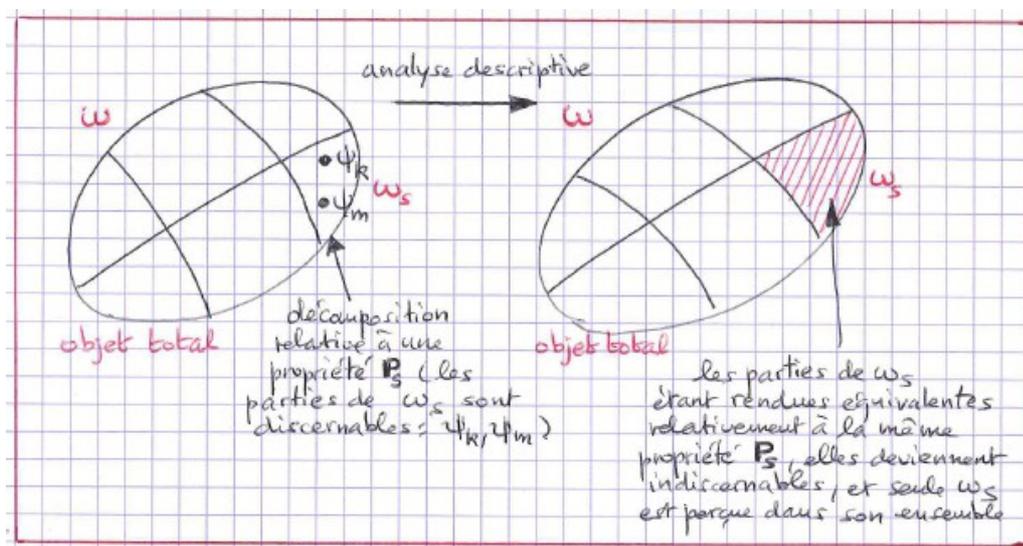


Figure 9 - catégorisation (décomposition analytique) d'un objet en composants virtuels relativement à une propriété

Catégoriser un objet en sous-ensembles relatifs à des propriétés P_s diverses et variées constitue la base du **langage**. Le langage fait ainsi appel à des structures indiscernables dans (R), c'est-à-dire des **virtualités**.

C'est la façon de procéder du cerveau humain, qui possède des fonctions spécialisées selon différentes propriétés P_s (formes, mouvements, espaces, durées...).

A partir de la catégorisation de l'objet ω_s on reconstitue l'objet comme étant **discernable** (synthèse perceptive) : on discerne l'objet, on vit le fait de le percevoir, comme l'émergence de toutes les propriétés.

La synthèse perceptive (qui fait appel au discernable, réel dans (R)), menée simultanément avec l'analyse descriptive (qui fait appel à l'indiscernable, virtuel dans (R)) correspond alors à un résultat d'interaction à la fois réel et virtuel. C'est ce qui justifie l'emploi du terme **perception consciente**.

D'autre part, on appelle **composantes subliminales** d'un objet les parties de cet objet dont les échelles caractéristiques d'espace et de temps (ou de nombre d'onde et fréquence) sont sous-échantillonnées par les échelles caractéristiques espace-temps (ou nombre d'onde-fréquence) du système observateur.

Les composantes subliminales possèdent une quantité d'information importante, qui ne peut pas être comprimée par l'observateur puisque non perçues de façon adaptée.

Mais la perception consciente peut permettre une telle compression dans la mesure où

l'observateur est conscient, sait que ces composantes existent dans sa perception et prend en compte, dans les applications pratiques, les incertitudes qui leur sont liées dans la perception des choses, en sachant évaluer leurs échelles relatives. C'est à ce prix que « l'homme peut plus qu'il ne sait », disait Claude Bernard : le prix de la **méthode expérimentale**.

Un exemple de compression de l'information des composantes subliminales, qui permet d'agir en se passant de connaître leurs détails, est l'expression de phénomènes microscopiques par une grandeur macroscopique, comme la température (qui synthétise les fluctuations cinétiques des molécules), etc. De façon générale, pour les composantes subliminales, ce qui importe c'est d'évaluer la connaissance ou l'incertitude qu'on en a, plutôt que de connaître leurs caractéristiques détaillées : c'est l'approche prévisionnelle ou opératoire (principe fondamental des interactions). Cette méthode de compression permet d'agir de façon performante parce qu'elle utilise des conditions suffisantes plutôt que des conditions nécessaires.

La perception consciente est donc un processus qui permet de se rapprocher de la situation où $N_s = 1$ (un composant pour le confinement résultat), dans (R). Or dans (R') le seul cas qui corresponde à $N = 1$ est celui du straton libre (l'espace-temps substrat) ! Aussi, semble-t-il, dans (R) **la perception consciente représente-t-elle la configuration du straton libre** qui est la configuration d'équilibre maximal, au sens du minimum de la quantité d'information conformément au « principe de l'information » selon lequel l'évolution des systèmes tend vers des configurations qui minimisent la quantité d'information, ce qui est la version « informationnelle » du second principe de la thermodynamique ?

En résumé, dans le cas $N_s = 1$, le résultat de l'interaction est autant réel que virtuel : le réel se comporte comme le virtuel et inversement, lors de la perception. L'observateur confère une réalité à ce qui est virtuel (synthèse perceptive) et une virtualité à ce qui est réel (analyse descriptive) : c'est le processus d'**inversion du réel et du virtuel**.

9 – Significations, intentions, projets chez les systèmes doués de conscience

Comme le conclut H. Atlan, pour des systèmes hyper-complexes tels que des systèmes vivants, et a fortiori conscients, l'information est du même ordre que l'entropie ou l'énergie, ce qui n'est pas le cas des systèmes macroscopiques dans lesquels les micro-états et les micro-constituants ne sont pas considérés ou négligés (principe de négligeabilité). Dans les structures macroscopiques, même très complexes (systèmes d'intelligence artificielle, etc.), l'information et l'entropie thermodynamique restent séparées : l'information reste indépendante des processus énergétiques. En revanche, pour être observés et modélisés, les systèmes hyper-complexes, pour lesquels les processus et les états dépendent directement, ou de proche en proche, des micro-états et des micro-processus tant internes qu'externes, par multi bouclages de rétroaction, et sur toutes les échelles de grandeur, de temps et d'espace, nécessitent de considérer à la fois les influences de l'information et de l'énergie. Sous cette condition, on conçoit que le processus d'observation, qui implique l'observateur et ses états (micro et macro), est inséparable du système à observer. Cela est déjà constaté pour les systèmes quantiques, et ça doit l'être aussi pour les systèmes biologiques, et par conséquent anthropologiques. Comme l'écrit H. Atlan (⁵⁴) : « *Le rôle fondamental aujourd'hui reconnu dans ces systèmes, à des structures dynamiques asservies avec boucles de rétroaction, qui permettent au système, en quelque sorte, de se « sentir » lui-même, conduit à envisager la possibilité qu'en biologie, l'observateur et le système soient confondus !* ». Et plus loin, citant H.J. Morowitz (⁵⁵) : « *Les relations entre l'observateur et le système peuvent ainsi revêtir beaucoup plus d'importance en thermodynamique biologique que dans les considérations habituelles qui s'effectuent à un niveau beaucoup plus grossier. Le problème d'un système connaissant lui-même son propre micro-état est profondément différent de celui d'un observateur extérieur connaissant ce micro-état. A savoir, le système est le micro-état, et par ce fait, a beaucoup plus de connaissance sur ce micro-état que n'en aura jamais un observateur extérieur...* »

54 Henri Atlan : L'organisation biologique et la théorie de l'information – Seuil 2006

55 Morowitz, H.J. (1968) : Energy Flow in Biology, Academic Press, New York, Chap. VI

On voit ainsi apparaître les paradigmes qui ont été pressentis auparavant (point 5.12) relatifs à l'hypothèse qu'en-deçà d'une certaine échelle d'observation, l'équivalence entre les catégories de la physique, énergie, matière-mouvement, information (EMI) devient plus avérée ; la conséquence, on l'a vu, est l'indissociabilité du système observateur et du système à observer. Traduits en termes de la théorie des straton, ces paradigmes s'expriment par la formalisation proposée aux points 6 et 7. On peut supposer, en effet, que les confinements des straton sont des micro-états à une échelle ultime. L'information qu'ils contiennent équivaut à l'énergie dans l'espace (R'), espace où le référentiel est calé sur les échelles en-deçà de l'échelle « critique » ; l'espace cosmologique (R), où les référentiels sont calés sur des échelles au-delà de l'échelle critique, est une projection de (R'). Rappel : les échelles portent non seulement sur le temps et les longueurs, mais aussi sur la forme, soit les catégories (TXF).

