

Eléments d'épistémologie pour une soutenabilité complexe

par

Yves Jamont Junior Duplan, Doctorant
ATER au Centre d'Economie du Développement (Membre de l'IFReDE-GRES)
Université Montesquieu Bordeaux IV-France

Résumé : Eléments d'épistémologie pour une soutenabilité complexe

Le *paradigme cosmique* est constitué des principes aristotéliens et cartésiens de l'analytisme et du mécanisme. D'après ce paradigme le phénomène intelligible doit être réductible, déterminé, évident et simplifiable. En faisant du mouvement le concept-clé de la compréhension et de l'explication, l'analytisme génère les caractères arithmético-géométriques du mécanisme. En disjoignant la cause de l'effet, il fait de la causalité non pas une relation mais un ordre mécanique tel que l'effet suit la cause le long de la flèche du temps. En écartant le sujet de l'objet scientifique, il fonde une science sans conscience.

Le réductionnisme et le simplisme du paradigme cosmique le rendent insoutenable pour appréhender les phénomènes perçus complexes. Nous sommes portés à considérer d'autres principes d'intelligibilité. Ils forment ensemble le *paradigme chaotique*. Ce sont des principes qui distinguent et conjoignent à la fois et qui intègrent le sujet scientifique dans son processus de cognition.

Abstract : Some epistemological elements for a complex sustainability

The Aristotelian and the Cartesian principles of analytism and mechanism compose the *cosmic paradigm*. According to the latter, the intelligible phenomenon must be reductible, determined, evident and simplifiable. By making the movement the key concept for comprehension and explanation, analytism generates the arithmetical and geometrical qualities of mechanism. By untying the cause from the effect, the causality appears not like a relation but a mechanical order such as the effect follows the cause along the time arrow. By separating the subject from the scientific object, analytism founds a science without conscience.

Because of its reductionistic and simplistic character the cosmic paradigm is unsustainable to grasp the complex phenomena. We were brought to consider other principles of intelligibility that make up the *chaotic paradigm*. They are principles both of distinction and conjunction, which take account of the scientist in the cognition process.

Mots-clés : épistémologie, paradigme, logique, analytique, système, complexité, mécanisme, réductionnisme, soutenabilité, organisation, processus, subjectivité.

JEL classification : B00, B41, P00.

C'est qu'ordinairement un philosophe n'est pas économiste, pas plus qu'un économiste n'est philosophe. Bien mieux, l'économiste en général n'aime pas la philosophie ; plus grave encore, il s'en méfie. Je suis de ceux qui pensent que les problèmes économiques s'éclairent quand on leur donne un soubassement philosophique. [...] Les économistes n'ont rien gagné jusqu'alors, sous prétexte d'autonomie, à ne pas se rattacher aux enseignements de la philosophie des sciences.

Henri Guitton [« Préface » *in* Georgescu-Roegen, 1990]

Quand il se présente à la culture scientifique, l'esprit n'est jamais jeune. Il est même très vieux, car il a l'âge de ses préjugés. Accéder à la science, c'est spirituellement rajeunir, c'est accepter une mutation brusque qui doit contredire un passé.

Gaston Bachelard [1991]

Sommaire

1. Introduction	1
2. Le paradigme cosmique	2
1. <i>L'analytisme et le mécanisme</i>	2
A. Les principes methodo-logiques.....	2
α. L'analyse propositionnelle.....	2
β. L'axiomatique identitaire.....	3
γ. Les préceptes de La Méthode.....	4
B. Le mécanisme dans le sillage de l'analytisme.....	4
α. Le quantitativisme.....	4
β. Le causalisme	6
2. <i>Critique de l'épistémé cosmique</i>	7
A. Les limites du monismemécano-analytiste.....	7
α. Les insuffisances de l'analyse propositionnelle.....	7
β. Haro sur le réductionnisme et le simplisme.....	8
B. La « logique floue » est-elle vraiment floue ?.....	9
α. Certaines notions élémentaires la logique floue	9
β. La clarté de la logique floue	11
3. Le paradigme chaotique	11
1. <i>Eléments de logique pour la complexité</i>	12
A. Concepts et conceptions dialectiques	12
B. La logique du tiers inexclus	14
2. <i>Une méthode pour la complexité</i>	14
A. Le système de l'organisation.....	15
α. La complexité systémique.....	15
β. Le systèmescope	17
B. ... Et l'organisation du système	17
α. La complexité de l'organisation	17
β. La modélisation processuelle de l'organisation	18
2. <i>L'éthique de la connaissance complexe</i>	19
A. La suprobjectivité de la connaissance scientifique.....	20
α. La subjectivité perceptuelle de la connaissance objective	20
β. La connaissance scientifique parasitée par la sphère socio-culturelle.....	21
γ. La projectivité de la connaissance et l'interrelation sujet-objet.....	22
B... Et l'organisation du système.....	22
α. Le sujet scientifique comme être rationnel et conscient	23
β. L'être computant... ..	23
γ. ... Et l'être cogitant.....	24
4. Réintroduction	24
Références bibliographiques	25

1. Introduction

L'épistémologie, depuis *La structure des révolutions scientifiques* de Thomas S. Kuhn, met en avant la notion de paradigme pour étudier l'évolution de la connaissance scientifique. Kuhn emploie le terme « paradigme » dans plusieurs sens. Deux d'entre eux retiennent notre attention. Le premier est celui de « matrice disciplinaire » qui, formée d'éléments ordonnés et spécifiques, désigne la « constellation complète des croyances, valeurs, techniques, etc. partagées par les membres d'une communauté donnée » [Kuhn, 1970, p.182] ; le second correspond à celui de « modèle », c'est-à-dire un bloc de la matrice disciplinaire pris à titre d'exemple en vue de révéler des généralités et similitudes derrière les particularités apparentes des éléments de la matrice, de définir les problèmes et d'établir leurs critères de sélection ainsi que les critères de choix des informations et des méthodes d'analyse. La notion de paradigme se rapproche de celle d'« épistémê » définie par Michel Foucault comme les principes sous-jacents au savoir qui régissent les codes fondamentaux d'une culture à une époque donnée. Paradigme et épistémê sont analogues par leur fonction d'ordonner et d'organiser le savoir et la connaissance, l'un et l'autre sont d'ordre socio-culturel et historique. Fort de ce rapprochement, nous ne faisons pas de différence sémantique entre les deux termes. En les considérant du point de vue de l'épistémologie, nous entendons par *paradigme* ou *épistémê* le cadre formé d'un ensemble de principes éthico-gnoséo-méthodo-logiques qui gouvernent des systèmes d'idée et de pensée ; ce sont des principes d'organisation du savoir et de la connaissance techno-scientifiques qui contrôlent, commandent et auxquels obéissent la pensée et l'esprit dans son dialogue avec le réel. Au travers de ces principes, le paradigme repose sur les relations entre quelques concepts maîtres qui subordonnent aussi bien les discours que leur logique [Morin, 1999]. Il va sans dire que les principes paradigmatiques, par le biais de la pensée scientifique, en l'occurrence des théories économiques, gouvernent la conception des actions voire les choix politiques qui en découlent.

Les diverses conceptions de la soutenabilité sont d'ordre socio-économique ou écologique et n'intègrent nullement les aspects épistémologiques, en tout cas pas de façon explicite. Cette lacune est sans surprise. En effet, « depuis un quart de siècle, constate Le Moigne [1999, p.6], la méditation épistémologique semble disparaître de plus en plus des pratiques institutionnelles des chercheurs : chacun cite des interprétations statistiques ou des expérimentations onéreuses insensées (n'ayant pas de sens, et donc ne produisant pas de connaissances valables), développées non par perfidie, mais par inculture épistémologique ». On comprend pourquoi la plupart des chercheurs économistes se soumet, souvent inconsciemment, au joug du paradigme de la science classique que nous qualifions de *paradigme cosmique* et ainsi utilisent les principes épistémiques classiques comme s'ils étaient incontournables, valables, *soutenables*, du moins suffisaient pour l'acquisition et l'organisation des connaissances scientifiques nécessaires à l'élaboration du macro-concept de soutenabilité, à la prise de décision et à la praxis. Or la notion de soutenabilité (le développement soutenable) non seulement apparaît dans la foulée des questionnements sur la valeur et la validité de la généralisation des principes du paradigme cosmique mais aussi exige d'autres processus de cognition pour appréhender les phénomènes multidimensionnels jugés complexes. De surcroît, elle révèle la nécessité d'une pensée complexe et donc d'un paradigme pour penser la complexité que nous appellerons *paradigme chaotique*¹.

Après une évaluation critique du paradigme cosmique, nous mettrons en évidence le paradigme chaotique dont les principes serviront à établir la *soutenabilité épistémologique*.

¹ Le terme « chaosmos » est un néologisme de Morin [1977] exprimant la dialectique de l'ordre et du désordre.

2. Le paradigme cosmique

Exprimée dans les termes du Cosmos, la vision dominante de l'antiquité gréco-latine est celle d'un monde sphérique dont le fonctionnement est conçu harmonieux et immuable. Un large pan de la pensée économique est régi par cette vision caractéristique de la science classique dont les principes cognitifs sont des principes d'ordre, de divisibilité, d'identité et de certitude. De ces principes à partir desquels les phénomènes sont perçus intelligibles dérivent l'analytisme² et le mécanisme qui forment ensemble le paradigme cosmique. Ce dernier imprègne la culture scientifique et façonne l'économisme au point que les phénomènes socio-économiques perçus complexes sont décrétés tout au moins supposés analysables et mécaniquement ordonnés. En économie, les commandements mécano-analytiques règnent en maître sur les processus de cognition si bien que comprendre y paraît synonyme d'analyser et d'ordonner.

1. L'analytisme et le mécanisme

L'analytisme assujettit la pensée et l'esprit scientifiques à l'analytique aristotélicienne et cartésienne, à la logique des termes de non-contradiction d'Aristote et des préceptes de *La Méthode* de Descartes. La logique aristotélicienne est formée des principes de l'analyse propositionnelle et de l'axiomatique identitaire. Elle légitime les préceptes cartésiens qui la confortent rétroactivement. L'analytique favorise l'émergence du mécanisme, dont les principes constitutifs sont ceux du quantitativisme et du causalisme.

A. Les principes méthodo-logiques

α. L'analyse propositionnelle

Dans la pensée scolastique, tout jugement est de la forme sujet-copule-prédicat comme « A est B ». La copule désigne le verbe « être ». Le sujet (A) et le prédicat (B) sont les termes du jugement c'est-à-dire les expressions verbales de concepts que l'on interprète en extension et en compréhension. L'attribution copulative d'un prédicat à un sujet réduit l'un à l'autre et établit leur identité. Cette attribution qu'on appelle rapport d'inhérence est le fondement analytique de tout jugement et constitue le principe de base de l'analyse propositionnelle.

La logique aristotélicienne n'admet que deux valeurs de vérité : le vrai et le faux. Ainsi une proposition est-elle définie comme un jugement susceptible d'être déclaré vrai ou faux. Une proposition est dite vraie si elle correspond à un fait du monde, sinon elle est dite fautive. On peut distinguer deux classes d'oppositions de propositions, une classe dite « affirmation/négation » si la proposition est analysée du point de vue de sa compréhension et une autre dite « universel/particulier » si elle est considérée du point de vue de son extension. Une proposition est affirmative quand le prédicat appartient à la compréhension du sujet, sinon elle est négative ; pour la proposition universelle, le prédicat caractérise ou s'exclut de toute l'extension du sujet, elle est particulière si le sujet ne concerne qu'une partie de son extension. Du croisement deux à deux des propositions affirmative, négative, universelle, particulière, on obtient quatre autres formes notées **A**, **E**, **I**, **O** (fig.1) :

A : proposition universelle affirmative comme « toutes les économies sont complexes » ;

E : proposition universelle négative comme « aucune économie n'est complexe » ;

I : proposition particulière affirmative comme « certaines économies sont complexes » ;

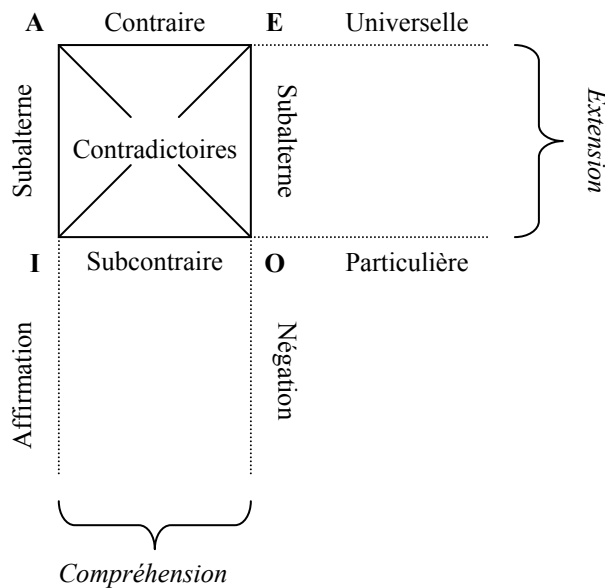
O : proposition particulière négative comme « certaines économies ne sont pas complexes ».

La combinaison deux à deux de ces propositions fournit quatre relations d'opposition :

- la contradiction résulte de la préfixation d'une proposition par la négation, elle relie deux propositions (**A** et **O**, **E** et **I**) qui, ensemble, ne sont ni vraies ni fausses, si l'une est vraie l'autre est fautive et *vice versa* ;

² La terminaison « isme » (« iste » pour l'adjectif) renvoie à toute pensée qui, telle une croyance, réduit l'intelligibilité du monde à ses seuls principes.