Pour compenser le défaut d'information que l'on peut obtenir sur un système hyper-complexe, il faut intégrer également l'information relative à la connaissance que ce système a de lui-même ; cette exigence est un paradigme qui doit compléter ceux de la méthode expérimentale : la **dimension éthique et déontologique** intervient dans la méthode expérimentale. Il faut tenir compte du fait que, pour un système considéré comme « élémentaire » à une certaine échelle de négligeabilité (tels une particule, une cellule biologique, un être humain en tant qu'élément social ou économique, etc.), cette échelle est choisie selon des critères d'intentionnalité donc en définitive subjectif. A l'échelle de négligeabilité, le système simplifié et réduit à une variable ou à un symbole intègre en lui-même des systèmes, des processus, des « **micro-états** » (« micro » en comparaison de l'échelle d'observation choisie) : il en tire une connaissance, une quantité d'information bien plus importantes que celles que peut avoir l'observateur limité à cette échelle. Par exemple, à l'échelle économique ou commerciale, un homme est un agent économique en tant que consommateur et travailleur ; mais l'homme, réduit à cet élément « simple », contient tout un univers d'informations et un nombre incalculable de « micro »-états : sa biologie, elle-même impliquant des niveaux de structures hyper-complexes, sa psychologie (idem), sa conscience (idem), son système cognitif (idem), son cheminement, etc. qui sont des données négligées selon le filtre qui délimite le domaine de validité de la modélisation et de l'observation économique et commerciale. Un travailleur n'est pas qu'un travailleur : c'est un humain avec toute son hyper-complexité, et toute la dignité qui l'accompagne. Une forêt que l'on supprime pour construire un lotissement n'est pas qu'une forêt vue comme un obstacle : c'est tout un ensemble écologique (au sens systémique du terme) avec ses processus hyper-complexes, ses habitants, sa botanique, sa biologie... sa poésie.

Pour tous les systèmes hyper-complexes, suivant la **troncature** que l'on a choisie dans les échelles d'observation en vue d'une certaine et **inévitabile intention**, comment déterminer, par une représentation prétendument fidèle, les quantités d'information d'une part, et les entropies d'autre part, dans la mesure où dans ce cas elles sont dissociées ? En particulier, il n'est pas possible de tout intégrer afin de pouvoir affirmer que le système est compris, intelligible, indépendamment du processus de connaissance ; dans certains cas limites, même, celui-ci peut détruire le système en l'observant ! Dans le domaine du vivant, cela pose bien un **problème éthique**. Dans ce domaine, comme pour tout système hyper-complexe, on devrait plus considérer l'ignorance que l'on a sur lui que la certitude que l'on a sur lui. C'est pourquoi le recours à l'approche holistique, systémique, prend depuis quelques décennies le dessus par rapport à l'approche analytique cartésienne, mais c'est au prix de l'acceptation de pertes d'informations détaillées, au profit des globales, qui sollicite par conséquent des propositions plus inférentielles que déterministes.

Lorsque le système à observer est lui-même doué de conscience, le paradigme mentionné ci-dessus doit intégrer la **question suivante** :

En supposant qu'une façon de définir la conscience consiste à attribuer à un système la faculté de créer des significations tant sur l'extérieur que sur lui-même, à partir de « quand » (sous quelles conditions) cette faculté émerge-t-elle ? Un système sans conscience, observé par un observateur extérieur doué de conscience se fait attribuer des significations seulement par celui-ci. Un système observé doué de conscience ne reçoit pas uniquement de significations attribuées par un observateur extérieur : il a pour lui-même des significations qui ne coïncident

pas automatiquement avec celles attribuées par l'observateur, et il attribue aussi des significations à l'extérieur y compris à l'observateur.

Précisons qu'une **signification** est attachée à une **fonction** : elle consiste à traduire, à interpréter un processus ou un système observés comme processeurs d'une fonction. Par exemple, les vaisseaux capillaires qui véhiculent le sang dans un organe remplissent la fonction d'échange gazeux oxygène-dioxyde de carbone dans cet organe, ce qui lui permet de se maintenir en homéostasie. Mais ni les vaisseaux, ni l'organe, ni le sang n'attribuent cette signification à leur existence et leur fonctionnement : c'est l'observateur extérieur qui le fait. Les capillaires sont ici les processeurs d'une fonction, mais cela ne leur apparaît pas.

Un système complexe est constitué de très nombreux processeurs fortement interdépendants et récursifs à diverses échelles. Les fonctions qu'ils remplissent sont inexistantes pour le système si celui-ci n'a pas de conscience, bien qu'elles produisent une ou plusieurs fonctions émergentes au niveau du système en vue d'une certaine **finalité**. Cette finalité peut être imposée de l'extérieur par un autre système animé par une intention dont il est conscient ou non. Un robot qui construit un appareil réalise une finalité pour celui-ci mais il ne le sait pas. Des fourmis qui transportent des graines plus lourdes qu'elles vers l'entrée d'une fourmilière réalisent une finalité de survie, et cette finalité est imposée à la graine, mais il n'est pas certain que les fourmis lui attribuent consciemment cette fonction. La finalité peut aussi être issue du système lui-même, de l'intérieur, selon deux cas : si le système est doué de conscience il se définit des fonctions en vue d'une ou plusieurs finalités, ce que l'on appelle intention ; si le système n'est pas doué de conscience, les fonctions qui émergent du système suivent une finalité que le système ne s'est pas définie, et elles n'ont aucune signification pour lui. Dans le premier cas (système conscient), le système est capable de trouver dans son environnement tout ce dont les fonctions contribuent à satisfaire les fonctions qu'il s'est données en interne en vue de ses finalités ou intentions : sa conscience lui permet d'attribuer des significations aux choses extérieures en vue de ses finalités. Hors de celles-ci, ces significations n'existent pas.

A partir du moment où un système peut reconnaître des fonctions, tant internes qu'externes, en référence à des finalités dont il a ou non conscience, il peut s'auto-organiser de manière consciente ou non pour obtenir des fonctions qui, cette fois, lui sont accessibles consciemment : cette auto-organisation, devenue intentionnelle, conduit à définir et réaliser des projets.

Comment alors définir un projet ou une intention ? Un **projet** est un processus construit à partir d'une succession d'événements causale, dans laquelle un ou plusieurs d'entre eux sont transformés en événements à obtenir comme conséquences. Ces événements conséquences ont alors pour fonction de déclencher la succession d'événements parce qu'ils sont devenus le but. Exemple simple : avec mon smartphone je veux récupérer une image d'un site internet, mais j'ignore comment faire ; j'essaie diverses choses qui ne fonctionnent pas, puis par hasard j'utilise la copie d'écran ; mais je ne sais pas où la retrouver dans la mémoire du téléphone ; je cherche alors avec le gestionnaire de dossiers intégré au système, et je tombe sur un dossier type qui contient les copies d'écran, je trouve alors l'image ; puis, toujours avec le gestionnaire de dossiers, je parviens à transférer l'image dans le dossier de mon choix. Toutes ces opérations forment une chaîne causale qui aboutit à la récupération d'une image dans un dossier déterminé. Cette récupération, qui correspond à mon intention, deviendra à l'avenir l'événement désiré qui déclenchera la mise en œuvre d'une partie de la séquence des opérations qui le précèdent : c'est le déclenchement d'une procédure (succession de processus qui est à elle seule un processus série, ce qui nous ramène au concept de temps série). Ce n'est qu'une partie de la chaîne causale des opérations d'essais parce que, naturellement, j'aurai laissé de côté les opérations inutiles vis-à-vis de mon intention, celles qui ne fonctionnaient pas.

Ainsi, un projet ou une intention est une opération qui consiste en **deux phases** :

- transformer certains événements causaux parmi d'autres (intrants c'est-à-dire données d'entrée) en extrants (données de sortie) d'un processus ;
- attribuer à ces extrants une fonction de déclenchement des événements causaux série

dans le but, l'intention, d'obtenir ces extrants. En tant que déclencheurs, ces extrants deviennent alors des intrants.

Avant l'initialisation du projet, les intrants qui sont des extrants intentionnels n'existent pas encore : ils sont virtuels. Mais ils sont aussi réels puisqu'ils sont des déclencheurs de processus réels. Le système conscient qui va réaliser la procédure attribue donc une existence à la fois virtuelle et réelle aux intrants que sont les extrants déclencheurs, les finalités. C'est seulement lorsqu'ils seront obtenus au terme de la procédure, que ces intrants seront des extrants uniquement réels.

Un projet ou une intention défini et exécuté par un système conscient met alors en jeu la transition Réel \rightarrow Virtuel \rightarrow Réel et la superposition, dans l'espace cosmologique, des configurations apparentes des confinements de straton à la fois réels et virtuels, ce qui correspond à ce qui est présenté au point 7.

Cette complexification du système par les projets est au prix d'un « pompage » l'entropie d'univers, donc de $dI/dt < 0$ donc fait tendre vers la configuration apparente dans (R) du straton libre, mais à condition que les projets aient une dynamique éthique, ou axiologique, telle qu'ils contribuent à faire tendre vers la condition $N_s = 1$.