Fig. 1 Types et oppositions de propositions [Gex, 1956]



- la contrariété définit deux propositions (A et E) qui sont fausses ensemble et non vraies ensemble, si l'une est vraie l'autre est fausse, mais si l'une est fausse on ne peut rien conclure sur l'autre ;
- la subalternation est une relation d'inférence (entre E et O, A et I) où l'on peut conclure de la vérité de l'universelle à la vérité de la particulière et de la fausseté de la particulière à la fausseté de l'universelle, sans pouvoir conclure de la fausseté de l'universelle ou de la vérité de la particulière ;
- la sub-contrariété caractérise deux propositions qui sont vraies ensemble mais non fausses ensemble (I et O), si l'une est fausse l'autre est vraie, mais si l'une est vraie on ne peut rien conclure sur l'autre.

β. L'axiomatique identitaire

L'axiomatique identitaire dite encore aristotélicienne se décline en trois principes de pensée :

- le principe d'identité « A est A » stipule l'impossibilité qu'un même sujet soit et ne soit pas (identique à lui-même) en même temps ;
- le principe de non-contradiction « A ne peut être à la fois B et non- B » affirme l'impossibilité qu'une chose soit et, en même temps et sous le même rapport, ne soit pas ce qu'elle est ;
- le principe du tiers exclu « A est soit B soit non- B » indique qu'entre deux propositions contradictoires, une seule peut être déclarée comme vraie.

Le principe d'identité affirme, à un moment précis l'« être » pensé, computed ou réfléchi tandis que les principes de non-contradiction et du tiers exclu l'identifient en éliminant toute ambiguïté. Le principe d'identité est un principe d'égalité et de parité absolues indifférent aux références et aux rapports, au changement et à la continuité. Parler d'identité relative est une contradiction dans les termes [Korzybski, 1998]. Dans l'absolu, le principe d'identité est une répétition tautologique, c'est une inanité. Sa rigueur formelle en fait une formulation générale, absurde et vide de sens. Le principe du tiers exclu, selon lequel il n'y a pas de tiers possible entre deux énoncés contradictoires, est le corollaire des deux autres. L'axiomatique identitaire peut être exprimé en un seul principe : si deux propositions sont contradictoires, l'une est vraie, l'autre est fausse, et elles ne peuvent être ni toutes les deux vraies ni toutes les deux fausses [Gex, 1956]. Les principes de la logique identitaire sont inséparables et solidaires les uns des autres.

Tableau 1 : Le dualisme cartésien

		Domaine	Attribut	Mode ou accident
Substance	Corps (objet)	Science	res extensa	figure, mouvement, grandeur
	Esprit (sujet)	Philosophie	ego cogitans	haine, douleur, amour, doute, couleur, froid ...

γ. Les préceptes de La Méthode

Le premier précepte repose sur le postulat que « toute connaissance est une connaissance certaine et évidente » [Descartes, 1996a, p.5]. Voici donc la règle que Descartes s'impose pour éviter toute erreur de jugement dans la recherche de la vérité : « Le premier était de ne recevoir jamais aucune chose pour vraie que je ne la reconnusse évidemment être telle : c'est-à-dire d'éviter soigneusement la précipitation et la prévention et de ne comprendre rien de plus en mes jugements que ce qui se présenterait si clairement et si distinctement à mon esprit que je n'eusse aucune occasion de le mettre en doute » [Descartes, 1995, p.32]. C'est l'évidence et la certitude de la connaissance qui assurent la vérité scientifique. Pour « distinguer le vrai du faux », il faut rejeter les connaissances « probables » [Descartes, 1996a] et refuser l'ambiguïté, l'incertitude et l'indécision.

Le second précepte, tout à fait en accord avec le précepte d'évidence, appelle à l'analyse systématique des phénomènes étudiés et des problèmes posés. Il recommande « de diviser chacune des difficultés [examinées] en autant de parcelles qu'il se pourrait et qu'il serait requis pour les mieux résoudre » [Descartes, 1995, p.32]. L'intelligibilité d'une question suppose qu'il est toujours possible de « l'abstraire de tout concept superflu, de la réduire à sa plus grande simplicité et la diviser en parties aussi petites que possibles » [Descartes, 1996a, p.96]. La compréhension d'un phénomène nécessite de le simplifier par décomposition et réduction.

Le troisième précepte réalise la synthèse des connaissances. Il ordonne d'opérer « par ordre [...], en commençant par les plus simples et les plus aisés à connaître, pour monter peu à peu comme par degrés jusques à la connaissance des plus composés : et supposant même de l'ordre entre ceux qui se précèdent point naturellement les uns aux autres » Descartes, 1995, p.33]. Ainsi, pour Descartes, l'ordre de connaître n'est ni logique ni chronologique ni même causal, il est analogue à la succession des « raisons toutes simples et faciles » des géomètres. Les connaissances s'obtiennent suivant le degré de difficulté avec laquelle les choses sont déduites les unes des autres. A l'étape de la synthèse la connaissance s'acquiert et s'organise en partant du plus simple vers le plus compliqué.

Le quatrième et dernier précepte enjoint le scientifique à s'assurer de ne rien omettre, à dénombrer et énumérer de manière exhaustive la totalité des éléments à chaque étape de la synthèse. Généralement, dans un processus de cognition il est impossible de tout prendre en compte d'autant plus que ce principe n'indique en rien la façon de se prémunir contre les omissions. Comme s'exclame Le Moigne [1977, p.40], le précepte d'exhaustivité « est... en pratique... impraticable ! ».

B. Le mécanisme dans le sillage de l'analytisme

α. Le quantitativisme

Le rationalisme cartésien ne reconnaît aucune subjectivité au domaine scientifique. En effet, il distingue discrètement le corps et l'esprit et admet que ces deux substances sont créées par la volonté divine ; le corps existe « en dehors » et indépendamment de l'esprit. En effet, Descartes croit que « tout ce que nous sentons, vient de quelque autre chose que de notre pensée » [Descartes, 1996b, p.63], et que le cerveau et l'esprit peuvent fonctionner de manière séparée. Ainsi Descartes établit-il le principe ontologique du positivisme et du réalisme de l'indépendance existentielle du sujet et de l'objet de la connaissance. L'univers cognitif se divise en deux champs distincts : l'univers du sujet, spirituel, où est cogité le problème de la philosophie et l'espace des objets, corporels, qui constitue le domaine d'application de l'analyse et où se pose le problème scientifique (tableau.1).

Le monde du sujet est celui de *l'ego cogitans*, du moi pensant, de la pensée ou de la conscience par laquelle il participe à un Dieu parfait, infini et absolu. L'homme, réfléchissant sur lui-même, a la

possibilité de tirer parti de sa raison pour adopter un comportement rationnel et effectuer un raisonnement abstrait sans le secours des sens et de l'imagination. Ainsi est-il capable d'avoir la pleine signification de l'énoncé « cogito, ergo sum » (je pense, donc je suis). De manière évidente et certaine et indépendamment de toute chose matérielle, il prend connaissance de son âme, « une substance dont toute l'essence ou la nature n'est que de penser » [Descartes, 1995, p.49]. Dès lors, l'être pensant est convaincu que « pour penser il faut être ». Ainsi le sujet est-il défini par la conjonction de sa pensée et de son existence spirituelle [Laporte, 2000].

L'univers corporel est celui des choses matérielles vouées à la connaissance scientifique. Dépourvu de pensée, de forme mentale et de qualités sensibles, il regroupe la totalité des objets de l'esprit, grâce à un Dieu non trompeur, perçoit clairement et distinctement. Flexibles et muables, l'objet, le corps ou la matière est de la nature de la *res extensa*, la chose infiniment divisible, « étendue en longueur, largeur et profondeur » [Descartes, 1996b]. C'est une substance géométrique qui ne peut être comprise et expliquée que par la figure, le mouvement et la grandeur. Dans *Les principes*, Descartes expose avec clarté et concision sa conception du monde physique et de la science en général : « [...] je ne connais point d'autre matière des choses corporelles, que celle qui peut être divisée, figurée et mue en toutes sortes de façons, c'est-à-dire celle que les géomètres nomment la quantité, et qu'ils prennent pour l'objet de leurs démonstrations; et que je ne considère, en cette matière, que ses divisions, ses figures et ses mouvements ».

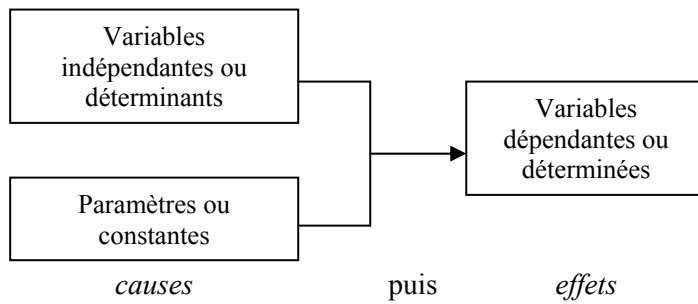
Il réduit tout phénomène à des quantités, des nombres, en mouvement géométrique. Autrement dit, la connaissance scientifique ne peut être fondée que sur la représentation quantitativiste, dans l'ordre des vérités géométriques et arithmétiques. Or, d'après Descartes, « tout ce qui est vrai est quelque chose ». Il s'ensuit que les corps sont connus par l'esprit et appartiennent au domaine scientifique non seulement en tant que certitudes mathématiques mais aussi en tant que réalités objectives. Comme le remarque Garber à propos de la conception cartésienne de la matière, « les corps en physique sont ainsi des objets de démonstration géométriques devenus réalités » [Garber, 1999, p. 144]. La science classique et les mathématiques se rejoignent dans la pensée cartésienne de telle manière que se confondent vérité formelle et vérité matérielle. A cet égard, Descartes se retrouve dans la lignée de Galilée [cité par Maréchal, 2000] qui fait de la géométrie euclidienne l'unique mode d'appréhension et d'expression des phénomènes physiques : l'« immense livre » de la philosophie, l'Univers, écrit Galilée [cité par Maréchal, 2000], « est écrit dans le langage mathématique et ses caractères sont des triangles, des cercles et autres figures géométriques, sans le moyen desquels il est humainement impossible d'en comprendre un mot ». Galilée va jusqu'à crier que la « science est mesure ».

La place centrale accordée à l'arithmétique et la géométrie repose sur la croyance pythagoricienne et platonicienne que les nombres préexistent à l'univers sensible et que dans chaque chose il y a un nombre. Tous les tenants de l'analytisme dont les partisans du marginalisme ou de l'école libérale néoclassique s'astreindront, à l'instar de Petty, de s'« exprimer en termes de nombres, poids ou mesure » [Petty, 1899, p. 244]. Pareto, dans le sillage de Cournot, d'Edgeworth et de Walras, après avoir formalisé l'optimum économique qui porte son nom, se targue du fait que sa théorie est fondée « sur la détermination des quantités de biens » et que « la théorie de la science économique acquiert ainsi la rigueur de la mécanique rationnelle » [Pareto, 1966, p.160]. Jevons ne trouve « aucune limite » à la méthode qui consiste à peser, mesurer et réduire au point d'outrepasser le dualisme cartésien pour soumettre la pensée et l'esprit, au même titre que la matière, à l'ordre du quantitativisme. « Le temps viendra, très probablement, prédit-il, où le délicat mécanisme de l'esprit sera décortiqué, et où toute pensée sera réduite à une dépense d'une quantité déterminée d'azote et de phosphore » [Jevons, 1905, p.735].

A bien considérer l'analytisme, la science doit éviter tout phénomène non quantifiable et non numérisable. En économie, on s'astreint à justifier le recours aux mathématiques en énumérant les phénomènes qui se prêtent à la quantification comme le font Say, Jevons et Walras.

Vidée du sujet, la science est sans conscience. Pas d'éthique épistémique, pas de sens moral aux pratiques techno-scientifiques. Peu importe qu'elles soient susceptibles d'occasionner des applications et des décisions meurtrières pour l'humanité. L'absence du sujet techno-scientifique fait le plein de l'inconscience objective.

Fig. 2 La causalité en économie

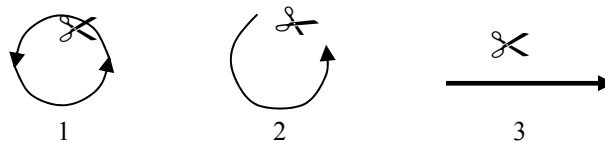


β. Le causalisme

Si Aristote entend par mouvement tout changement de lieu, de qualité ou de quantité, Descartes y voit simplement le mouvement local c'est-à-dire le « transport » d'un corps, du voisinage des corps contigus au voisinage d'autres corps. Cette notion de mouvement est analogue au mode de construction des figures géométriques. C'est l'ensemble des points formant la ligne ou celui des lignes constituant la surface [Koyré, 1991]. Au vu de cette conception, la compréhension du concept de mouvement ne renvoie pas à la vitesse même si dans les *Règles pour la direction de l'esprit*, Descartes maintient qu'il n'y a pas de mouvement sans durée. Le mouvement est une quantité de points discrètement distincte qui, conservée, échappe à la temporalité. C'est, comme dit de Rosnay [1975, p.232], une « succession de positions immobiles juxtaposées ».

Le mouvement est, pour Descartes, le mode corporel le plus important, stipulant que « toutes les variétés qui sont en la matière dépendent du mouvement » [Descartes, 1996b, p.75]. Pour cause, il en fait l'essence même de l'intelligibilité des phénomènes naturels, ce par quoi toutes les propriétés des corps doivent être expliquées. Le mouvement, en tant que quantité et mode d'appréhension des phénomènes, est le concept moteur de la pensée mécaniste. C'est dans ce cadre simpliste et réductionniste qu'il faut comprendre l'analogie de Pareto [1966], brillant représentant du marginalisme et de l'école néoclassique, qui identifie à des mouvements les variations conduisant à l'état d'équilibre économique.

Par analogie au mouvement, le flux temporel apparaît comme une succession d'instantanés. Sauf qu'on précise qu'il est fléché dans une seule direction, dans l'ordre chronologique : passé → présent → futur. La causalité (linéaire) suit cet ordre. Les effets d'aujourd'hui suivent les causes d'hier et précèdent ceux de demain. La « relation causale » fait figure d'une succession dans le temps de deux entités discrètes : la cause (avant) et l'effet (après). De Rosnay montre comment et pourquoi l'analytisme génère la pensée linéaire, causaliste. En effet, la raison analytiste, incapable de concevoir logiquement le cercle vicieux et la récursion, préfère s'en débarrasser de façon méthodologique. « Elle l'ouvre. Elle le coupe arbitrairement en un point : ce qui lui permet de "l'étaler" à plat le long de la flèche conventionnelle du temps. Et de retrouver du même coup la relation familière d'avant/après entre la cause et son effet.



Mais cette coupure artificielle de la réalité va avoir des conséquences très importantes :

- La causalité apparaît comme la seule méthode d'explication. On est forcé de remonter de cause en cause vers une « cause première » située évidemment dans le *passé*.
- Le temps « s'écoule » à nouveau, puisque l'explication par les causes appartient au processus d'observation, obligatoirement fléché dans le sens de l'entropie croissante.
- On est conduit à adopter une approche réductionniste.

Enfin, en ouvrant la boucle et *dès la moindre coupure*, un aspect de la réalité s'échappe irréversiblement. La complémentarité fait désormais place à une certitude limitée à un seul aspect de la réalité » [De Rosnay, 1975, p.243].

Le causalisme fait de la causalité le principe de base de l'explication mécaniste et domine la pensée économique. Par exemple, dans les modèles économétriques, la causalité est donnée par l'ordre dans lequel les causes que sont les variables indépendantes, les variables structurelles, comportementales ou les paramètres déterminent mécaniquement les effets appelés variables dépendantes (fig.2). L'économétrie ne servant qu'à « valider » des modèles causals est l'outil analytique utilisé par l'économiste pour trancher les boucles rétroactives et récursives caractéristiques de l'organisation du système social. En simplifiant et réduisant à tort et à travers, l'économétrie fait de la pensée économique dominante une pensée unidimensionnelle et linéaire étendue sur le lit de Procuste de l'économie politique de Jean-Baptiste Say qui voit dans la connaissance scientifique la « connaissance des faits », des « lois suivant lesquelles ces faits arrivent » et de « la liaison nécessaire qu'ils ont avec ceux qui précèdent, ou avec leurs causes ; et avec ceux qui suivent ou avec leurs résultats » [Say, 1996, p.83-94].

2. Critique de l'épistémé cosmique

Les principes de l'analytique ne sont pas universels. Ils s'appliquent certainement à une classe de phénomènes perçus réductibles, simples et au pire compliqués, ceux de la physique galiléenne, cartésienne, newtonienne, képlérienne, hamiltonienne... qui se laissent facilement apprivoiser par quelques équations. Lorsqu'on veut les utiliser pour comprendre les systèmes complexes, l'analytique se mue en analytisme pour sectionner l'inséparable, et génère le mécanisme pour ordonner le chaotique. C'est de ce point de vue qu'il convient de critiquer l'épistémé cosmique.

A. Les limites du monisme mécano-analytiste

α. Les insuffisances de l'analyse propositionnelle

Russell³ note que le verbe « être » peut prendre au moins quatre significations dans les langages indo-européens. Il est employé :

- comme verbe auxiliaire : c'est fait ;
- dans le sens d'existence : je suis ;
- dans le sens d'attribution : la rose est rouge;
- dans le sens d'identité : la rose est une fleur.

Le peu de cas qu'on fait de ces différences est souvent source de confusion [Korzybski, 1998]. Cette confusion a perduré avec la scolastique qui, longtemps après Aristote, admettait l'universalité de la forme prédicat-copule-sujet.

Aristote semble ignorer la distinction kantienne entre le « jugement synthétique » et le « jugement analytique » [Le Blond, 1970, p.168-174]. Certes, dans le jugement analytique, le verbe « être » exprime l'identité du sujet ou attribue au sujet son (ses) propre(s) caractère(s) ; dans le jugement synthétique, il indique plutôt un fait (comme le rapprochement de deux êtres) ou une causation (comme l'action d'un être sur un autre). De même, Aristote néglige la différence « entre la copule signe d'attribution et le verbe « être » au sens existentiel » et celle « entre la copule signe d'identité et la copule signe de relation ».

A considérer les ambiguïtés qui dérivent de l'analyse prédicative, on peut comprendre l'erreur qui consiste, par des correspondances métaphoriques et analogiques qu'exprime le verbe « être », à identifier le système économique à un système mécanique. Ce n'est pas parce qu'on dit « cette femme est une fleur » que ce qui est bon pour la femme l'est aussi pour la fleur et vice versa. Si, au nom de la métaphore ou de l'analogie, on perd de vue les réalités différentes de la fleur et de la femme, on risque de lui offrir des produits d'arrosage à la place de fioles de parfum. C'est ce qu'ont fait les tenants du libéralisme néoclassique qui, sans scrupule, ont utilisé métaphores et analogies pour transposer à l'économie les concepts, méthodes et modèles mathématiques de la mécanique classique.

³ cité par Korzybski [1998]

Par ailleurs, l'analyse aristotélicienne est « incapable d'admettre la réalité des relations » [Russell, 2002, p.79], en particulier, les relations de fraternité, d'amour, de grandeur, de proximité. Par exemple, l'affirmation « A est plus proche de B » n'exprime pas une identité entre le sujet « A » et le prédicat « plus proche de B ». La logique contemporaine (russellienne et frégréenne) sort des limites de la logique prédicative en analysant les propositions en termes fonctionnels. A la structure sujet-copule-prédicat elle substitue une forme fonctionnelle qui se trouve à la base des opérations mathématiques. Celle-ci associe une variable x (le sujet « A ») à une fonction déterminée $f(x)$ qui représente la liaison copule-prédicat (« est plus proche de B »). Ainsi l'analyse propositionnelle est-elle supplantée par l'analyse fonctionnelle de logique contemporaine qui, cependant, reste solidement attachée à l'axiomatique identitaire.

β. Haro sur le réductionnisme et le simplisme

Dans la mesure où en un point déterminé du temps tout être est scrupuleusement ce qu'il est, les principes aristotéliciens mettent la réflexion, la pensée, la computation et le sujet en accord rigoureux avec eux-mêmes. Ce sont des principes formels, de cohérence [Lefebvre, 1969]. L'axiomatique aristotélicienne acquiert sa validité et sa pertinence quand seulement l'affirmation et l'identification de l'être sont instantanées. Or, tout être observé est en agitation et transformation continues tout au moins à l'échelle microscopique. De plus, affirmation et identification sont des processus et, par conséquent, impliquent la durée. Le principe d'identité est inapplicable à un monde en évolution perpétuelle. L'identité doit être considérée au mieux comme une étape, un instant dans la construction intellectuelle de la réalité, dans l'abstraction conceptuelle et la conceptualisation abstraite des phénomènes.

Les principes de non-contradiction et du tiers-exclus régissent un univers conçu dichotomique, qui, inerte et identique à lui-même, n'apparaît ni disparaît, ne peut ou être ou ne pas être. Ainsi, « la diversité se trouve distribuée manu militari selon la nuit et le jour, le mâle et la femelle ; chaque entité se trouve subsumée sous une logique de concepts rigides et transparents. Cette efficace mainmise sur les choses alimente un raison pressée et prosaïque, qui ne trouve nul lieu pour penser l'aurore et le crépuscule en qui se heurtent et se conjuguent la nuit et le jour, ou la divinité androgyne en qui se composent, selon le tiers-inclus, les opposés du mâle et de la femelle » [Wunenburger, 1990, p.157]. Il n'y a pas d'intermédiaire, de jonction ou de liaison par lesquels, de manière continue, morphologiquement, dans le temps ou dans l'espace, il serait possible de passer d'un être à son différent, à son contraire et à son contradictoire. La cause et l'effet ne sont par reliés par un tiers mais ordonnés en se succédant dans le temps. Pas de place pour penser le changement et la continuité.

La méthode cartésienne et l'axiomatique aristotélicienne sont compatibles et à bien des égards équivalentes. Elles affirment ensemble le primat de la connaissance certaine et ont pour caractéristiques communes l'exclusion systématique et le rejet absolu de l'incertitude, de l'ambiguïté, de la contradiction et de l'indécision, quitte à défier la réalité empirique au profit de l'abstraction stricte, de l'ordre et de la cohérence methodo-logique.

Analyser, c'est disjoindre pour penser clairement et distinctement, de manière cohérente et rigoureuse. L'analytisme est en adéquation parfaite avec toute pensée qui cherche à isoler, morceler et parcelliser [Morin, 1991]. Il contrôle la pensée « élémentaliste » qui consiste à juger les phénomènes en scindant verbalement ce qui ne peut l'être empiriquement [Korzybski, 1998]. Dans le même ordre d'idées, il gouverne la « pensée simplifiante » et unidimensionnelle qui extrait le réel de ses déterminations, le mutile, le disjoint, le réduit artificiellement en unités élémentaires et l'ordonner de sorte que le réel dénaturé puisse se prêter à des propositions abstraites non contradictoires [Morin, 1980]. Le réel est simplifié pour devenir « une idée logique, c'est-à-dire idéo-logique » [Morin, 1990]. L'analytisme s'apparente à une rationalisation simpliste qui accommode tout système réel à un système cohérent, en évacuant tout ce qui est chaotique, ambigu, paradoxal, contraire et contradictoire. Avec son corollaire, le mécanisme, l'analytisme empêche d'appréhender la complexité, d'expliquer et de comprendre les phénomènes récursifs et rétroactifs où l'effet et la cause sont confondus dans le temps ou s'influencent l'un l'autre.

L'analytisme est de nature utilitaire ; il répond bien aux besoins pratiques de manipulation des concepts et des objets pour évaluer, sans équivoque, de manière claire et précise. Considéré en termes binaires de « soit... soit », de « ou... ou », le réel identifié doit être isolé, tout au moins abstrait de son

environnement pour être manipulé et conceptualisé. Il ne suffit pas seulement de distinguer l'objet par rapport à son environnement par abstraction conceptuelle mais aussi de le concevoir dénudé, dénué et à l'abri de tout rapport contextuel et conditionnel. A cet égard, l'analytisme est à la base d'une erreur monumentale dommageable pour l'évaluation scientifique, la confusion de la distinction conceptuelle abstraite et de l'isolement effectif de l'objet. Dans la pratique scientifique, le sujet et l'objet sont certes distincts et distinguables par abstraction conceptuelle mais n'ont pas dans l'absolu, au niveau empirique et d'existence indépendante et de réalité proprement discrète.

L'univers arithmétique, celui des nombres et des quantités, est respectueux des principes et méthodes analytiques. En effet, la quantification d'un objet observé ou de l'une de ses qualités présume de son abstraction et, en pensée, de son isolement de tout autre objet et de toute qualité qui ne lui soit propre. La numérisation le traduit par des « concepts arithmomorphiques » c'est-à-dire des concepts qui se distinguent discrètement de tout autre concept [Georgescu-Roegen, 1970 et 1971]. Elle lui attribue un nombre pour symbole, l'enferme et le réduit dans la sphère des entités discrètes des mathématiques. Ce faisant, le monde perçu perd toute continuité et toute connexité car « chaque nombre réel, note Georgescu-Roegen [1970, p. 23], possède une individualité distincte identique en tous points à celle d'un élément de la suite des nombres entiers. Aussi proche que puisse être un nombre voisin, il se singularise strictement ». Le phénomène quantifié et numérisé apparaît exclu de son environnement pour n'être qu'une grandeur ou une variable, un « individu » abstrait ou un quantum possédant ses propres propriétés. En définitive, l'analytisme ne peut s'appliquer qu'aux ensembles et langages dont les éléments et les concepts, aussi bien que les symboles, sont discrètement différenciés.

Échafaudées sur les principes analytiques, la pensée économique est souvent empreinte de systèmes de valeurs et d'idéologies qui cherchent à les agencer dans un cadre formel réducteur et simplificateur dont l'exclusivité contribue au saucissonnement du projet économique. La fragmentation de la science économique en une pluralité de sous-disciplines traduit le penchant de la plupart des économistes à découper arbitrairement, le système socio-économique en phénomènes ou modèles indépendants sans critère épistémique, logique et empirique soutenable. Économie de l'environnement, économie du travail, économie des ressources naturelles, économie des organisations, économie de l'information, économie internationale, économie financière, économie industrielle, économie des ressources humaines, économie des inégalités... sont autant de vases clos dans lesquels le système socio-économique est méconnaissable. Car ses composantes et ses sous-systèmes sont foncièrement interdépendants !

B. La « logique floue » est-elle vraiment floue ?

α. Certaines notions élémentaires de la logique floue

Considérons l'ensemble de référence R . Les éléments de R peuvent être regroupés en classes appelées *sous-ensembles flous* ou *prédicats vagues* et chaque élément est caractérisé par son appartenance à une ou plusieurs classes. Ce qui définit un sous-ensemble flou Z de R , c'est la *fonction d'appartenance* qui, à chaque élément x de R , associe le *degré d'appartenance* $\delta_Z(x)$ de x au sous-ensemble Z ; $\delta_Z(x)$ est compris entre 0 et 1 : $\delta_Z : x \rightarrow [0,1]$.