10 – Système observateur conscient et système observé : réduire l'équivocation et l'ambiguïté

Le couplage entre un système observé et un système observateur, dont l'importance a été soulignée ci-dessus, doit être précisé. De manière générale, ce couplage peut être décrit par une voie de communication qui ne se réduit pas exclusivement à un canal de transmission matériel. Il y a voie de communication lorsqu'il existe entre les deux systèmes des corrélations exprimées au moyen de probabilités conditionnelles. Les corrélations permettent de transformer une grandeur en une autre parce qu'entre elles existent des liens d'interdépendance. L'**interdépendance** peut résulter de deux choses : soit une grandeur a un effet causal sur l'autre, soit les deux grandeurs sont à leur tour influencées par une autre grandeur causale commune aux deux. En théorie de l'information on montre que généralement la communication, donc l'interdépendance ou le passage d'une grandeur en une autre, s'accompagne d'équivocation (ou d'ambiguïté) ; la raison est dans la présence du bruit dans la transmission de l'information. Rappelons rapidement ces notions : soit (x) l'ensemble des symboles (au sens large) émis par une source X, et (y) l'ensemble des symboles reçus par un récepteur (au sens large) Y ; $I(x)$ et $I(y)$ sont respectivement les quantités d'information du signal d'entrée (émis par X) et du signal de sortie (reçu par Y). La quantité d'information transmise par la voie de communication est notée $I(x;y)$. Si la transmission était parfaite, il est clair que la transmission transmise par la voie serait égale à celle de la source et donc aussi à celle du récepteur : $I(x;y) = I(x) = I(y)$. En présence du bruit ou d'incertitudes au niveau de la source ou au niveau du récepteur, il n'en est rien : $I(x;y)$ est influencée par les incertitudes affectant la source et/ou le récepteur, que l'on note :

$$I(y|x) = -\sum_{i,j} p(i,j) \log_2 p(i,j) + \sum_i p(i) \log_2 p(i)$$
 quantité d'information sur la sortie si l'entrée est bien déterminée : c'est l'**ambiguïté** ;

$$I(x|y) = -\sum_{i,j} p(j,i) \log_2 p(j,i) + \sum_j p(j) \log_2 p(j)$$
 quantité d'information sur l'entrée si la sortie est bien déterminée : c'est l'**équivocation**

relations dans lesquelles : $p(i,j) = p(i)p(j|i)$ et $p(j,i) = p(j)p(i|j)$ où les i, j représentent les symboles de x et de y, et l'on a :

$$I(x;y) = I(y;x) = I(x) - I(x|y) = I(y) - I(y|x) \quad (24)$$

L'ambiguïté et l'équivocation sont égales à 0 pour une communication parfaite, et sont différentes de 0 dans le cas contraire. La relation précédente montre que, en présence d'ambiguïté ou d'équivocation, causées par du bruit ou de l'incertitude sur la source ou le récepteur, il y a une diminution de la quantité d'information véhiculée. Pour réduire l'équivocation ou l'ambiguïté il faut des symboles supplémentaires dans la transmission du signal d'entrée (x) : cet apport de symboles s'appelle la redondance. La quantité d'information par symbole du signal à transmettre sans utiliser la redondance est $I_0(x)$, celle du signal transmis avec redondance est $I_R(x)$. L'apport de symboles supplémentaires destinés à réduire l'équivocation ne modifie pas la quantité d'information du signal à *transmettre*, celle-ci étant supposée sans bruit ; donc, si la longueur du message est de N symboles, la quantité d'information du message $N \times I_0(x)$ est fixée. Par contre cet apport a pour effet de diminuer cette quantité d'information *par symbole* puisque les symboles utilisés dans le message (sa longueur) sont plus nombreux, soit $N' > N$ ce nombre : la quantité d'information par symbole transmise avec redondance $I_R(x)$ est donc plus petite que celle à transmettre $I_0(x)$, cette diminution est donc égale à $(I_0 - I_R) = RI_0 < I_0$ avec $R < 1$ qui est la redondance. On a donc l'égalité :

$$N \times I_0(x) = N' \times I_R(x) \text{ fixée,}$$

d'où la diminution de quantité d'information par symbole avec redondance :

$$I_0 - I_R = I_0(1 - N/N') < I_0.$$

De façon générale la **redondance** est déterminée par le code correcteur d'erreurs employé, et est définie par :

$$R = 1 - \frac{I_R}{I_0} \quad (25)$$

La redondance doit être d'autant plus grande que l'équivocation est grande. On peut s'en assurer en utilisant (24) et (25) où $I_0(x)$, quantité d'information du signal d'entrée affectée par l'équivocation (on suppose l'ambiguïté nulle), est donnée par :

$$I_0(x) - I(x|y) = I(y) \quad \text{d'où :} \quad I_R = I(y) + I(x|y) - RI_0(x)$$

donc, le signal après redondance est correctement transmis si $I_R(x) = I(y)$ ce qui donne la condition : $RI_0(x) = I(x|y)$. Mais peut-elle être toujours satisfaite ? Réponse dans le théorème suivant.

D'après le **théorème de Shannon**, soit $C = I_{MAX}$ la capacité de la voie de communication, c'est-à-dire la quantité d'information maximale qu'elle peut transmettre, et soit $I_0(x)$ la quantité d'information du message à transmettre ; si $I_0(x) \leq C$ alors il existe toujours un codage du message tel que le message soit transmis avec une équivocation aussi faible que l'on veut.

Or on vient de voir que la redondance a pour effet de diminuer la quantité d'information du message d'entrée $I_0(x)$. Cette diminution n'est pas due cette fois au bruit, mais à l'augmentation du nombre de symboles N . Si l'on veut compenser cette diminution causée par la redondance, il suffira de remplacer le message d'entrée (x) par un autre (x'), moyennant un codage de transformation (qui n'est pas le codage correcteur d'erreurs), tel que l'on ait $I_0(x') \geq I_0(x)$ ainsi que, après effet de l'équivocation : $I_0(x') - I(x'|y) > I_0(x)$ compte tenu de la capacité de la voie : $I_0(x') - I(x'|y) < C$. Si, après redondance, la quantité d'information du message d'entrée transformé est proche de celle du message initial d'entrée à transmettre, on doit avoir :

$$I_R(x') = I_0(x') - RI_0(x') \approx I_0(x)$$

ce qui, compte tenu des inégalités précédentes, donne :

$$I_R(x') + I(x'|y) \leq I_0(x') < C + I(x'|y)$$

d'où, suite à la relation donnant $I_R(x')$, la condition : la redondance du message d'entrée codé

doit être de l'ordre de l'équivocation sur ce même message : $RI_0(x') \approx I(x'|y)$. Il est donc possible de retrouver la quantité d'information du message initial d'entrée malgré l'utilisation de la redondance, au moyen d'un **codage adapté** de ce message, et où la redondance compense l'équivocation. On montre que le codage adapté consiste en un codage par groupement de symboles, ce qui a pour effet d'augmenter la quantité d'information par symbole, et donc contrebalance la diminution due à la redondance. Le langage peut être vu comme une structure logique par laquelle les symboles utilisés et leurs combinaisons permettent de réaliser des groupements de symboles rattachés aux systèmes observés, qu'ils soient réels ou virtuels. Lorsqu'il est capable de manipuler et de créer des objets abstraits, par lesquels on peut mettre en relations des objets concrets ⁽⁵⁶⁾, le langage est propre aux systèmes vivants doués de conscience, tels que l'être humain.

Tout ce qui précède peut s'appliquer à la communication entre un système observé et un système observateur. Dans les limites de l'échelle et de ce qui a été volontairement négligé chez le système observé, le système observateur obtient une information optimale sur le système observé s'il parvient à coder les signaux émis par celui-ci dans le sens où il utilisera une redondance suffisante qui lui permet de réduire significativement les bruits qui accompagnent l'interaction d'observation. Peut-on supposer que ce codage correspond aux significations attribuées par le système observateur ? Il est clair que le codage, transformation des informations issues du système observé, ne doit pas déformer celles-ci et leur ajouter plus d'équivocation. Il doit être en adéquation avec ces informations. Si la réponse à la question est « oui » (ce qu'il reste à démontrer !), c'est-à-dire si le codage revient à définir des significations sur le système observé, mais aussi compte tenu du système observateur, alors le codage revient à associer des fonctions, et donc des projets en rapport avec le couple système observé / système observateur, ainsi que nous l'avons vu plus haut. L'adéquation recherchée entraîne que les projets ne peuvent pas être quelconques. On retrouve alors bien une dimension éthique ou déontologique dans les processus d'interaction entre les systèmes observateurs et les systèmes observés.

En appliquant le **Principe d'Objectivité** aux systèmes vivants et à leurs évolutions, le sens de ceux-ci ne suit pas un projet extérieur fixé a priori (non finalisme), mais peut suivre un projet intérieur dont l'objectif reste toujours le même pour tout système de l'univers cosmologique : tendre vers une configuration où les états du système sont les plus probables (version informationnelle du Second Principe de la thermodynamique). Pour les systèmes complexes, et a fortiori pour les systèmes vivants, ces configurations sont celles dont les états assurent l'homéostasie. Atteindre ces configurations résulte, pour les systèmes complexes, de processus dont l'enchaînement est marqué par des phases de bifurcation qui, de proche en proche, font passer le système d'une configuration à une configuration plus complexe. Les **bifurcations** surviennent lorsque l'isomorphisme interne du système conduit à des structures qui atteignent une échelle limite où, pour obtenir une situation d'équilibre, le système doit se réorganiser. Les bifurcations surviennent aussi par l'interaction entre le système et l'extérieur qui produit des états hors équilibre du système (et éventuellement de l'extérieur). La réponse du système est alors une réorganisation favorable à une dynamique qui tend vers l'équilibre. Elle peut nécessiter une **complexification** croissante, donc des quantités d'information élevées, bien que la trajectoire des états du système, dans l'espace de représentation, s'oriente vers des états de quantité d'information moindre, ce qui traduit l'équilibre. Pour les systèmes vivants, cette complexification marque leurs évolutions dans le sens d'une capacité plus grande à l'adaptation du système à son environnement extérieur. Être capable d'évoluer et d'assurer sa survie dans un environnement, projet qui, rappelons-le, a pour objectif à terme d'atteindre l'équilibre dynamique (état de moindre quantité d'information), nécessite d'abord de percevoir, puis au mieux connaître, puis au mieux, agir et modifier son environnement extérieur afin de favoriser les conditions de survie. En rapprochant ce principe des concepts de codage, d'équivocation et de redondance de l'information vus plus haut, on peut imaginer que pour certains systèmes vivants, la faculté d'assurer les nécessaires perception, connaissance,

56 Frédéric Élie: Méthode expérimentale – site <http://fred.elie.free.fr> , 2005

action, modification de l'environnement extérieur soit obtenue suite à des bifurcations de ces systèmes qui les conduisent à l'émergence de la **conscience**. Celle-ci pourrait être, en effet, une fonction favorable, pour le système observateur conscient, au codage, à la redondance, à la réduction du bruit dans ses interactions avec l'environnement extérieur, parce qu'elle permet au système de définir et réaliser des projets en rapport avec les significations qu'il pose sur l'extérieur et qui exploitent cette faculté. Or, pour définir et réaliser de tels projets, il faut que le système vivant soit capable d'une **auto-perception** par laquelle il peut se positionner par rapport à l'extérieur. Du coup, cette auto-perception fait du système vivant un sujet, c'est-à-dire un système qui est amené à considérer aussi comme environnement sa propre configuration interne.