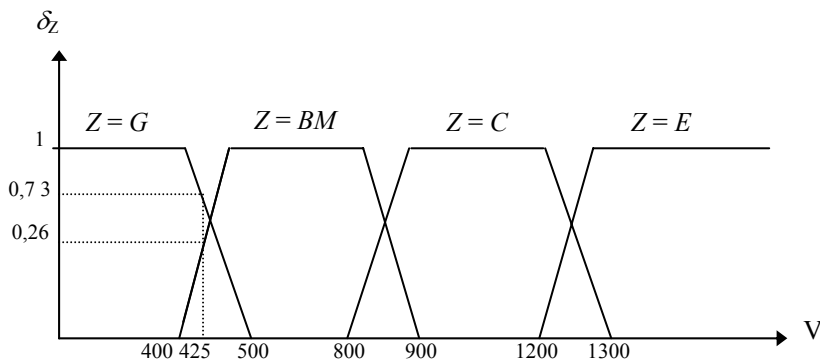
Les opérations sur les sous-ensembles flous généralisent celles de la théorie classique des ensembles : les opérations d'égalité, d'inclusion, d'intersection, d'union et de complémentarité.

Deux sous-ensembles flous A et B de R sont égaux si $\forall x \in R, \delta_A(x) = \delta_B(x)$. Soit $F(R)$ l'ensemble de tous les sous-ensembles flous de R . Pour A et B appartenant à $F(R)$, A est inclus dans B si $\forall x \in R, \delta_A(x) \leq \delta_B(x)$.

L'intersection de deux sous-ensembles flous A et B de R est l'élément C de $F(R)$ tel que $\forall x \in R, \delta_C(x) = \min\{\delta_A(x), \delta_B(x)\}$; « min » désigne l'opérateur de minimisation.

L'union de deux sous-ensembles flous A et B de R est l'élément D de $F(R)$ tel que $\forall x \in R, \delta_D(x) = \max\{\delta_A(x), \delta_B(x)\}$; « max » désigne l'opérateur de maximisation.

Fig. 3 Un exemple de sous-ensemble et de variable linguistique



Le complément A^c d'un élément A de $F(R)$ est le sous-ensemble flou de R tel que $\forall x \in R, \delta_{A^c}(x) = 1 - \delta_A(x)$.

Remarquons que la théorie « classique » des ensembles (ou encore la théorie des ensembles « ordinaires ») et la théorie des sous-ensembles flous coïncident lorsque la valeur de $\delta_Z(x)$ ne peut que s'annuler ou être égale à l'unité. C'est le cas binaire où chaque élément appartient strictement à une et une seule classe. Effectivement, dans ce cas, les opérations sur les sous-ensembles flous sont équivalentes aux opérations classiques de la théorie des ensembles.

On introduit la notion de *variable linguistique* pour pouvoir représenter les connaissances sur une variable dont la valeur précise est inconnue. La variable linguistique est désignée par le triplet (V, R, S_V) , V étant une variable prenant ses valeurs dans R . $S_V = \{A_1, A_2, \dots\}$ est un ensemble, fini ou infini, de sous-ensembles flous de R qui caractérisent V et déterminent ses différentes valeurs. A chaque sous-ensemble A_i choisi pour décrire V correspond une fonction d'appartenance δ_{A_i} définie sur R et prenant ses valeurs dans $[0, 1]$.

Pour illustrer les notions de sous-ensemble flou et de variable linguistique, considérons le prix d'un ordinateur en euros désignée par la variable V définie sur l'ensemble de référence \mathfrak{R}^+ . Évidemment, les sous-ensembles flous caractérisant la variable V sont définis par rapport au type d'ordinateur en question et dépend de la situation du marché des ordinateurs. L'ensemble des caractérisations du prix de l'ordinateur est $S_V = \{\text{gratuit, bon marché, cher, exorbitant}\}$. Les sous-ensembles flous « gratuit », « bon marché », « cher », « exorbitant » sont représentés sur le graphique ci-dessus par leurs fonctions d'appartenance respectives $\delta_G, \delta_{BM}, \delta_C, \delta_E$. Au prix de 425 €, l'ordinateur est jugé gratuit à un degré de 0,73 et bon marché à 0,26.

L'état de la variable V peut être altéré par des modificateurs tels que « très », « plutôt », « non », ce qui provoque une certaine modulation de sa description. La notion de *modificateur linguistique* permet d'appréhender la modulation des caractéristiques de V c'est-à-dire des éléments de l'ensemble S_V associé à la variable linguistique (V, R, S_V) . Un modificateur linguistique m génère, à partir d'une caractérisation floue A , une nouvelle caractérisation floue $m(A)$. La fonction d'appartenance $\delta_{m(A)}$ de $m(A)$ résulte de la transformation mathématique t_m , attachée à m , de δ_A : $\delta_{m(A)} = t_m(\delta_A)$.

Soit L un ensemble de variables linguistiques, M un ensemble de modificateurs et $M(S_V)$ celui des caractérisations engendrées par M à partir de S_V . Étant donné une variable linguistique (V, R, S_V) de L et une caractérisation floue A supposée normalisée⁴ appartenant à S_V ou à $M(S_V)$, la qualification « V est A » est une *proposition floue élémentaire*. La fonction d'appartenance de A détermine sa valeur de vérité, le degré d'appartenance δ_A d'un élément x de V à A définit son degré de vérité par rapport à

⁴ Un sous-ensemble A de X est dit normalisé lorsqu'il existe x appartenant à X tel que $\delta_A(x) = 1$.

x . Plus la proposition « V est A » est vraie plus la valeur x de V satisfait la caractérisation A c'est-à-dire plus son degré de vérité est grand.

Une *proposition floue générale* est une composition par conjonction, disjonction ou implication de propositions floues élémentaires. La conjonction « V est A et W est B » est associée au produit cartésien $A \times B$ qui caractérise la variable conjointe (V, W) définie sur $X \times Y$, V et W prenant leurs valeurs respectives sur les ensembles de référence X et Y . Elle a pour degré de vérité $\min\{\delta_A(x), \delta_B(y)\}$, pour tout couple (x, y) de $X \times Y$. En revanche, le degré de vérité en tout point (x, y) de $X \times Y$ de la disjonction « ou V est A ou W est B » est $\max\{\delta_A(x), \delta_B(y)\}$.

L'implication « si V est A alors W est B » est une *règle floue* c'est-à-dire une proposition floue composée de la prémisse « V est A » et de la conclusion « W est B ». Sa valeur de vérité résulte de la relation floue I entre X et Y qui supporte l'implication et est donnée par la fonction d'appartenance δ_I de I . Celle-ci est une combinaison des fonctions d'appartenance δ_A et δ_B de A et de B . Pour tout point (x, y) de $X \times Y$, son degré de vérité est : $\delta_I(x, y) = \Theta[\delta_A(x), \delta_B(y)]$.

La fonction Θ est choisie de telle manière que l'implication floue soit identique à l'implication de la logique classique quand A et B sont des ensembles ordinaires.

β . La clarté de la logique floue

La conception de la logique floue repose sur la notion de sous-ensemble flou (ou de prédicat vague) et sur celle de fonction d'appartenance qui détermine la valeur de vérité d'une proposition floue. Le sous-ensemble flou, parce qu'il évoque l'imprécision, les nuances des différences, des contrariétés et des contradictions, est a priori dialectique ; la fonction d'appartenance, parce que ses valeurs, degrés d'appartenance ou degrés de vérité, sont comprises dans l'intervalle $[0, 1]$, est arithmomorphe. Or un sous-ensemble flou est strictement défini par le degré d'appartenance de ses éléments. Ce dernier étant arithmomorphe, c'est l'analytique non pas la dialectique qui commande la logique floue. Chaque concept est élémentariste car il n'a de sens que par rapport à la notion de degré d'appartenance. Par conséquent, chaque concept se distingue discrètement de tout autre concept et un « raisonnement approximatif » est beaucoup plus précis qu'il n'en a l'air.

La conceptualisation en logique floue consiste à idéaliser, « défuzzyfier » et clarifier le réel perçu flou au moyen du concept arithmomorphe de degré d'appartenance. Quand ce dernier ne sert pas de subterfuge pour analyser des réalités qui doivent être perçus complexes, il fait office d'échappatoire analytique face à de tels phénomènes.

En parfaite harmonie avec l'élémentalisme, « la logique floue est considérée comme une extension de la logique classique » [Bouchon-Meunier, 1999, p.65], admettant sur l'intervalle $[0, 1]$ une infinité de valeurs de vérité. Ce n'est pas une véritable logique floue. Car « une "véritable logique floue" n'aurait pas seulement la présence de prédicats vagues mais les valeurs de vérité seraient elles-mêmes des ensembles flous » [Gacôgne, 1997, p.47]. Toutefois la logique floue a le mérite d'apporter une réponse au problème de l'appartenance multiple dans la théorie des ensembles, réponse somme toute pertinente dès lors qu'empiriquement la formulation du problème se prête à l'arithmétique.

3. Le paradigme chaotique

Le besoin de comprendre des phénomènes rebelles aux principes mécano-analytiques a favorisé l'émergence de deux nouvelles branches de la physique : la thermodynamique et la mécanique quantique. Née au XIX^e siècle, la première est fondée sur le principe d'irréversibilité ; la seconde apparaît au XX^e siècle et instaure à contre-courant du paradigme cosmique le principe d'incertitude d'Heisenberg. Après la deuxième guerre mondiale, deux courants naissent dans le sillage et en marge de ces deux sciences : la cybernétique [Wiener, 1971] qui met en avant les notions de rétroaction, d'autonomie et de projet et le structuralisme [Piaget, 1996] dont la démarche sert à étudier les phénomènes par rapport à leurs caractères de totalité, de transformation et d'auto-réglage.

Les révélations de ces sciences et ces courants de pensée ont amené les scientifiques à prendre conscience de l'inconsistance du paradigme dominant, mais encore de la nécessité d'un paradigme

soutenable pour appréhender les phénomènes perçus complexes. Ainsi se rendent-ils compte que les principes d'intelligibilité des systèmes complexes sont à la fois des principes d'ordre (Cosmos) et de désordre (Chaos). La conjonction de ces principes de pensée concourt à l'organisation du paradigme chaotique.

1. Éléments de logique pour la complexité

La pensée scientifique est largement dominée par le sentiment et la conviction que la contrariété, la contradiction et le paradoxe défient la rationalité, heurtent et blessent la raison analytique et le sens commun. Ils sont assimilés à l'irrationalité et sont posés comme des problèmes à résoudre sinon à contourner au nom de la simplicité (ou plutôt du simplisme). Or la complexité perçue à travers l'étude des systèmes et des organisations nous contraint à concevoir le paradoxal, le contradictoire et le contraire.

Avant de proposer quelques principes logiques pour appréhender la complexité, nous ferons une revue critique des conceptions dialectique auxquelles on pourrait se référer pour légitimer la contradiction.

A. Concepts et conceptions dialectiques

Dans la nature le changement et l'évolution sont de mise et les systèmes montrent une complexité caractérisée par l'interrelation, la conjonction, l'imbrication et la solidarité des différents, des contraires et des contradictoires. Si l'on veut conceptualiser et surtout agir avec efficacité sur et dans les systèmes perçus complexes, le système socio-économique par exemple, il serait préjudiciable de passer outre ou négliger les contrastes et oppositions qui s'y présentent. D'ailleurs le paradoxe s'impose lorsqu'il convient de penser en termes systémiques, de localité et de globalité à la fois. Une pensée, comme celle de la soutenabilité complexe, qui s'allie au concret et au complexe et qui est construite pour la praxis, doit nécessairement violer le principe de non-contradiction. Une pensée (économique) épistémologiquement soutenable ne peut être qu'une pensée complexe, nécessairement systémique.

De la pensée dialectique qui met en rapport des concepts opposés, ne peut-on pas extraire quelques pierres pour construire la logique de la complexité? En marge de l'analytique aristotélicienne, on peut distinguer trois types de concepts et de conceptions dialectiques : la dialectique hégélienne, la dialectique bachelardienne et la dialectique roegienne.

La dialectique hégélienne est un processus constitué de trois moments ou trois étapes de la pensée. Le premier moment est celui de l'« affirmation » : *l'être est*. L'être absolu qui demeure identique à lui-même et qui convient à tout ce qui est un être indéterminé, un être vide, abstrait équivalent au rien et au néant. Tout être concret est toujours déterminé, comme si pour exister et s'affirmer, il nécessite le non être. L'affirmation de l'être entraîne le second moment, celui de la « négation » : *l'être n'est pas*. Au troisième moment, cette négation est niée et l'on obtient la « négation de la négation » : *l'être est devenir*.

Si le mouvement de la pensée lie des termes et des propositions opposés, la dialectique hégélienne n'aboutit pas au paradoxe. La négation de la négation synthétise et met en accord les contraires et les contradictoires, excluant les spécificités de l'affirmation de la négation. « Le processus dialectique, après avoir conduit la différence vers l'écart le plus grand, rassemble ce qui s'est trouvé éclaté selon l'exclusion logique. La contradiction abandonne donc le principe d'incompatibilité des opposés qu'elle nourrit pour faire des opposés les soubassements d'une unité qui les confond. La contradiction fait donc place à une *réconciliation*⁵ qui dynamise les différences en les enveloppant les unes dans les autres » [Wunenburger, 1990, p.178]. La dialectique hégélienne n'est pas centrée sur la tension et la lutte des oppositions. C'est un raisonnement qui consiste à surmonter et dépasser la contradiction pour rétablir une nouvelle identité. A telle enseigne, malgré les apparences, Hegel admet le principe de non-contradiction [Foulquié, 1969].

⁵ C'est nous qui soulignons.

Tableau 2 : Différentes conceptions de concepts

Concept	Analytique		Dialectique					
	A	\bar{A}	A et \bar{A}	A	\bar{A}	A	\bar{A}	$\bar{\bar{A}}$
Conception	Distinction discrète		Réconciliation synthétique	Juxtaposition complémentaire		Tiers inclus (continuité intuitive)		
Auteur	Aristote		Hegel	Bachelard		Georgescu-Roegen		

Après avoir mis à l'index la philosophie hégélienne et s'être démarqué de l'ontologie négative de Jean Wald, Bachelard [1988] s'appuie sur les résultats de la physique quantique pour instituer la « philosophie du non ». Cette philosophie qu'il dénomme le « surrationalisme » organise la connaissance sur la base de la dialectique de la « pénombre conceptuelle qui réunit le corpusculaire et l'ondulatoire, le ponctuel et l'infini. C'est [...] dans cette pénombre, ajoute-t-il, que les concepts se diffractent, qu'ils interfèrent, qu'ils se déforment » [Bachelard, 1988, p.113]. La pénombre conceptuelle est une bipolarité de termes, théories ou systèmes opposés juxtaposés de façon complémentaire : la « philosophie du non [...] ne vise qu'à des systèmes juxtaposés, qu'à des systèmes qui se mettent sur un point précis en rapport de complémentarité » [Bachelard, 1988, p.137]. Elle ne remet pas en cause l'axiomatique identitaire dans la mesure où chaque pôle de la pénombre garde son identité propre où tout terme tiers brille par son absence. C'est une pénombre fallacieuse dans laquelle le positif et le négatif sont clairement distincts. D'ailleurs, « la dialectique, explique Bachelard, [...] ne sert qu'à virer d'un système vers un autre » [Bachelard, 1988, p.137]. Chaque système, à l'instar des termes de la bipolarité dialectique, est identique à lui-même. Au lieu d'être diluée comme dans la synthèse hégélienne, la contradiction est tout bonnement contournée par le biais de la juxtaposition complémentaire des concepts. Le conflit des termes opposés n'a pas lieu et « la dialectique du "surrationalisme" bachelardien demeure respectueuse du vieil aristotélisme » [Wunenburger, 1990, p.184].

Rappelons que dans la logique aristotélicienne il n'y a pas de contradiction lorsqu'à un même concept on attribue deux réalités jugées opposées par rapport à des points de vue et à des moments distincts. Ainsi sont-elles discrètement différenciées et dépourvues d'ambiguïté. A le regarder flotter, on peut affirmer que le drapeau bicolore est bleu et rouge. *A priori* cette assertion ne semble pas contradictoire puisque le drapeau est bleu (n'est pas rouge) d'un côté et rouge (n'est pas bleu) de l'autre. Toutefois il est légitime de se demander où commencent et finissent les côtés « opposés » droit et gauche. Est-il possible de distinguer discrètement le côté droit du côté gauche ? N'est-ce pas sans discontinuer qu'on passe de gauche à droite et de droite à gauche ? Qu'elle que soit la part accordée à chacun des deux côtés il y aura toujours une zone centrale (floue) dans laquelle ils sont indiscernables. La contradiction peut apparaître même au niveau du point de vue considéré. Une telle ambiguïté se présente dans le développement de la vie humaine. Entre l'enfance et l'adolescence on peut toujours distinguer une période au cours de laquelle l'homme n'est pas tout à fait enfant ni tout à fait adolescent. De même que la préférence et la non préférence se confondent dans l'indifférence de même le jour et la nuit sont indistincts à l'aube et à l'aurore.

C'est ainsi que que Georgescu-Roegen qualifie de dialectiques les concepts qui, contrevenant au principe de non-contradiction, se recourent dans une « pénombre séparatrice » (un « médium commun » [Wunenburger, 1990, p.184]) qui est elle-même un « concept dialectique » [Georgescu-Roegen, 1970 et 1971]. S'inspirant d'Hegel, cet auteur explique que « le changement est la source de tous les concepts dialectiques » [Georgescu-Roegen, 1970, p.32]. Puisque tout changement est une transformation, un déplacement ou une durée, c'est la « continuité intuitive », celle de la forme, de l'espace et du temps, qui caractérise la dialectique roegenienne. Georgescu-Roegen fait bien la différence entre le continuum intuitif et le continuum arithmétique : le second est une suite « de perles sur un collier, mais *sans le fil* » ; le premier, « que ce soit dans l'Espace, dans le Temps, ou dans la Nature elle-même, constitue un tout sans couture ». La connexité des concepts est le fondement même du continuum intuitif. Chaque concept désignant un phénomène est relié à d'autres concepts ou en est le prolongement. En effet, il n'y a pas de phénomène isolable, identique à lui-même ou strictement distinguable. Tout phénomène est en transformation (ne serai-ce qu'à certaines échelles d'observation),

s'insère dans l'espace et dans le temps. Il n'est pas de processus où l'on passe discrètement d'une forme à une autre, d'un espace à un autre, d'un moment à un autre. Et le Temps et l'Espace et la Forme sont dialectiques. Ce sont toujours des pénombres dialectiques qui recouvrent la trajectoire d'un processus ou d'une évolution. Le principe de la dialectique roegenienne est celui du tiers inclus : un phénomène B est à la fois A et non- A (ou encore \tilde{A}).

B. La logique du tiers inexclus

La faculté de computer et de penser (de surcroît la vie elle-même) a pu émerger certainement grâce à la possibilité de distinguer et de différencier l'être du non-être. Computer, penser, c'est distinguer. Les phénomènes observés sont des transformations de l'être en non-être, des liaisons et relations entre l'être et le non-être. Computer, penser, c'est aussi relier. Il faut un principe de pensée qui distingue et conjoint à la fois. Ce doit être un principe qui, au plan épistémique, est en deçà et au-delà des principes du tiers exclus et du tiers inclus. Ce principe que nous appelons le *principe du tiers inexclus* peut être constitué en quatre principes qui se différencient, se distinguent et se complètent, demeurant somme toute conflictuels :

- le *principe d'ipséité* : A est soi-même ;
- le *principe de distinction* : A n'est pas \tilde{A} ;
- le *principe de conjonction* : A n'est jamais que A ;
- le *principe du tiers inclus* : on peut toujours concevoir B qui soit à la fois de A et de \tilde{A} .

Le principe d'ipséité légitime toute conceptualisation de phénomène qui maintient son organisation ou qui demeure inchangé dans le Temps irréversible, tout au moins d'un certain point de vue. Il fait pendant au principe de distinction selon lequel un phénomène représenté par A est perceptible et différenciable de tout autre phénomène désigné par \tilde{A} . Distinction non discrète car, comme l'exprime le principe de conjonction, un phénomène *prolonge et relationne* toujours d'autres phénomènes. Cela étant, il est toujours possible de concevoir un terme B qui symbolise la conjonction de A et \tilde{A} d'où le principe du tiers inclus. La durée, l'espace et la morphologie de cette conjonction définissent l'interrelation ou la frontière commune de A et \tilde{A} . C'est un concept de bouclage qui relie A à \tilde{A} . Par commodité B est lui-même représenté par des flèches en boucle. Il faut noter que \tilde{A} n'est pas forcément l'opposé (subalterne, contraire, concurrent ou contradictoire) de A , c'en est généralement une différenciation⁶.

Le principe du tiers inexclus doit être compris et expliqué dans les termes du raisonnement récursif de Morin [1980] et du raisonnement par actualisation/virtualisation de Lupasco [1989], comme la boucle générative d'intelligibilité

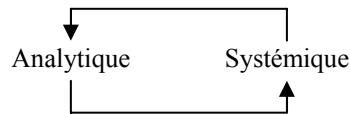


Une boucle récursive dont les termes A et \tilde{A} sont des moments d'actualisation et de virtualisation réciproques. Une boucle dans laquelle A et \tilde{A} sont à la fois distincts, conjoints, complémentaires et conflictuels. A et \tilde{A} sont conjoints, complémentaires et conflictuels dans leur différence et différents dans leur conjonction, complémentarité et conflictualité : A et \tilde{A} génèrent l'un l'autre, par actualisation et virtualisation récursives. Seuls A et \tilde{A} sont nécessaires et insuffisants pour concevoir B ; rapportés l'un à l'autre, ils sont solidaires, inséparables, et permettent la conceptualisation de B .

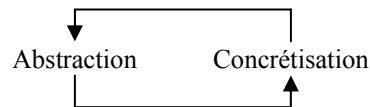
Par le principe du tiers inexclus nous optons pour une pensée complexe et nous refusons toute forme de réductionnisme comme l'analytisme et le causalisme. Mais nous reconnaissons la nécessité cognitive de l'analytique en raison du besoin de distinguer et ne nions pas la pertinence de la causalité pour les phénomènes mécaniques. A l'assertion de Lefebvre [1969, p.221] « rien n'est à part » il faut joindre l'affirmation « tout se distingue ». Cette conjonction ne fait qu'approuver la proposition de Delorme : « l'analyse exclut la complexité alors que la complexité subsume l'analyse, lui reconnaissant

⁶ Les oppositions entre le positif et le négatif, le noir et le blanc, le continu et le discontinu semblent être des habitudes de pensée. Le bleu et le jaune sont-ils des opposés ? Les subalternes, contraires et contradictoires sont des différenciations parmi d'autres. Nous parlerons plus généralement de systémique que de dialectique.

une pertinence possible mais seulement locale et circonscrite » [Delorme, 2000 p.12]. Au plan



épistémique, le principe du tiers inexclus fait pendant au circuit récursif qui lie l'analytique et la systémique. C'est la boucle générative de la compréhension et de l'explication. *Computer, penser, c'est analyser et dialectiser*. Analyser c'est distinguer, c'est-à-dire abstraire le réel, le percevoir hors de ses déterminations, son contexte et son environnement. Et dialectiser, c'est considérer le réel dans ses rapports et ses relations concrets. Par la conjonction de l'analytique et de la systémique, le principe du tiers inexclus noue l'abstrait et le concret. Abstraction et concrétisation sont des moments indissociables de la pensée :



« Tout progrès de la connaissance est va-et-vient de l'esprit entre l'abstrait et le concret » [Bartoli, 1991, p.56]

La pensée scientifique est inconcevable sans le principe du tiers inexclus et il faut l'émergence d'une pensée scientifique pour concevoir le principe du tiers inexclus. La pensée émergente est la pensée chaotique et le principe du tiers inexclus en est le principe logique.

2. Une méthodologie pour la complexité

Système, organisation et complexité sont les concepts-clé de la pensée chaotique dont ils sont à la fois l'ouverture et la fermeture. Axée sur la logique de la complexité, la méthode de la complexité est fondée sur les principes de conception et de modélisation des systèmes et des organisations complexes.

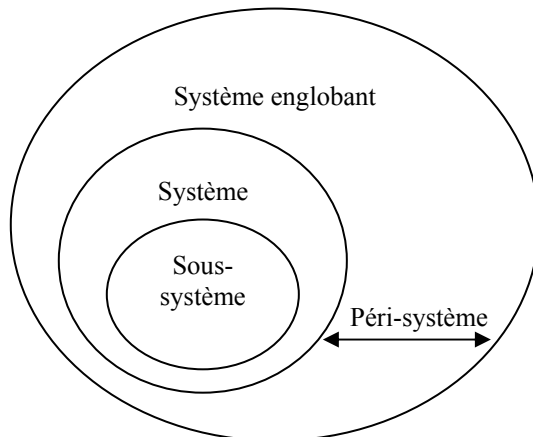
A. Le système de l'organisation...

α. La complexité systémique

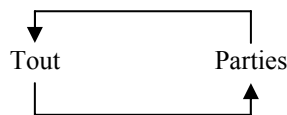
Système et organisation sont deux concepts distincts qui se définissent l'un par rapport à l'autre. Un système est un complexe d'interrelations entre composants, actions ou individus, une unité globale organisée en fonction de ses finalités. L'organisation traduit « l'agencement des relations entre composants ou individus qui produit une unité complexe ou système » [Morin, 1977, p.103]. Par l'organisation on peut se « rendre compte à la fois du comportement de chacun des niveaux projectifs que l'on a attribués au système et de l'articulation entre ces niveaux, sans les séparer » [Le Moigne, 1999, p.75]. Caractère structurel, interrelationnel, articulatoire et pratique, l'organisation est « le visage intériorisé » du système. En tant que phénomène global et émergent, le système est « le visage extériorisé » de l'organisation [Morin, 1977, p.145].

Souvent, les systèmes s'emboîtent comme des « poupées russes » [de Rosnay, 1975]. Le système est composé d'autres systèmes appelés sous-systèmes et est lui-même une composante ou sous-système d'un système qui l'englobe (fig.4). Par exemple, la Biosystème contient la Société qui elle-même englobe l'Economie [Duplan, 2001]. Nous appelons *péri-système*, environnement ou milieu ambiant son complémentaire dans le système englobant qui se trouve dans sa continuité spatiale ou avec lequel il interagit. Il n'y a pas de frontière qui isole strictement le système de son environnement. Tout au moins, ils partagent le même espace et coévoluent dans le même flux temporel. Conçu par nécessité méthodologique, la notion de frontière « révèle l'unité de la double identité qui est à la fois distinction et appartenance » [Morin, 1977, p.204], distinction de l'être-système de son environnement et appartenance de la frontière à l'un et à l'autre.