Cet « avantage » procuré par la conscience entraîne de nouvelles exigences pour le sujet : assurer simultanément le contrôle de son environnement interne, avec ses informations complexes, et de son environnement externe, les deux environnements étant en interactions incessantes : les unes consistent en interaction sujet → extérieur (observation externe), les autres en interaction sujet → sujet (observation interne), l'ensemble devant être compatible avec la réduction de l'équivocation, de l'ambiguïté, du bruit, autant lorsque le sujet et l'environnement sont soit source soit récepteur des informations relatives à l'autre.

11 – Un double problème de la conscience, et pistes pour le résoudre

11.1 – Formulation du double problème

Ces exigences font que, une fois encore, les systèmes doués de conscience sont confrontés aux dimensions éthique et déontologique dans les choix et les interactions qu'ils ont entre eux, et avec les autres systèmes de l'univers cosmologique, choix et interactions qui mettent en œuvre des projets.

Satisfaire ces exigences est difficile compte tenu du fait que la conscience rend le sujet sensible à ce qui est inconscient, et que l'objectif d'équilibre se déforme rapidement en un objectif de défense ou de prééminence exclusives de soi-même. Détaillons :

La perception consciente, qu'elle soit de soi-même ou de ce qui est extérieur au sujet, ne couvre pas toutes les échelles d'espace, de temps et de forme : elle est plutôt confinée sur des échelles macroscopiques. On ne peut être conscient de ce qui se déroule sur la milliseconde, sur le micron, ou sur la forme d'une molécule ! Or, tout au long de son histoire, le sujet est le siège d'événements dont l'extension couvre des échelles très petites, en espace, en durée, en forme, avec des intensités très variables et disparates. Ces événements sont aussi bien liés aux processus internes du système hyper-complexe qu'est le sujet, qu'aux processus d'interactions entre le sujet et son extérieur, y compris les autres sujets qui en font partie. De par sa structure biologique, physiologique, cognitive, le sujet enregistre tous ces événements dont une faible partie seulement se déploie sur des échelles compatibles à celles de la perception consciente et donc est accessible à la conscience du sujet. Les autres restent inaccessibles à la conscience, on les dit **subliminaux**. Mais un événement subliminal enregistré contribue à la quantité d'information du système sujet et interagit avec les composantes et les fonctions de celui-ci. Cette influence échappe au champ de conscience mais détermine quand même les comportements du sujet. Comme le sujet n'en a pas conscience, il ne peut pas exploiter l'information des systèmes subliminaux pour déterminer ses choix, ses connaissances, ses observations, ses projets. Cela n'empêche pas cette information d'être quand même utilisée chez le sujet, mais elle n'est pas contrôlée par sa composante consciente. Cette exploitation inconsciente peut induire des réactions du sujet par lesquelles il effectue des codages, des redondances, des significations relatives aux événements qu'il perçoit ou non. Deux situations se présentent alors : a) Vis-à-vis des événements que le sujet ne perçoit pas consciemment, mais qui ont un effet sur lui, le codage et la redondance fondées sur les composantes subliminales sont adaptées ou non, et le sujet ne le sait pas et donc ne peut pas avoir l'intention de les modifier ou de les corriger ; b) Vis-à-vis des événements que le sujet perçoit consciemment, le codage et la redondance fondées sur les composantes

subliminales ne sont généralement pas prises en compte dans le codage et la redondance pratiquées par le sujet sur la base de ses composantes conscientes, et le résultat a un risque important d'être biaisé, inadapté, puisqu'il est amputé d'une grande quantité d'information que le sujet n'a pu intégrer. Dans les deux situations (a) ou (b) le sujet n'a pas la maîtrise de sa communication avec lui-même et avec l'extérieur, que celui-ci lui soit accessible ou non à sa perception consciente. De cette perte de maîtrise, le sujet s'en aperçoit cependant, car sa conscience lui permet ce constat : c'est en ce sens que j'ai dit au point 10 « la conscience rend le sujet sensible à ce qui est inconscient », ce qui n'est pas pareil que de dire « le sujet est conscient de tout ». Ce **sentiment de manque**, de décalage entre ce qu'il croit connaître ou projeter, et ce qui, effectivement, les conditionne en grande partie, agit sur le système cognitif du sujet, et ce sentiment est pris en charge par la conscience. Celle-ci place le sujet dans une situation d'équivocation qui affecte tout ce qu'il émet à l'extérieur (et à son intérieur), et dans une situation d'ambiguïté qui affecte tout ce qu'il reçoit de l'extérieur (et de son intérieur). Face à cette difficulté, le sujet, plus exactement son **ego** (la fonction qui rend le sujet conscient de sa propre existence et qui veille à la pérennité de celle-ci) se met généralement en position d'**auto-défense**. Cela serait légitime et adapté s'il n'y avait pas une **inadéquation** plus ou moins omniprésente chez le sujet entre ce qu'il projette, son intention, et ce qui devrait être fait pour assurer l'adaptation en connaissance de toutes les informations. Ce problème est propre à l'existence de la conscience ; il n'existe pas chez les systèmes vivants qui ont peu ou pas de conscience d'être. Chez le système sujet (doué de conscience), l'inadéquation s'aggrave à cause d'un **autre problème** : les systèmes subliminaux que le sujet a engrammés sont sans lien, ou presque, avec les choix conscients, donc dans l'éventualité où ceux-ci sont adaptés (au sens du codage, de la redondance, de la réduction du bruit), ils ne sont pour autant pas capables de corriger ou d'orienter les effets des systèmes subliminaux. Il apparaît alors une contradiction, voire un conflit, entre ce que le sujet croit percevoir, se représenter, comprendre, choisir, faire et ce que les composantes subliminales le poussent à percevoir, etc. Comme celles-ci, dans leurs réponses aux stimuli externes ou internes, sont généralement orientées vers la stricte exigence de la survie, qu'elle soit au niveau de l'organisme entier ou de ses moindres constituants, leurs actions sur les choix ont pour effet d'infléchir ceux-ci dans une direction d'auto-défense exclusive et de prééminence de l'ego qui n'est pas forcément adaptée, loin s'en faut, car étrangère aux informations supposées adéquates constituées au niveau de la conscience. C'est en ce sens que j'ai dit au point 10 : « l'objectif d'équilibre se déforme rapidement en un objectif de défense ou de prééminence exclusives de soi-même ».

11.2 – Nécessité d'une « gestion » de la conscience, question éthique

En définitive, la conscience, chez un système vivant hyper-complexe, est une arme à double tranchant : si elle s'est présentée dans l'évolution biologique comme un moyen avantageux de contrôler les communications entre le sujet et son environnement par un système dirigé de codages, de redondances, de réduction des bruits, elle a, en revanche, pour conséquences aussi qu'elle nécessite une « gestion » qui consiste à lui donner les capacités de s'adapter aux manques spécifiques aux composantes subliminales, à défaut de pouvoir les connaître et les manipuler. Si cette « gestion » est déficiente, le sujet risque fortement de vivre les déséquilibres cognitifs et psychiques générés par la suprématie du « moi » dans tout ce qui consiste à percevoir, connaître, comprendre, choisir, projeter, et qui entraîne que dans ses choix, ses intentions, ses projets, le sujet se trompe de cible : ce qu'il estime équilibrant ou adapté s'avère ne pas l'être.

Dans mon article « éthique de la fraternité »⁽⁵⁷⁾ j'ai insisté sur les facteurs et les conséquences de la sur-dimension du « moi », et, entre autres, j'ai remarqué qu'une manière d'assurer la « gestion » dont il est question consiste, dans les processus de perception, de compréhension, de décision, de projet, à définir des critères par lesquels l'influence des objectifs biaisés par un

57 Frédéric Élie : Éthique de la fraternité : Humilité, Service, Patience et son déploiement dans les trois niveaux : le « Je », le « Nous », l'« Universel » - site <http://fred.elie.free.fr> août 2009, juillet 2010, 9-16 juillet 2010, nouvelle édition 15 mai 2017

moi surdimensionné est contournée ou rendue transparente. En particulier, j'ai fait remarquer que la démarche selon ***l'esprit de la méthode rationnelle et expérimentale*** remplit cette mission dans la mesure où, face à un système qu'il observe ou étudie, la méthodologie consiste à chercher au maximum à « effacer » son moi, et plus généralement, à intégrer dans le processus de connaissance la part subjective à côté de la part objective, cette intégration devant toujours suivre, quant à elle, la démarche objective, rationnelle. Il en va ainsi des paradigmes des sciences modernes, qu'elles soient systémiques, quantiques, anthropologiques, économiques, écologiques, etc. Et dans ce même article, j'ai alors dégagé une éthique, une axiologie, qui prolonge dans nos vies de tous les jours, au niveau individuel et au niveau transactionnel, l'esprit de cette démarche, afin que l'équilibre, reconnaissable selon moi dans la sérénité, puisse être sinon atteint mais approché malgré les risques liés aux dysfonctionnements dus à un moi hypertrophié à cause du manque mentionné ci-dessus.

11.3 – Modulation et aliasing psychiques : outils de « gestion » de la conscience ?

Une façon aussi d'exercer la « gestion » des problèmes de la conscience décrits plus haut consiste à recourir à la ***méditation***, dans son sens le plus général. La démarche consiste à faire « remonter » les composantes subliminales, invisibles pour la conscience, jusqu'aux échelles supérieures compatibles avec l'observation consciente. Quel en serait le principe ? Je pense qu'il peut s'inspirer d'un principe de base de la théorie des signaux : on sait qu'un signal très court dans l'espace et dans le temps correspond à un spectre, c'est-à-dire sa transformation dans l'espace des fréquences et des nombres d'onde, qui est étendu ; et inversement : un signal étendu correspond à un spectre étroit. Si l'on transpose ces résultats aux signaux du domaine inconscient, donc d'extensions très fines, sur des échelles très petites, le spectre de ces signaux est de très étendu en fréquences et nombres d'onde. Les signaux transmis sur des échelles compatibles avec la conscience, donc sur des échelles bien plus grandes, possèdent à l'inverse des spectres très étroits. Les domaines fréquentiels des signaux conscients et des signaux inconscients sont disjoints. A priori, on ne peut donc pas accéder aux spectres de l'inconscient à partir des spectres du conscient. Si c'était possible, il suffirait alors de faire la transformation inverse du spectre pour retrouver les signaux dans leurs domaines d'espace-temps (et forme). Or il existe au moins une méthode pour agir sur l'étendue du spectre et son positionnement en fréquences : c'est la ***modulation***. Sous certaines conditions, les signaux du domaine de la conscience pourraient être modulés pour, d'une part, avoir un spectre plus large dont l'extrémité haute pourrait rencontrer les extrémités basses des spectres de l'inconscient, et d'autre part, être translatés vers les hautes fréquences, celles qui correspondent aux petites échelles du domaine de l'inconscient. Cela reviendrait, pour le sujet, à diriger sa conscience du domaine macroscopique dans lequel s'exerce habituellement son attention, vers des domaines de plus en plus fins, en commençant par ce qui se passe dans son corps et ses émotions ; cette direction est favorisée par une activité de l'attention de plus en plus centrée sur une tâche élémentaire mais vitale : la ***respiration en pleine conscience***. Celle-ci n'est pas dans le passé que l'on pourrait regretter ou haïr, ni dans le futur que l'on pourrait espérer ou craindre, mais obligatoirement dans l'instant présent, ce qui réduit considérablement l'étendue de la durée sur laquelle porte le signal de la conscience ; il s'ensuit alors un élargissement du spectre qui peut aller jusqu'à ceux de l'inconscient. Cela fait, les signaux de l'inconscient entrent alors dans le spectre étendu depuis la conscience, et par transformation inverse deviennent plus ou moins explicites pour la conscience : le sujet peut alors travailler sur eux. On retrouve ainsi les grands principes de diverses techniques de méditation au sens large : la méditation proprement dite où le sujet focalise progressivement son esprit sur des choses ou des sensations fines, la sophrologie où le sujet prend conscience de son corps et étend sa conscience progressivement aux aspects les plus discrets de sa personne, toutes les techniques où intervient la respiration pleine conscience avec ou sans activité corporelle (cohérence cardiaque ⁽⁵⁸⁾, relaxation, tchi-cong, yoga...), l'hypnose, surtout

58 S. Dollfus et P. Gerard : La cohérence cardiaque, état des connaissances actuelles et bénéfiques en psychiatrie – European Psychiatry, vol. 29, n°8, 1er novembre 2014

éricksonienne ⁽⁵⁹⁾ où le sujet quitte la scène consciente mais avec sa conscience restée sensible à des signaux qui s'adressent au subliminal, la psychanalyse, surtout lacanienne ⁽⁶⁰⁾, où le sujet est amené à déceler dans son langage, habituellement destiné à son existence macroscopique, les subtilités, les signaux faibles en rapport avec des données subliminales enfouies, etc.

Une autre façon de faire rencontrer les signaux du domaine subliminal et ceux du domaine de la conscience est l'exploitation du phénomène d'**aliasing**, bien connu en théorie des signaux. Habituellement non désiré en techniques de traitement des signaux, l'aliasing offre un intérêt dans la recherche des informations subliminales nécessaires à la résolution des deux problèmes de la conscience vus plus haut, car il permet, à partir des signaux conscients, d'obtenir des spectres qui se recouvrent partiellement et qui se reproduisent jusqu'aux domaines des fréquences élevées. Explications :

Pour ne parler que de l'aspect temporel (l'aspect spatial suit le même raisonnement), la durée intérieure d'un sujet conscient admet une interprétation en termes de traitement du signal. Comme on l'a vu, la durée intérieure peut être liée au mode de traitement par la conscience des signaux relatifs aux événements. Lorsque le traitement s'effectue sous forme d'analyse spectrale, alors un événement de durée caractéristique T est analysé et stocké en mémoire suivant un spectre dont la fréquence de coupure est de l'ordre de $1/T$ (figure 10) :

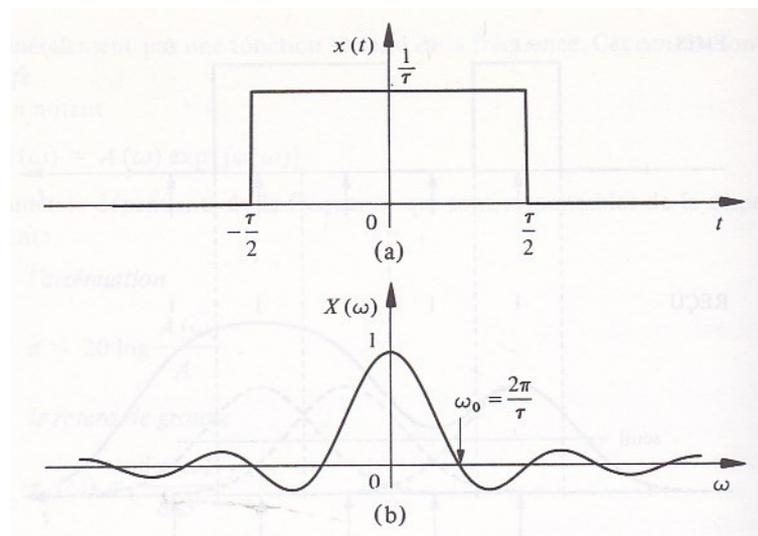


figure 10 : spectre d'un signal temporel rectangulaire : (a) signal de durée T , (b) spectre de fréquence de coupure $1/T$

Ainsi un événement de durée caractéristique assez longue, donc perceptible par le conscient, ne contaminera pas les domaines spectraux de perception correspondant aux petites échelles temporelles d'intégration (hautes fréquences f). A l'inverse, si la durée caractéristique de l'événement est courte, le spectre s'élargit et la perception mémorisée de l'événement contamine les domaines de petites échelles temporelles d'intégration. Ce domaine correspond au subconscient ou à l'inconscient parce que la durée des événements est trop faible pour qu'ils soient perçus à un niveau d'intégration temporelle important : l'événement est subliminal, comme on l'a vu. Or un événement subliminal n'est pas facilement intégrable par un système d'échelle de temps longue (comme la conscience) : il y a **sous-échantillonnage** de l'événement par la conscience, la fréquence de Nyquist n'étant pas respectée (figure 11) (la fréquence de Nyquist est l'inverse de la période minimale avec laquelle il faut échantillonner un signal dont le spectre a une bande passante de $2\Delta F$ pour qu'il n'y ait pas recouvrement des spectres du signal échantillonné). Dans ce cas, la théorie du signal prévoit que le spectre réel

59 Danielle Garibal-Bénichou : ABC de l'hypnose éricksonienne, les apprentis-sages de l'inconscient – éd. Grancher, 2005

60 Joël Dor : Introduction à la lecture de Lacan, 1. L'inconscient structuré comme un langage – Denoël, L'espace analytique, collection dirigée par P. Guyomard et M. Mannoni, 1985

de l'événement a, en partie, un recouvrement du spectre image : c'est le phénomène d'aliasing.