Fig. 4 L'emboîtement des systèmes et sous-systèmes



La complexité systémique relève de l'indétermination du système, de ses interactions avec son environnement et de son irréductibilité à sa seule totalité comme à ses seules parties. On se réfère à cette pensée de Pascal pour mettre en évidence l'intelligibilité de la complexité systémique : « toutes choses étant causées et causantes, aidées et aidantes, médiatement et immédiatement, et toutes s'entretenant par un lieu naturel et insensible qui lie les plus éloignées et les plus différentes, je tiens impossible de connaître les parties sans connaître le tout, non plus que de connaître le tout sans connaître particulièrement les parties » [Pascal, 1976, p.132]. La compréhension du système en tant que « Tout » et « parties » nécessite de mettre en relation le tout et les parties et les relativiser réciproquement. C'est par le circuit explicatif récursif



qu'on peut appréhender le système et l'organisation et en proposer une explication adéquate. Pourtant, le système est indéterminé dans la mesure où il est impossible de distinguer le Tout qui est dans la partie de la partie qui est dans le tout, la société qui est dans la personne du point de vue de ses éléments et contraintes culturels et la personne qui est la personne qui est physiquement dans la société avec sa culture.

Le système, lui-même dépendant de ses éléments ou sous-systèmes, pour parvenir à ses fins, fait peser des contraintes sur ses parties et leur laisse des marges de liberté. C'est donc dans l'ordre, le désordre et le méta-ordre que se manifeste l'organisation du système. D'une part, les contraintes assurent l'unité, les répétitions et les régularités des relations organisationnelles, d'autre part, les libertés d'où émergent l'incertitude, l'aléa et le hasard rendent possibles accidents, événements, déviations et perturbations. Dans cet ordre d'idée, antagonisme et complémentarité des parties sont intrinsèques à l'organisation systémique : « toute relation organisationnelle, donc tout système comporte et produit de l'antagonisme en même temps que de la complémentarité » [Morin, 1977, p.119].

À la complexité du système sont liées trois autres caractéristiques : *l'émergence*, *l'inhibition* et *la spécificité*. Ces phénomènes sont appréhendés en rapportant récursivement le tout au tout, les parties aux parties et le tout à la somme des parties. L'émergence est une propriété nouvelle qui apparaît au niveau global ou au niveau local du système mais qui disparaît lorsque les composants sont séparés. Dans le cas d'une émergence globale, on dit que le tout est plus que la somme des parties ; dans celui d'une émergence locale, les parties sont plus que les parties. À l'inverse, des propriétés des parties qui se manifestent hors système peuvent être inhibées ou réprimées à l'intérieur de ce dernier. En ce sens, le tout est moins que la somme des parties et les parties moins que les parties. La spécificité est le fait des scissions et de l'ignorance mutuelle entre les parties et le tout ou entre les parties elles-mêmes. L'incapacité du tout de combler ces lacunes signifie que le tout est moins que le tout. Par contre, en

raison de ses potentialités organisationnelles et organisatrices de rétroagir sur ses parties, le tout est plus que le tout [Morin, 1977].

β. Le systèmescopie

Pascal nous enjoint certes à comprendre tout système par la conjonction des niveaux local et global. N'est-ce pas encore lui qui s'exclame avec un verbe tout héraclitéen : « tout est un, tout est divers. Que de natures en celle de l'homme ! » [Pascal, 1976, p.86] ? Le système est *unitas multiplex*, « une unité qui vient de la diversité, qui lie de la diversité, qui porte en lui de la diversité, qui organise de la diversité, qui produit de la diversité » [Morin, 1977, p.145]. Pour mieux le connaître et le comprendre, il convient d'en avoir une vision polyoculaire. En général, un phénomène complexe peut être perçu et conçu sous plusieurs angles d'intelligibilité c'est-à-dire à différentes échelles, sous différents aspects, suivant différents points de vue, sur différents plans, selon différentes finalités. Et donc on peut en construire plusieurs modèles. Justement, « il sera [...] a priori toujours possible de concevoir et de construire bien des systémographies différentes du même objet » [Le Moigne, 1990, p.70]. Une pièce de monnaie, par exemple, est à la fois un objet physique et un objet social ; elle peut être perçue, d'un point de vue physique, aux échelles microscopique, mesoscopique et macroscopique, et d'un point de vue social, aux niveaux microéconomique, mésoéconomique, et macroéconomique.

Chaque angle d'intelligibilité est nécessaire et insuffisant à lui seul pour appréhender la complexité du réel. Chaque angle d'intelligibilité est à la fois séparé et inséparable. Séparé, il apporte par lui-même de nouveaux éclairages sur le phénomène observé, peu importe que l'angle d'intelligibilité en question soit révélateur de contradiction ou de paradoxe pourvu qu'il ne s'agisse pas d'un diagnostic erroné ou d'une erreur de pensée ; inséparable, il est indispensable pour concevoir son unité et sa totalité. Nous appelons *systèmescopie*, l'instrument conceptuel qui permet d'appréhender et de comprendre la réalité sous divers angles d'intelligibilité lesquels sont reliés par une boucle récursive d'actualisation et de virtualisation. Il convient, en principe, de les relier parce qu'il s'agit du même objet considéré. Tout angle d'intelligibilité est un angle fermé et ouvert. En effet, tout modèle qui, fermé i.e. par ses propres démarches, saisit la réalité sous un certain angle doit s'ouvrir à d'autres modèles présentant d'autres angles d'intelligibilité. Ce principe que nous pourrions qualifier de *systèmescopique* reconnaît la multidimensionnalité et l'unité dimensionnelle de tout système complexe et exhorte à l'inter-trans-pluridisciplinarité.

B. ... Et l'organisation du système

α. La complexité de l'organisation

Système d'actions, l'organisation est une « unité active » [Perroux, 1975]. L'irréductibilité des « multiples actions qu'elle assure, transitives et récursives, au cours du temps » [Le Moigne, 1999, p.76] et qui s'imbriquent les unes sur les autres traduit sa complexité. C'est de l'« organisation » qu'il s'agit si l'on veut bien accepter ce néologisme de Morin. Organisationnel, le système agit sur et dans l'environnement qui, par des flux et des champs, l'affecte et l'altère. Dans son « fonctionnement synchronique » [Le Moigne, 1999], le système est ouvert sur son environnement avec lequel il entretient des relations déterminées, incertaines et aléatoires. Ce sont des relations écologiques. L'organisation du système est en fait une éco-organisation.

Grâce à et à cause de son environnement, le système doté de capacités régulatrices est une « machine productrice-de-soi » [Morin, 1977]. Il ne se contente pas d'être au gré des forces externes, il peut se produire, se générer, s'organiser soi-même. L'organisation n'est pas seulement écologisée, elle est aussi autonomisée, disons bouclée par des processus internes. L'ouverture du système, de manière conflictuelle et complémentaire, s'associe à sa fermeture (ou sa clôture) gage de son autonomie. L'éco-organisation est en même temps auto-organisation, l'organisation de soi par soi-même. Le système est à la fois éco-organisation dans ses rapports avec son environnement et auto-organisation par son fonctionnement propre.

Tableau 3 : Le modèle inforgétique de l'organisation

ORGANISATION		FONCTION		
		ECO (synchronique)	AUTO (autonomisant)	Re (diachronique)
SYSTEME	DECISION	Comprendre	Finaliser	Concevoir
	INFORMATION	Computer	Mémoriser	Communiquer
	OPERATION	Produire	Maintenir	Relier

Pour maintenir son être et pérenniser son existence, le système éco-auto-organisé et organisateur, se ré-pare, se ré-génère, se re-produit, se ré-organise en permanence. Le processus du système est récursif, récursion dans le sens de « transformation diachronique » [Le Moigne, 1999] où le système est à la fois cause et conséquence, produit et producteur de lui-même. L'éco-auto-organisation est également re-organisation : « auto-organisation et éco-organisation, précise Morin, sont chacune à leur manière, mais fondamentalement l'une et l'autre, des RE-organisations » [Morin, 1980, p.333]. L'organisation est éco-auto-re-organisation. L'approche organisationnelle de Morin se tient dans la boucle récursive :



C'est d'elle qu'émerge l'intelligibilité de l'organisation systémique.

Au plan méthodologique (de la modélisation), Le Moigne conçoit cette approche comme « le modèle inforgétique de l'organisation » (tableau 3) dans lequel l'organisa(c)tion est la conjonction récursive de trois sous-systèmes, chacun étant défini par le bouclage récursif de trois fonctions éco-organisationnelles, auto-organisationnelles et re-organisationnelles [Le Moigne 1995 et 1999]. Le premier, le système de Décision, se caractérise par ses fonctions de comprendre, finaliser, et concevoir. Le second, celui d'Information, se distingue par ses fonctions de computer mémoriser, et communiquer. Le dernier, celui d'Opération, se différencie par ses fonctions de produire, maintenir et relier.

β. La modélisation processuelle de l'organisation

Le processement est un changement irréversible de forme, de temps et d'espace tandis qu'un processus est un complexe d'actions reconnaissable par son exercice et son résultat. En tant que système d'actions, l'organisation est un processus que l'on peut représenter dans le référentiel « Espace-Forme⁷, Temps ». On peut donc modéliser une organisation, en articulant, d'une part, les fonctions E et F, de transfert spatial et de transformation morphologique, et d'autre part, la fonction T de transfert temporel (fig. 5). Les processus associés aux fonctions E, F, T sont d'ordre matériel, énergétique et informationnel. Ce sont respectivement les processus de transport et de transmission, de traitement et de computation, de stockage et de mémorisation [Le Moigne, 1990 et 1999].

On appelle processus élémentaire tout processus interne d'une organisation que le concepteur-modélisateur, en fonction de ses finalités, distingue et considère comme une unité. Il est possible différencier trois types de processus élémentaires : les processus de transfert, de transport ou de transmission, les processus de transformation de traitement ou de computation et les processus de stockage, d'emmagasinage ou de mémorisation. Les interrelations entre les processus élémentaires eux-mêmes, entre ceux-ci et le milieu extérieur, définissent la structure organisationnelle du système. Dans un système constitué de N processus élémentaires il y a 2^{N^2} interrelations. Le logarithme (à base 2) de ce nombre définit la variété du système : $V = \log_2(2^{N^2}) = N^2$.

⁷ La forme doit être entendue ici dans son sens général d'organisation identifiée par un acte cognitif de perception.

Fig. 5 Représentation d'un processus dans le référentiel « E-F, T »

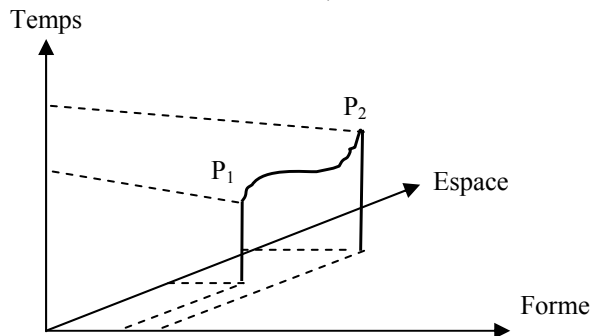
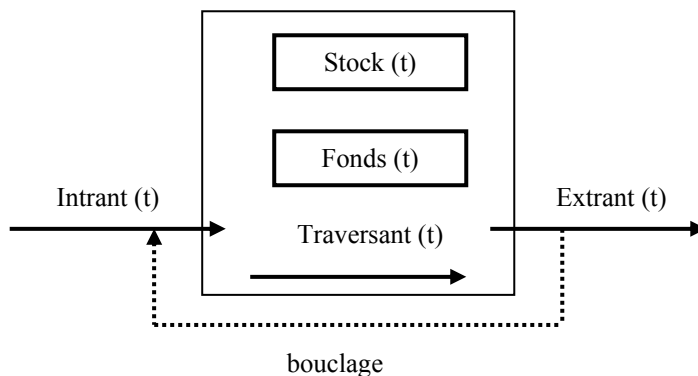


Fig. 6 Caractérisation d'un processus à la période t



Un processus élémentaire est aussi caractérisé par les valeurs de ses composants. Ces derniers sont définis par rapport à l'espace et à la forme et sont fonction de la période considérée par le concepteur-modélisateur.

On peut distinguer trois catégories de composants : les flux, les fonds et les stocks (fig.6). Les éléments de flux correspondent aux quantités d'agents, de substance, de matière, d'énergie et d'information qui, au cours d'un intervalle de temps, rentrent dans le système, participent à des processus élémentaires et en sortent plus ou moins transformés. Les flux peuvent être le fait d'un stockage, d'un déstockage ou de la transformation d'éléments par le processus. Trois sortes de flux sont à considérer : les intrants (input), les extrants (output) et les traversants (throughput). L'intrant provient du système lui-même ou de son environnement, y rentre pour participer au processus ; le traversant désigne un élément en cours d'être traité ; l'extrant revient au système ou en sort pour rejoindre le milieu extérieur. On parle de bouclage (feedback) lorsqu'un processus utilise son propre extrant comme intrant : de recyclage s'il s'agit d'un processus matériel ou énergétique, de rétro-information si c'est un processus informationnel.

Les éléments de fonds représentent les agents qui, au cours de la période considérée, procèdent les intrants en extrants, c'est-à-dire qu'en général, ils utilisent ou agissent sur les flux. Le fonds est un agent d'« efficacité constante » qui, grâce à la maintenance, est capable d'avoir la même fonction. En outre le même fonds peut, au cours d'une période donnée, offrir ses services à plusieurs processus.

Les stocks sont les éléments conservés à l'intérieur du système du début à la fin de la période.

3. L'éthique de la connaissance complexe

La soutenabilité n'est pas une propriété intrinsèque aux systèmes socio-économique et écologique. Le « soutenable » est une qualification subjective, un jugement porté à l'égard de l'épistémè, de l'organisation et du système socio-économiques et écologiques sur la base de règles et principes préalablement définis. Il inclut de fait et nécessite un sujet-juge et un sujet-législateur dont le

comportement est régi par le principe de soutenabilité épistémique. Cependant, la notion de soutenabilité est conçue sur la base de véritables computations sur la société et son environnement. Autrement dit, les réflexions du sujet portent sur un objet et sont porteuses d'un projet scientifique. Au cœur de la connaissance sont liés l'objet, le sujet et le projet.

A. La suprobjectivité de la connaissance scientifique

α. La subjectivité perceptuelle de la connaissance objective

L'observation et l'expérimentation sont des pratiques, des processus de perception, sensoriels et psycho-cérébraux par lesquels le sujet confronte la réalité et compute et qui lui permettent de réaliser son projet de connaissance. Elles mettent en relation le sujet observateur et l'objet observé, le sujet computant et l'objet computé. C'est de cette relation qu'émanent les connaissances empiriques.

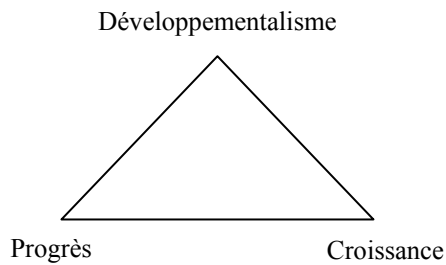
Il s'avère que le cerveau du scientifique n'est pas en communication directe avec le monde extérieur. La connaissance acquise est une traduction de son environnement que les nerfs communiquent au cerveau sous forme d'information, grâce à leurs facultés sensibles telles la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût, le toucher. Dire qu'en économie les connaissances correspondent à ou reflètent le réel socio-économique est un abus de langage, au mieux ne peut être que métaphorique. En réalité, ce sont des traductions de traductions, les traductions de la réalité socio-économique en perceptions, puis les traductions de celles-ci par des symboles ou des concepts dans le langage scientifique, le langage logico-mathématique par exemple.

Korzybski distingue dans le processus cognitif d'abstraction quatre niveaux interactifs : les « niveaux non-verbaux dits silencieux ou indicibles » qui correspondent aux événements observés (niveau I), aux processus nerveux (niveau II) et neuro-cérébraux (niveau III) et les « niveaux verbaux » propres aux réactions linguistiques (niveau IV). Il regrette qu'« en général, les gens, y compris de nombreux scientifiques, négligent complètement les niveaux II et III et réagissent comme s'ils n'avaient pas conscience que IV "n'est pas I" » c'est-à-dire qu'ils ne tiennent pas compte des conditions bio-anthropologiques de la connaissance et confondent les événements et leurs représentations linguistiques [Korzybski, 1998]. Par exemple, une fonction de production n'est pas le reflet d'un processus de production. Un X n'est que le simple représentant symbolique d'une personne, d'une somme de monnaie ou même d'une quantité de biens. Les opérations logiques effectuées avec des symboles mathématiques ne correspondent d'aucune manière au processus économique réel. Car toute correspondance, le fait remarquer Frege [1971] ne met en relation que des termes de même nature, ce qui n'est pas le cas entre une variable ou une relation fonctionnelle et ce qu'elles représentent. « Une carte n'est pas le territoire », [Korzybski, 1998,]. Un concept n'est pas la chose qu'il désigne, un mot ou un modèle ne sont pas les choses qu'ils représentent. De plus, « une carte ne couvre pas tout le territoire ». Un phénomène ne peut être parfaitement définie par un concept et scrupuleusement décrit par un modèle.

A l'inverse des dires de Lefebvre [1969], il n'y a ni connaissance-reflet ni connaissance-correspondance, ni vérité-reflet ni vérité-correspondance. « Nous ne connaissons pas la réalité en soi. La connaissance n'est pas le reflet des choses [ajoutons, ni leur correspondance]. Nous sommes condamnés à ne connaître que les phénomènes, c'est-à-dire la réalité telle qu'elle nous apparaît à travers la perception sensorielle » [Fortin, 2000]. Nous n'en sommes qu'informés ! La connaissance est une construction de l'esprit-cerveau, c'est un « artefact ». Le noumène (Kant), l'essence (Aristote), l'arrière-monde (Nietzsche), s'ils existent, sont hors de notre portée cognitive tant que nous ne faisons pas appel à nos organes cérébraux et sensoriels. Lorsque nous parlons d'objet, de phénomène ou de réel nous faisons référence au perçu. Nous ne connaissons que ce que nous connaissons, toujours par l'expérience sensible et la computation, même aidés par nos instruments exosomatiques, nos instruments de laboratoire, nos instruments de mesure. En effet, il est impossible « de séparer rigoureusement la perception, la vision, l'audition, etc. de la connaissance ; c'est une division qui ne peut être faite, sinon superficiellement, à des niveaux verbaux » [Korzybski, 1998, p.22].

Ce que nous déduisons et induisons par raisonnements logiques restera dans l'ordre des connaissances supposées et des croyances dès lors qu'il échappe à l'expérience ou à l'observation. Nos connaissances de l'objet sont phénoménales ; générées par des processus perceptuels, elles sont les traductions d'une réalité informée et computée, le fruit de l'interrelation sujet-objet. La connaissance

Fig. 7 Le triangle idéologique de la pensée économique traditionnelle



objective est entachée de subjectivité. Même la logique ne peut s'y soustraire car le raisonnement c'est avant tout des interactions neuronales.

La vérité empirico-scientifique est donc conditionnée par les activités psycho-cérébrales et les expériences sensibles du scientifique ; elle est radicalement bio-anthropologique. D'ailleurs, cette vérité est incertaine dans la mesure où le cerveau ne contient aucun dispositif qui lui permettrait de distinguer avec assurance la perception de l'hallucination, l'imaginaire du réel [Morin, 1990].

β. La connaissance scientifique parasité par la sphère socio-culturelle

« Dans le domaine des sciences humaines, le savant lui-même fait partie de ses matériaux et influe inconsciemment sur les données de l'observation » [Foulquié, 1969, p.79]. En effet, le sujet connaissant naît dans et par une société et un milieu culturel qui lui fournissent un langage et des cadres noologiques. En Europe, jusqu'à la fin du XVII^e siècle, le latin et la pensée aristotélicienne de la scolastique demeuraient le vecteur et le corset de la connaissance scientifique. Celle-ci est sujette aux mythes et idéologies qui traversent le corps social. La science économique, par exemple, bien qu'axée sur la rationalité, est essentiellement tributaire du mythe prométhéen du progrès qui co-produit l'idéologie du développement qu'on pourrait appeler le *développementalisme*. Harribey exprime bien les liens entre la culture « occidentale », la religion et la techno-science, le paradigme cosmique (positivisme) sous-jacent, le développement et le progrès ; « [...] tous les messianismes issus de la pensée occidentale, le messianisme marxiste, le messianisme techno-scientifique, ce dernier s'épanouissant à la fois dans le positivisme et le libéralisme se sont renforcés mutuellement pour ériger en finalités le développement et le progrès que l'on peut atteindre grâce à la rationalité » [Harribey, 1997, p.80]. Et le développement et le progrès, à l'instar d'une croyance religieuse promettant le salut [Rist, 2000], seraient porteurs de bonheur éternel. Rostow [1963] assimile l'histoire économique de l'humanité, à la genèse du développement. Il prophétise que toutes les sociétés, grâce à la technique, à l'esprit d'entreprise et des investissements considérables passeront du statut traditionnel à l'« ère de la consommation de masse » et de l'abondance où tous les bienfaits sont possibles. C'est ainsi que l'accroissement des capacités socio-techniques de production reste l'alpha et l'oméga de la plupart des théories économiques. L'économie libérale néoclassique fait de la concurrence, au nom de l'exigence de rationalité y afférente, le moteur incontournable des améliorations technologiques et de la croissance économique. Comme dans toute religion où la fin dernière n'a pas de date définie, la fin de la croissance économique et du développement est renvoyée aux calendes grecques.

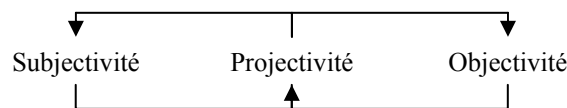
La « décroissance » ou la « croissance zéro », le non-développement et le non-progrès comme perspectives écologiquement soutenables font partie des tabous et des interdits de la pensée économique traditionnelle. Tous les courants de la science économique, marxisme, keynésianisme, libéralisme et leurs dérivés, réfèrent explicitement ou implicitement à la croissance, au progrès ou au développement comme objectifs à atteindre sinon comme processus à poursuivre. Ils constituent le poteau mitan vaudouesque du péristyle de la pensée économique traditionnelle (fig.7). Il est indéniable que la science (économique) est truffée d'idées mythologico-phantasmatiques et de valeurs sociales véhiculées par la culture et tapies sous les strates inconscientes de l'esprit du sujet-chercheur (économiste).

Les déterminants historiques, psychiques et socio-culturels peuvent s'imposer comme normes ou prohibitions et jouer un rôle décisif dans l'acquisition, l'organisation et la finalité des connaissances.

S'il n'en prend pas conscience, le scientifique étudiera les phénomènes socio-économiques par le biais de ses propres grilles socio-culturelles. Constituant elles-mêmes une certaine vision du monde, celles-ci lui feront perdre toute objectivité et sont susceptibles de l'acculer dans le champ de la science-fiction. A telle enseigne, Morin [1991, p.46] note que « l'anthropologie du début de notre [du XX^e] siècle considérait les sociétés archaïques selon les normes d'une rationalité qu'elle croyait universelle et qui était en fait une rationalisation européo-centrique ». Participant à l'organisation des idées et de la pensée, la sphère socio-culturelle contient les ingrédients noologiques nécessaires pour empreindre voire souiller de socio-subjectivité erronée et d'erreurs socio-subjectives les critères de vérité scientifique ; paradigmes, doctrines, mythologies, idéologies, théories gangrènent la noosphère et les langages qui charrient les connaissances. Source d'erreurs et d'illusions, elle expose la connaissance scientifique aux jugements de valeur qui tendent à l'écartier de l'objectivité et qui sont susceptibles de parasiter la relation du sujet connaissant avec l'objet à connaître et de biaiser le projet de compréhension. Et, de ce fait, elle fait peser sur elle une lourde incertitude.

γ. La projectivité de la connaissance et l'interrelation sujet-objet

Il est vrai, « toute connaissance est l'œuvre d'un sujet connaissant et d'un objet à connaître, d'un connaissable ou connu » [Lupasco, 1989, p.192]. En tant qu'œuvre à élaborer et à réaliser, la connaissance scientifique est aussi projet. En effet, elle n'est pas une donnée (immédiate), mais s'inscrit dans la construction, la formulation et la ré-solution de problèmes. Bachelard [1993, p. 14] exprime avec perspicacité ce caractère téléonomique de la connaissance scientifique : « dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent d'eux-mêmes. [...] Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit ». Et ceci, par le sujet ! La projectivité s'emmêle intimement à l'interrelation sujet-objet productrice de connaissance scientifique. Au demeurant, l'intelligibilité de la connaissance repose sur le circuit récursif



« Le sujet produit l'objet. Il le produit parce qu'il le traduit dans son langage propre, qui est celui d'un être bio-anthropologique dont les possibilités et les limites relèvent d'un esprit/cerveau coupé du reste du monde qu'il ne connaît que sous forme de représentations. Il le produit parce qu'il le traduit en mots, idées et concepts qui renvoient toujours à une société (culture) hic et nunc. Il le produit parce qu'ils le traduisent en théories, idéologies, systèmes d'idées à travers un langage, une logique, des paradigmes (noologie) » [Fortin, 2000, p.142].

[...] Inversement l'objet produit le sujet. D'une part parce qu'il est fondement de toute connaissance, c'est-à-dire de la possibilité pour un sujet de connaître quelque chose de la réalité » [Fortin, 2000, p.1] ; « pas de connaissance sans un objet à connaître » [Lefebvre, 1969, p.23], déclare Lefebvre, pas de connaissance non plus sans objet connu. « D'autre part, et conséquemment, parce que cet objet qui est connu n'est pas la chose en soi mais concerne cependant l'objectivité du phénomène, donc produit l'objectivité de la connaissance et par là fonde le sujet connaissant dans son activité de connaître » [Fortin, 2000].

De plus, « dans la pensée scientifique, la méditation de l'objet par le sujet prend toujours la forme de projet » [Bachelard, 1991, p.15]. Connaître est le sens de l'interrelation objet-sujet ; La connaissance est, enfin de compte, projet réalisé, production du processus cognitif. Elle est identifiable et peut être communiquée d'un sujet à un autre.

Le fondement gnoseologique du paradigme chaomique est le caractère suprojectif de la connaissance scientifique : subjectivité, objectivité et projectivité, sont au cœur de tout processus scientifique de cognition.

B. Le sujet scientifique comme être rationnel et conscient

α. L'être computant...

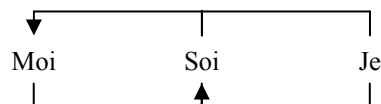
Le sujet est, au premier chef, une organisation vivante, un individu qui est apte à s'auto-analyser, à reconnaître le « Soi » et à le distinguer du « non Soi ». Pour ce faire, il est doté de capacités biologiques de computation, c'est-à-dire de capacités cognitives d'identifier, d'évaluer, de sélectionner, de calculer... ou de traiter des symboles, des données, des formes de manière rationnelle. La computation est une réflexion inconsciente du sujet, inconsciente dans le sens où l'on entend ici par prise de conscience l'acte de réflexion qui génère chez l'être humain le sentiment qu'il a de son existence, de ses actes, de ses pensées. La moindre bactérie compute lorsqu'elle identifie, sélectionne et évalue sa nourriture. Ce faisant, elle effectue une discrimination entre ses propres constituants, le monde du sujet, et son environnement externe, l'univers des objets. De la sorte, elle exprime son ego, son « je » biologique par rapport à son environnement.