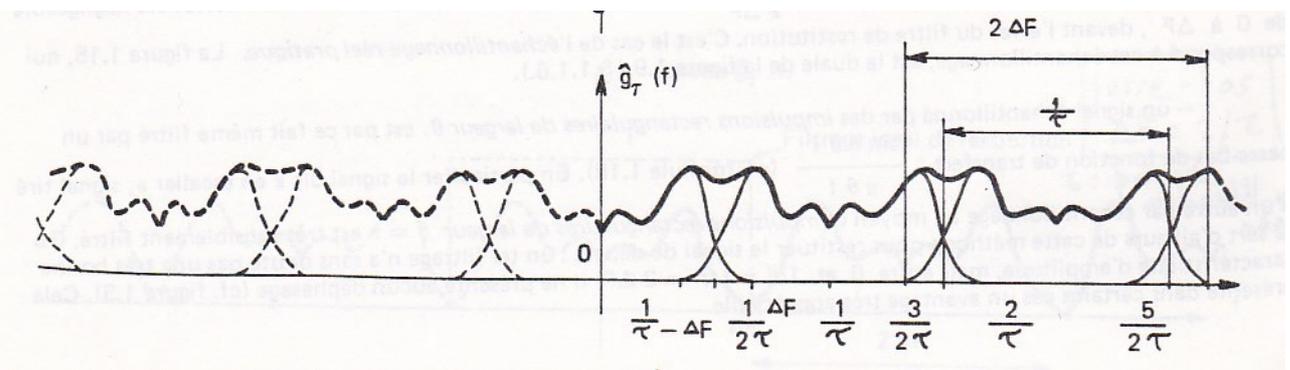


figure 11 : recouvrement des spectres d'un signal sous-échantillonné

Le phénomène réel est perçu, mémorisé, avec des composantes parasites qui vont jusqu'à contaminer les parties basse du spectre (le domaine conscient) : c'est ainsi qu'un événement engrammé inconsciemment, avec une intégration temporelle insuffisante depuis la conscience, à une date donnée t , contamine les durées de perception macroscopiques (la conscience), et donc le présent vécu ; le sujet attribue alors à ces événements une réalité présente alors qu'ils datent du passé. Il se produit une anomalie de la durée intérieure au moment présent qui provient de la **réminiscence du passé** : c'est la raison pour laquelle nos actions et pensées actuelles sont marquées inconsciemment par des données subliminales du passé vécu. Cela, c'est le côté inconvenient du sous-échantillonnage par la conscience des événements de petites échelles.

Mais l'inverse peut devenir favorable à la solution des problèmes liés à la conscience : c'est lorsque la conscience sous-échantillonne un événement macroscopique du présent vécu. Le signal qui en résulte a un spectre formé d'une grande étendue de spectres qui se recouvrent partiellement, et qui vont jusqu'à contaminer les composantes subliminales (spectres de hautes fréquences). De cette manière, c'est la conscience qui peut agir sur le subliminal. Concrètement, cela peut s'apparenter à une éthologie ou une esthétique où, par choix délibéré, on cherche une simplification, une **épuration optimales**. Ce peut être le cas en art où l'objet n'est plus représenté comme tel mais avec une simplicité optimale (information minimale) qui favorise l'ouverture de la conscience vers le subconscient ; également en méditation ou en contemplation où, paradoxalement, le fait d'examiner un objet avec attention et force détails conduit à lâcher nos interprétations, sources de complexification, pour ne retenir que l'essentiel de l'objet, ce qui est une manière de le sous-échantillonner...

Citons par exemple l'art du tir à l'arc en pratique Zen, où l'attention est focalisée sur la cible, les gestes du sujet, sa relation avec l'arc et son environnement, avec un sous-échantillonnage (donc un détournement) de toute complexité susceptible de gêner l'action, qu'elle provienne de soi ou de l'environnement : curieusement, cette attention procure la faculté d'ouvrir notre vigilance à l'entourage et à notre intérieur mais de manière globale, avec une distance, une existence diffuse qui font que l'on peut réagir en adéquation parce que, justement, aucun détail, hormis l'objectif poursuivi, n'emprisonne notre conscience et l'aspire au détriment du reste.

Comme l'indique Liam O'Brien ⁽⁶¹⁾, au tir à l'arc, selon l'art zen du kyudo, le désir excessif d'atteindre la cible alimenté par un moi excessif, est un facteur responsable du fait que la cible est manquée malgré tous les efforts que l'on a portés : « *La cible a sa raison d'être. Elle reflète notre tir d'une manière indéniable. Si la flèche ne va pas à la cible, alors il y a quelque chose qui manque. Bien sûr, il peut y avoir un effort manifeste et une sincérité dans le tir (ces qualités sont en elles-mêmes appréciées) mais pour s'en tenir à la discipline de seisha seishu, la flèche doit aller à la cible. La cible nous fournit aussi l'occasion de nous confronter au désir. Tout le monde a le désir de toucher la cible, mais, avec la pensée du résultat, nous sommes*

61 - Liam O'Brien : The Middle Way - Journal of the Buddhist Society (London), Feb.-Apr. 2004, vol.78, n° 4

automatiquement séparés du moment et des conditions de l'ouverture totale qui produit son lâcher propre. Le désir est toujours une idée, un espoir ou une attente qui ne peut que nous écarter de la situation réelle. »

Eugen Herrigel (⁶²), qui a fait connaître en Europe l'art du kyudo, a souligné le rôle spirituel de la distanciation dans l'acte de tirer sur une cible : *« L'art véritable est sans but, sans intention. Plus obstinément vous persévererez à lâcher la flèche en vue d'atteindre un objectif, moins vous y réussirez, plus le but s'éloignera de vous. Ce qui pour vous est un obstacle, c'est votre volonté trop tendue vers une fin. Vous pensez que ce que vous ne faites pas par vous-même ne se produira pas. »*

Ces propos peuvent être appliqués plus généralement à toute action dirigée sur une finalité, cible de notre intention. Depuis tout jeune, on nous a habitué à l'idée que pour atteindre une cible, un objectif, il faut déployer une énergie phénoménale de la volonté obstinément dirigée vers la cible ; en fait, une telle attitude consomme de l'énergie et épuise, voire stresse : à ne voir que la cible, sous un aspect finalement très restreint, celui de notre vision, on élimine tout ce qui existe autour et en nous, on est donc fortement en inadéquation avec le réel.



Pratique du tir à l'arc selon l'esprit du kyudo : photo du Professeur Inagaki Genshiro, prise par Hans Gundermann, 1er novembre 1993, au Dōjō de l'Université Tsukuba, Japon. Source : Commons-Wikimedia.

Or le réel est tortueux, complexe, subtil, il est illusoire de croire que le succès, atteindre la cible, est proportionnel à la volonté obstinée, elle-même productrice d'une énergie d'autant plus grande. Et il est destructeur, pour soi comme pour notre entourage, que l'on mette tout notre moi dans le désir d'atteindre la cible, de nous identifier à elle ; car si l'on manque la cible, ou si l'on est obligé de s'en éloigner à cause de la complexité du chemin, on devient notre propre juge, on se déprécie ou, ce qui revient au même, on déprécie les autres que l'on rend responsables de notre échec. Or la pensée doit comprendre que, très souvent, il faut emprunter des voies tortueuses qui nous font reculer pour ensuite mieux revenir vers la cible, à cause de la nature complexe du terrain, de ce qui est tout simplement la Vie. Pour cela, il faut **distancier notre moi de nos désirs**, tout en privilégiant l'adaptation de l'énergie pour nous diriger vers

62 Eugen Herrigel, *Le Zen dans l'art chevaleresque du tir à l'arc*, Bibliothèque de l'initié, Paris, Dervy, 1993

elle en fonction de ce qui existe autour de nous et en nous, et donc par la connaissance de l'extérieur et de soi-même en vue d'une recherche d'harmonie dans nos actes et nos projets ; si cette connaissance passe par l'esprit de la méthode expérimentale (que tout le monde peut avoir sans même devoir être un savant !) et par la méditation, comme on l'a vu, elle passe aussi, et peut-être avant tout, par un **esprit de contemplation** ⁽⁶³⁾.

Il en est de même, par exemple, dans l'art graphique tel que l'aquarelle : avec un minimum de matériau et de formes, au milieu d'un tout diffus (donc sous-échantillonnage) quelque chose de centrale est révélée, et la contempler ramène la conscience au tout diffus dans lequel elle est immergée ; avec une grande économie d'information au niveau macroscopique de notre perception, le spectre de celle-ci s'étend et recouvre en partie celui des informations subliminales que suscite la scène, simple, dénudée, holistique...

Le peintre Heuninckx écrit d'ailleurs ⁽⁶⁴⁾ : « *La peinture est un passe-temps très agréable et l'aquarelle en est une branche qui n'exige pas beaucoup de matériel. L'homme peut y exprimer sa propre vision du monde et éprouver la satisfaction d'avoir créé quelque chose de beau, même si ce travail n'est pas du grand art. Car il n'y a pas que le résultat ou le petit tableau final qui compte ; la satisfaction se trouve déjà dans le travail en soi (...). Il est dangereux de passer son temps libre dans l'oisiveté et de se laisser amuser par les autres. (...) On peut découvrir dans le paysage quelque chose de plus. Chaque paysage a son âme, son atmosphère. Il donne une impression qui lui est propre. Nous devons tâcher de l'extérioriser et de l'interpréter picturalement en essayant de communiquer l'impression suivante : accentuer la vétusté de vieux bâtiments en exagérant l'affaissement du toit, en incurvant les lignes verticales des angles du bâtiment, comme s'ils allaient s'écrouler sous la pression du toit ; faire paraître plus désolé un paysage en omettant certains détails et en accentuant certains autres ; augmenter l'impression d'animation dans une rue, la chaleur de midi ; le repos près d'un ruisseau ; la fraîcheur d'une corolle ; le calme de la mer, la violence d'un ciel... Il s'agit donc de rendre l'impression causée par le paysage à un moment précis. On peint seulement ce qu'on voit et non pas ce qu'on croit voir du fait que l'on sait comment la situation est en réalité. »*



Aquarelle représentant le lac d'Orta, Italie, peinte par Frédéric Elie, juillet 2015 : ce que l'on regarde n'est pas vraiment le lac d'Orta, mais quelque chose, notre conscience, qui parle à l'intérieur de nous à cause du lac d'Orta, donc c'est « un » lac d'Orta...

En somme, il s'agit bien, dans l'aquarelle, d'une compression de l'information rendue pertinente

63 Frédéric Élie : Éthique de la fraternité : Humilité, Service, Patience et son déploiement dans les trois niveaux : le « Je », le « Nous », l'« Universel » - site <http://fred.elie.free.fr> août 2009, juillet 2010, 9-16 juillet 2010, nouvelle édition 15 mai 2017

64 J.L.J. Heuninckx : Les techniques de l'aquarelle – Royal Talens BV Apeldoorn, Holland, janvier 1986

autour de quelques aspects d'une scène ; elle est fonction de ce que ressent l'auteur, elle lui parle de lui-même en étendant le sous-échantillonnage réalisé par son œuvre jusqu'aux arcanes de ce qui lui est caché en lui ; et elle parle aux spectateurs non seulement de lui, à l'instant t, mais aussi d'eux-mêmes puisqu'ils contempleront l'œuvre, qui sous-échantillonne le réel, en étendant son spectre jusqu'aux arcanes de leurs propres étendues subliminales. L'œuvre porte une **révélation** qui est propre à l'univers intime de chacun.

On voit, de manière certes qualitative, comment la « gestion » de la conscience met en œuvre les outils du traitement des signaux, pour pouvoir ramener un maximum de données dans le champ d'un codage et d'une redondance qui permettent de s'extraire des effets du bruit dans la perception, la pensée et l'action.

11.4 – Aspects éthiques et spirituels

En revanche, tous ces moyens que l'on vient d'esquisser n'indiquent pas comment maîtriser les effets de notre ego s'il est surdimensionné. Ils en sont une condition nécessaire mais pas suffisante. Ils en sont une condition pré-requise mais pas une fin en soi. Les pratiques comme le yoga ou le zen mettent en œuvre les grands principes de distanciation, de méditation, d'attention, etc. qui ont été évoqués ci-dessus, mais ne s'arrêtent pas à eux : ils ont pour objectifs de mettre le sujet en disposition favorable pour aller plus loin dans son comportement et sa pensée, à savoir un objectif ultime d'équilibre avec soi-même, avec les autres et avec l'existence, qui met au centre la **compassion**. C'est le cas des spiritualités comme le bouddhisme ou l'hindouisme dont les techniques qu'elles mettent en œuvre ont des finalités spirituelles ; elles ne se limitent pas à une recherche de « bien-être » qui a pour but de les mettre au seul service de notre ego, comme on le fait souvent en Occident. La méditation au sens large ne doit pas être confondue avec la **prière**, comme celles que l'on pratique dans le christianisme. Tandis que la prière demande d'abord une préparation pour mettre notre être en disponibilité par les mêmes moyens que l'on a cités, et que par elle on s'enracine déjà dans la fraternité, la charité, la compassion, sa finalité va plus loin que celle de la méditation : la prière doit permettre de nous nourrir de l'espérance, de la foi en une réalité transcendante personnifiée et vivante qui nous offre le salut, c'est-à-dire la pérennité de nos existences en union avec cette réalité ; salut offert et non imposé, car l'homme, dans son plein libre arbitre et sa pleine gratuité ⁽⁶⁵⁾, peut l'accepter ou bien le refuser par ses paroles, ses pensées et ses actes qu'il met en œuvre de manière délibérée, intentionnelle, et consciente ⁽⁶⁶⁾.

L'extrait ci-après ⁽⁶⁷⁾ propose des réponses sur la manière de ramener notre perception dans l'objectivité, c'est-à-dire la libérer de l'emprise d'un ego surdimensionné qui parasite l'adéquation de notre rapport avec nous-mêmes et notre entourage ; ce faisant, le texte aboutit à un certain lien avec la spiritualité :

« Comment faciliter le passage de l'état dramatisant à l'état objectif ? Comment traiter le problème lorsque l'on est parvenu à la « sérénité » de l'état objectif ? Les réponses à la première question sont à la fois d'ordre physiologique et d'ordre psychologique (...). Du côté psychologique, nous devons nous efforcer de ne jamais engager une action dans un contexte passionnel : cela veut dire que, dans une telle situation, « rompre » et remettre à plus tard n'est pas une fuite devant l'événement, mais une réaction saine... à condition d'agir dès que la

65 - Frédéric Élie : Éthique de la fraternité : Humilité, Service, Patience et son déploiement dans les trois niveaux : le « Je », le « Nous », l'« Universel » - site <http://fred.elie.free.fr> août 2009, juillet 2010, 9-16 juillet 2010, nouvelle édition 15 mai 2017

- Frédéric Élie: méthode expérimentale – site <http://fred.elie.free.fr> , 2005

- Frédéric Élie : Fraternité, droits de l'homme et esprit de la méthode expérimentale, Réflexions sur les bases épistémologiques de la fraternité et des droits de l'Homme – site <http://fred.elie.free.fr> , 5 novembre 2008, modifié mars 2009, avril 2012

66 Frédéric Elie : Méditations sur les Évangiles, en relation avec l'éthique Humilité-Service-Patience – site <http://fred.elie.free.fr> version du 14 septembre 2018

67 P-R. Bize, P. Goguelin: L'équilibre du corps et de la pensée – CEPL, Retz, 1973

situation redevient normale. (...) La maîtrise de soi la plus totale consiste sans doute à savoir reconnaître le premier ses torts ou ses erreurs. » Autrement dit, réagir avec un « time delay » et honnêteté est une arme contre l'agressivité, principe que l'on peut rapprocher de ceux d'Henri Laborit à propos du détournement de l'agressivité ⁽⁶⁸⁾. Et le texte continue plus loin :

« *Techniques auto-formatives du « moi » à un « néo-moi » :*

Ou bien l'homme n'est qu'un tout homogène, issu de ses déterminants biologiques et des conditionnements du milieu : il n'est alors que ce qu'il est et ce qu'on l'a fait. Ou bien on admet en lui l'existence d'instances contradictoires, l'incitant à chercher solution à ses problèmes pour s'évader de sa condition « finie », « se sur-monter », et c'est tout le problème des moyens d'accéder à ce « devenir » qui se pose.

C'était quelque peu le but des enseignements initiatiques des Anciens que de vouloir cette évolution ; c'est aussi l'objectif que poursuivent les religions, mais l' « homme nouveau » escompté n'est le plus souvent devenu qu'un homme ritualisé, façonné de l'extérieur, mais peu modifié intérieurement, car, contrairement à la conception pascalienne, la mise en condition de la « lettre » n'est guère de plus grand effet sur l' « esprit ».

En quoi devrait consister cette trans-formation ? (...) On pourrait, en schématisant, considérer qu'elle a pour but la mutation des instances psychanalytiques en instances sublimées ; autrement dit le Ça (les pulsions animales) en un Trans-Ça (les contre-pulsions et aspirations correspondantes) ; - les injonctions du Sur-Moi (les interdictions intro-injectées par la famille, la société), en les exigences d'un Sur-Soi (les principes directeurs de la conduite issus, en pleine conscience, de la réflexion personnelle) ; - les solutions du Moi (se limitant à de simples compromis dictés par l'opportunité du moment), en les décisions d'un Néo-Moi (donnant lieu à des actions qui, à court terme comme à long terme, seront plus conformes à l'intérêt général et, par voie de conséquence, au nôtre. ⁽⁶⁹⁾

Il convient de considérer, alors même que nous nous croyons équilibré, que cet équilibre n'est souvent qu'une apparence. (...) la condition de base est donc de se considérer, à l'exclusion de tout masochisme, comme éventuellement déséquilibré ou déséquilibrant, et, corollairement, d'accepter de faire l'effort pour obtenir le changement.

(...) Le résultat, c'est la substitution progressive à un moi spontané changeant, instable, assujéti à tous nos déterminants biologiques et sociaux, constitué de moi multiples en incessants conflits, automatisé et faisant de nous des automates, en état de quasi somnambulisme, alors même que l'on se croit conscient, - d'un néo-moi issu de nos propres efforts, de plus en plus robuste, de plus en plus stable, se libérant progressivement des attaches contractées, capable de coordonner harmonieusement l'activité de tous nos constituants, de moins en moins automatisé et jouissant d'une conscience de plus en plus claire tant sur soi que sur le monde extérieur ».

Puis, les auteurs listent certaines techniques de déconnexion destinées à réaliser la transformation du moi en néo-moi :

- Les **techniques privatives** ou d'ascèse afin « d'exercer sa volonté que de s'abstraire des besoins et, pour devenir plus libre, que de se détacher de son corps ; la pensée n'étant plus alourdie peut ainsi prendre de la distance à l'égard du cours habituel des choses et devenir plus claire, plus lucide ».
- Les « **Techniques de désautomatisation**. (...) Pour se désautomatiser, il faut être à même de se rendre capable de sentir, d'agir, de penser d'une manière autre que celle qui intervient spontanément. (...) Il faut pour cela s'efforcer de tout oublier, faire en quelque sorte le vide et le silence à l'intérieur de soi ; ainsi la chose peut être regardée

68 Henri Laborit : L'agressivité détournée ; Introduction à une biologie du comportement social – Coll. 10/18, Union Générale d'Éditions, 1970

69 Voir une idée similaire dans: Frédéric Élie : Éthique de la fraternité : Humilité, Service, Patience et son déploiement dans les trois niveaux : le « Je », le « Nous », l' « Universel » ; site <http://fred.elie.free.fr> , août 2009, 9-16 juillet 2010, 27 octobre 2016, 15 mai 2017, et dans: Frédéric Élie, 5 novembre 2008, modifié mars 2009, avril 2012: Fraternité, droits de l'homme et esprit de la méthode expérimentale, Réflexions sur les bases épistémologiques de la fraternité et des droits de l'Homme - site <http://fred.elie.free.fr>

en elle-même, en soi, et non plus par rapport à soi, pour soi. » Le cas du tir à l'arc, comme dans le zen, est cité en illustration : « Deux façons de pratiquer l'exercice : ou bien on vise la cible, on veille à disposer ses mains, on tend la corde et on surveille sa tension ; ou bien on ne vise pas, on ne raisonne pas : les coups au but ne sont que des confirmations extérieures d'événements intérieurs. Celui qui tire et la cible qui reçoit la flèche ne sont plus deux objets opposés mais une seule réalité et « cela » n'entrera en action que lorsque tout effort aura cessé et que l'action sera devenue automatique. »

- Les **techniques de « dispatching »** : *« Elles ont pour but de rompre l'esclavage des circuits spontanés et de permettre à la pensée de se rendre perméable ou non, de se mobiliser et de se diriger de son propre gré ». En considérant la rétroaction entre nos expressions et notre inconscient, les auteurs suggèrent qu'il faut agir « plutôt sur l'inconscient par l'évocation de représentations autres que celles dont nous avons conscience ; en pensant avec sérénité à nos problèmes, le front se déridera ; en songeant avec amitié et joie de vivre avec autrui, le regard se fera plus compréhensif ; en chassant les rancœurs, la bouche deviendra plus souriante. En changeant l'intérieur, l'extérieur se modifie et, par voie de boucle, l'extérieur à son tour agira sur l'intérieur. Sur le plan psychique, le mouvement de la pensée n'est que dispatching. Pouvoir mobiliser son énergie mentale à volonté est capital ; se concentrer, c'est focaliser cette énergie dans une direction déterminée et la concentration sera d'autant plus forte que la condensation sera plus élevée ; mais il ne suffit pas de savoir se concentrer, encore faut-il pouvoir maintenir dans la direction choisie un débit énergétique suffisant ; or rien n'est plus difficile, on conçoit l'utilité des techniques d'entraînement : fixation à vide sur un point imaginaire, comme le recommande le yoga, visualisation d'une situation comme l'indique Ignace de Loyola dans ses « Règles ». » Le principe de ces méthodes rappelle celui de l'obtention d'une situation dans laquelle l'interaction entre un système observateur et un système observé, qui peut être soi-même, équivaut à un confinement apparent de straton dans l'espace cosmologique qui est réel-virtuel : $N_s = 1$. Les auteurs déduisent à juste titre la démarche par laquelle les différentes couches du psychisme sont parcourues, « scannées » ; on a vu, en effet, l'importance de l'exploration mutuelle des couches macroscopiques du psychisme (le conscient) et des couches à très petites échelles, subliminales (le subconscient et l'inconscient) : « Autre dispatching intéressant, celui concernant les couches du psychisme. Les techniques de relaxation permettent d'en prendre connaissance ⁽⁷⁰⁾. la première couche, celle de la pensée de veille, c'est celle des mots, d'abord ordonnés de façon cohérente et répondant à l'actualité, puis surgissant au gré du jeu des associations et des tendances profondes. Si la relaxation se poursuit, aux mots succèdent progressivement des images, de choses ou d'êtres, d'abord relatives à l'actualité, puis venant de temps plus anciens ⁽⁷¹⁾. Au-delà, il n'y a plus ni mots ni images, mais comme des mouvements, des jeux de forces constitués de pulsions diverses à coloration affective variée et d'états de tension et de détente. Plus au fond encore, c'est le silence, car il n'y a plus rien, le trou noir des mystiques ; après pourrait surgir l'illumination. » Comme l'écrivait frère Roger Schutz de Taizé ⁽⁷²⁾ : « Tout examen de soi-même conduit à constater que chaque relation d'intimité, même chez le couple le plus uni, suppose des limitations. Qui se refuse à cet ordre de la nature connaît la révolte, suite de son refus. Le consentement à cette solitude fondamentale ouvre un chemin de paix et, pour le chrétien, permet de découvrir une dimension inconnue de la relation à Dieu. Consentir à cette part de solitude, condition de toute vie humaine, stimule l'intimité avec Celui qui nous arrache à la solitude accablante de l'homme face à*

70 Techniques de relaxation, oui, mais aussi la sophrologie par laquelle le sujet parvient à un état du psychisme intermédiaire entre le conscient et l'inconscient.

71 Ces tendances issues des temps plus anciens sont les réminiscences des événements engrammés à l'état de signaux subliminaux, sur des petites échelles, qui, comme on l'a vu, « contaminent » la conscience à son insu et dirigent des automatismes sur lesquels elle n'a pas de prise de prime abord.

72 Frère Roger Schutz, prier de la communauté œcuménique de Taizé : Dynamique du provisoire – Presses de Taizé, 1965.

lui-même. »

Se construire des projets, autant que possible partagés et porteurs d'équilibre tant individuel que collectif, est capital pour la pérennité de la vie humaine (73). Le projet a pour finalité, ou **téléologie**, de créer quelque chose qui donne du sens, une signification, que ce soit pour :

- mieux **comprendre** l'univers, la nature, les hommes (projets **épistémiques**, **mnésiques** et **techniques**),
- ou pour consolider tout ce qui permet à l'homme de résister contre les dégradations de sa vie que causent les bruits, les agressions tant internes qu'externes à l'humanité (projets **humanistes et éco-logiques** au sens le plus large : intégrer notre immersion dans un ensemble complexe qui forme un tout et avec lequel nous sommes interdépendants) ; ces projets se regroupent sur l'axe de la **déontologie**, c'est-à-dire se donner des règles pour assurer le respect des exigences humanistes et éco-logiques ;
- ou pour créer ou développer tout ce qui concourt à améliorer la prise en main par l'homme de la « gestion » de sa conscience, dont j'ai parlé plus haut, ou pour rechercher et mettre en œuvre tout ce qui favorise **l'adéquation dans les rapports** entre nous, les autres êtres, notre environnement externe et interne, dans la perspective spirituelle dont il fut question au point 5.12 : l'union du système avec l' « être », c'est-à-dire sa réalité, est un devenir nécessaire qui lui permet d'assurer le caractère pérenne de son appartenance au réel (projets **axiologiques** c'est-à-dire les valeurs ou critères de choix, **éthiques** et **esthétiques**). L'homme crée son ordre interne et favorise sa pérennité à travers ses projets qui, on l'a vu, ne peuvent pas être quelconques.

Noter que ces trois grandes familles de projets rejoignent les 5 critères de maîtrise des risques de G-Y. Kervern – téléologie, axiologie, déontologie, épistémique, mnésique – grâce auxquels un projet peut être assuré d'atteindre son but tout en tenant compte des limites et contraintes qui lui sont propres (74). Cette correspondance est logique : le projet humain, dans sa généralité, est dans la recherche de la pérennité de l'humanité, et celle-ci est menacée par divers facteurs, y compris et surtout internes ; l'absence d'au moins une des cinq composantes nécessaires à la protection contre ces menaces conduit inévitablement à l'échec de cette grande finalité : la fraternité humaine par laquelle l'humanité et chacun de ses membres, chaque humain, peut vivre et bâtir, justement, son avenir par des projets tant individuels que collectifs.

Dans sa préface au livre d'Henri Atlan (75), Alfred Fessard écrit d'ailleurs : « *Automates complexes qui, au-delà d'un certain seuil de complication et, d'après Von Neumann, uniquement à cause de ce dépassement, auraient acquis la propriété de s'auto-organiser et de s'auto-reproduire, les êtres vivants ont pour ce faire besoin de trouver des sources d'ordre sous peine, en tant qu'individus, de dégénérer et de disparaître et, en tant que lignée évolutive, de s'éteindre.* »

Pour l'homme, ce besoin est la capacité de se donner des projets porteurs de significations et sources d'adéquation. Éthiquement, l'ensemble des projets de l'Humanité en tant que système hyper-complexe, doit permettre, si tel est **notre choix raisonné**, de continuer à améliorer la robustesse de l'espèce humaine en présence de bruits et d'apport de variété.

Libre à nous, humains d'en décider, en toute connaissance de causes... et de conséquences !

73 Frédéric Élie : Fraternité, droits de l'homme et esprit de la méthode expérimentale, Réflexions sur les bases épistémologiques de la fraternité et des droits de l'Homme – site <http://fred.elie.free.fr> , 5 novembre 2008, modifié mars 2009, avril 2012

74 Frédéric Élie : Conditions cognitives de la maîtrise d'un projet - 28 janvier, 2011, 13 avril 2012, 20 novembre 2012, février 2013, juillet 2013, février 2014, 29 août 2015, octobre 2016 ; édité en octobre 2015 sur le site <http://fred.elie.free.fr>

75 Henri Atlan : L'organisation biologique et la théorie de l'information – Seuil 2006

Voilà qui est dit, Photon ! Et Fred comme son habitude, cherche à mettre dans une même idée des domaines a priori différents. D'où cet étrange voyage à travers des équations, le sens des choses et l'éthique, comme sur un ruban de Möbius où les faces opposées appartiennent à une même surface !

Eh oui, Méson. Il semble que Fred considère que tout ce que nous percevons et essayons de comprendre procède de coupes dans une réalité unitaire, ceci à cause des capacités cognitives humaines qui paraissent contraintes par une vision compartimentée du réel.