L'expression « je » computationnelle établit l'individu-sujet dans son « site égo-centrique » qu'aucun autre ne peut occuper ; d'emblée, le « je » exclut tout autre sujet. Le sujet compute au moins « pour soi » et toujours par soi. La computation est donc auto-égo-finalitaire. De même, le sujet valorise le « soi » par auto-transcendance et y accorde une « priorité ontologique » [Castanedo cité par Morin, 1980, p. 168]. « Il est unique pour lui-même » [Morin, 1980, p.165]. Or par définition l'auto-transcendance renvoie à l'existence de son milieu extérieur. Le « je » ne fait pas seulement référence à soi, il évoque aussi le monde environnant dont il est le centre ; il est à la fois auto-référentiel et exo-référentiel. La computation relève donc d'une logique d'auto-exo-référence.

Par ailleurs, l'individu-sujet est à même de reconnaître autrui dans son égo-centre et de se reconnaître dans un autre égo-centre. Cette inclusion altruistique, sans cesser d'être auto-égo-finalitaire, se réalise, parfois via des symboles (le drapeau, le totem, la croix, le voile...) par assimilation, par identification, de soi à autrui, de l'ego à l'alter et vice versa. Sur la base de ce principe, on peut comprendre le circuit transsubjectif, transindividuel constitutif de la nation, de la tribu, de la communauté où l'ipséité individuelle est omniprésente.

La subjectivité est propre à tout être vivant. En termes de computation, elle est biologique. Elle a une triple particularité : par référence du sujet à soi et à soi-même, elle acquiert une dimension logique ; de par son site auto-égo-centrique, elle est ontologique ; c'est son auto-égo-finalité qui lui confère son caractère éthologique [Morin, 1980].

Le sujet est un être biologique qui se reconnaît dans et par la computation. Le *computo* le caractérise : le « je suis moi » de Morin est une auto-computation. C'est le circuit réflexif

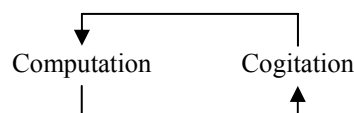


où le Je, le Soi (« suis »), le Moi sont des instances auto-référentielles, non des entités substantielles. Le long de ce circuit, elles se distinguent/s'identifient, se virtualisent/s'actualisent, se subjectivent/s'objectivent de façon récursive ; le Je fait émerger l'ego-centre ; puis le Soi suggère l'objectivité corporelle, autrement dit « produit l'être, l'existence et la qualité du sujet » [Morin, 1980] ; et le Moi, quant à lui, indique l'objectivité du Je et la subjectivité du Soi. Je, Soi, Moi se reconnaissent et se confondent comme des miroirs qui réfléchissent les uns sur les autres. En effet, « le *computo* compute nécessairement ensemble le Je, le Moi, le Soi, c'est-à-dire la corporalité physique du Moi-Je. Le *computo* opère l'unité fondamentale du physique, du biologique, du cognitif » [Morin, 1980, p.190]. L'auto-computation incarne l'unité physico-bio-cognitive du sujet.

Le sujet scientifique est un ordinateur anthropologique. C'est un être humain qui utilise ses fonctions vitales, ses organes sensoriels, ses neurones, son cerveau pour connaître. Outre ses potentialités computatives, il a la faculté de penser, de méditer, de cogiter, c'est-à-dire la possibilité d'agir en vue d'un projet par réflexion consciente. Le sujet scientifique est aussi celui du *cogito*.

β. ... Et l'être cogitant

Revu par Morin dans le cadre de la logique de la complexité, le cogito, le « je pense donc je suis » de Descartes, prend l'allure d'une spirale récurrente dans laquelle le « je pense » s'actualise et se virtualise quand respectivement et conflictuellement le « je suis » se virtualise et s'actualise. Cette récursion traduit « l'auto-communication pensante de soi à soi ». Le sujet s'auto-informe et s'auto-affirme par la méditation auto-référentielle de la computation « je suis moi ». Autrement dit, le cogito est la pensée réflexive du computo. C'est par et dans cette méditation, par et dans la pensée réflexive que la conscience du sujet s'éveille et que ce dernier auto-transcende sa réalité physique. Le cogito produit la conscience d'être et d'existence au-delà de l'organisation biologique. Le cogito correspond bien au métaphysique de l'ego. C'est une qualité propre au sujet conscient qui médite sur sa computation. Computation et cogitation sont deux processus qu'il faut maintenir liés et considérer



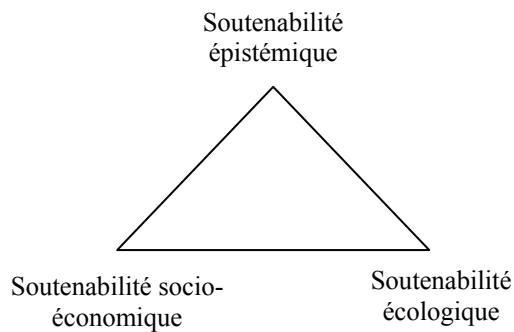
comme les moments de la boucle complexe [Morin, 1986]

Cette conjonction réalise le mariage de la techno-science et de la philosophie qui légitime la soutenabilité épistémique. En effet, *La soutenabilité épistémique exige une science philosophée optant pour la sagesse et une éthique de la connaissance, et une philosophie consciente des avancées scientifiques récusant les réflexions et les spéculations stériles. Le sujet anthropologique, qui soutient tel ou tel paradigme, est à la fois un sujet computant et cogitant. Computant il peut s'actualiser en homme de techno-science et tirer parti de sa qualité d'être rationnel afin d'étudier avec objectivité, appréhender, comprendre et expliquer l'environnement avec lequel il interagit, et mettre en pratique selon ses propres finalités les connaissances qui en découlent. Cogitant, il peut mener des réflexions philosophiques, joindre le rationnel et le raisonnable [Bartoli, 1991 ; Maréchal, 1997], l'efficace et l'équitable [Harribey, 1997], et prendre conscience de l'importance de ses actes et de leurs effets pour orienter sa pensée, ses méditations, ses applications techno-scientifiques et concevoir les transformations socio-économiques souhaitées dans le sens des valeurs éthiques et morales ; il peut se rendre compte de sa subjectivité et dès lors éviter des erreurs de computation qui pourraient en résulter.* « Seul un sujet conscient d'être sujet peut lutter contre sa subjectivité. Seul un sujet conscient d'être sujet peut concevoir son auto-egocentrisme et tenter de se décentrer par l'esprit en s'inscrivant dans un circuit trans-subjectif qui va s'appeler l'amour de la vérité » [Morin, 1980, p.299]. En substance, la soutenabilité (épistémique) conditionne et finalise les activités techno-scientifiques. Elle s'enracine dans « l'ethos subjectif » (Morin) et « l'intentionnalité » (Husserl) du scientifique philosophe et du philosophe scientifique. Elle est basée sur une éthique de la connaissance qui exhorte le scientifique à recourir à la Raison, à la rationalité et à l'efficacité pour atteindre l'objectivité, à l'équité et à la conscience pour donner à sa recherche une issue morale et humanitaire.

4. Réintroduction

Le paradigme cosmique engendre une techno-science sans conscience. Par le réductionnisme simplificateur et le simplisme réducteur qui le définissent, il est idéologisant et inappropriée pour appréhender les phénomènes perçus complexes, indéterminés, multidimensionnels et irréductibles. À l'inverse, le paradigme chaotique se veut critique et autocritique. Les principes de la logique du tiers inclus et le principe systémique sont des portes ouvertes (par la concrétisation systémique) et fermées (par l'abstraction analytique) à l'intelligibilité de la complexité. Ne reniant en rien l'objectivité, disons mieux la phénoménalité scientifique, le principe de soutenabilité épistémique donne un statut moral à la techno-science.

La soutenabilité épistémique admet implicitement que les principes paradigmatiques, par le biais de la pensée scientifique, en l'occurrence des théories économiques, gouverne la conception des actions voire les choix politiques qui en découlent.

Fig. 8 La soutenabilité complexe

Avec la soutenabilité socio-économique qui caractérise la justesse de la répartition des richesses, le respect du mode de vie et la décence des conditions d'existence, avec la soutenabilité écologique qui garantit la durabilité et la reproductibilité intergénérationnelle des nécessités et des processus vitaux, la soutenabilité épistémique appartient aux trois pôles récursivement reliés du macro-concept de soutenabilité (fig.8).

Références bibliographiques

AMSELEK Paul, *Science et déterminisme, éthique et liberté : essai sur une fausse antinomie*, Presses Universitaires de France, Questions, Paris, 1988, 164p.

ANTONIO Fiordaliso, *Systèmes flous et prévision de séries temporelles*, Hermès, Paris, 1999, 284p.

BACHELARD Gaston, *Le nouvel esprit scientifique* (4^e éd.), Presses Universitaires de France, Quadrige, Paris, 1991, 185p.

— *La formation de l'esprit scientifique : contribution à une psychanalyse de la connaissance objective* (8^e éd.), Librairie Philosophique J. Vrin, Paris, 1972, 257p.

— *La philosophie du non : essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique* (3^e édition), Presses Universitaires de France, Quadrige, Paris, 1988, 147p.

BARREAU Hervé, « Idéalisme des modèles, réalisme des systèmes », in TINLAND Franck (dir.), *Systèmes naturels, systèmes artificiels*, Champ Vallon, milieux, Seyssel, 1991, p. 113-122.

— *L'épistémologie* (2^e éd.), Presses Universitaires de France, Que sais-je ?, n° 1475, Paris, 1992, 127p.

BARTOLI Henri, *L'économie multidimensionnelle*, Economica, Paris, 1991, 527p.

BERTALANFFY Ludwig, *Théorie générale des systèmes*, Dunod, Paris, 1993, 308p.

BLAUG Marc, *La méthodologie économique* (2^e éd.), Economica, Paris, 1994, 285p.

BOUCHON-MEUNIER Bernadette, *La logique floue* (3^e éd.), PUF, Que sais-je ?, n°2702, Paris, 1999, 128p.

BRETON Philippe, « Normes sociales, rationalité, technique et système naturel », in TINLAND Franck (dir.), *Systèmes naturels, systèmes artificiels*, Champ Vallon, milieux, Seyssel, 1991, p. 204-211.

CHEVALLEY Catherine, « Une nouvelle science », in ASPECT Alain et al., *Le monde quantique*, Seuil, Points/Sciences, n° S46, Paris, 1984, p. 33-50.

CHRISTIN Ivan, *Théorie des structures et des systèmes économiques*, Dalloz, Paris, 1973, 154p.

COUFFIGNAL Louis, *La cybernétique* (4^e éd.), PUF, Que sais-je ? n° 638, Paris, 1972.

COUTY Philippe, « Peut-on perfectionner les théories du développements ? », *Cahiers ORSTOM, Sciences Humaines*, vol. 12, 3, 1975, p. 213-220.

DELORME Robert, « Théorie de la complexité et institutions en économie », Colloque : *Organisations et institutions : règles coordinations, évolution*, Amiens, mai 2000.

DESCARTES René, *Discours de la méthode* suivi de *Les passions de l'âme*, Bookking International, Paris, 1995, 253p.

— *Règles pour la direction de l'esprit*, Librairie philosophique J. Vrin, Paris, 1996a, 150p.

— « Les principes de la philosophie », Librairie philosophique J. Vrin, Paris, 1996b, 362p ; in *Oeuvres de Descartes : Méditations et principes* (t. IX).

DUPLAN Yves J.J., « La soutenabilité : vers la bioéconomie », *Document de travail*, n°61, Centre d'Economie du Développement, Université Montesquieu Bordeaux IV, 2004, 32p.

DURAND Daniel, *La systémique* (8^e éd.), PUF, Que sais-je ?, n° 1795, Paris, 1979, 128p.

FORTIN Robin, *Comprendre la complexité : introduction à la méthode d'Edgar Morin*, L'Harmattan, Logiques Sociales, Paris, 2000, 206p.

FRANCK Robert (dir.), *Faut-il chercher aux causes une raison ? : l'explication causale dans les sciences humaines*, J. Vrin, Paris, 1994.

FREGE Gottlob, *Ecrits logiques et philosophiques*, Seuil, L'ordre philosophique, Paris, 1971, 237p.

FOULQUIÉ Paul, *La dialectique* (7^e éd.), Presses Universitaires de France, Que sais-je ?, n° 363, 1969, 128p.

GACÔGNE Louis, *Éléments de logique floue*, Hermès, Paris, 1997, 253p.

GARBER Daniel, *La physique métaphysique de Descartes*, Presses Universitaires de France, Paris, 1999, 485p.

GEORGESCU-ROEGEN Nicholas, *La science économique : ses problèmes et ses difficultés*, Dunod, Association Cournot, n°9, Paris, 1970, 300p.

— *The Entropy Law and the Economy Process*, Harvard University Press, Cambridge (Massachusetts), 1971, 457p.

GEX Maurice, *La logique formelle* (3^e éd.), Le Griffon, Neuchâtel, 1956, 207p.

GUINIER André, « Les états de la matière. L'ordre et le désordre » COLLONGUES Robert, *La matière aujourd'hui*, in COLLONGUES Robert et al., *La matière aujourd'hui*, Seuil, Points/Sciences, n° S24, 1981, p. 139-151.

GUTSATZ Michel, « Loi et Causalité », in STENGERS Isabelle (dir.), *D'une science à l'autre : des concepts nomades*, Seuil, Paris, 1987, p. 28-33.

HALBWACHS Francis, « Causalité linéaire et causalité circulaire en physique », in BUNGE Mario *Les théories de la causalité*, Presses Universitaires France, Paris, 1971, p.39-111.

HARRIBEY Jean-Marie, *L'Economie économe : Le développement soutenable par la réduction du temps de travail*, L'Harmattan, Paris, 1997, 298p.

HONORE Lionel, *L'économie est-elle une science ?*, Flammarion, Dominos, 1997, 127p.

JEVONS W. Stanley, *The Principles of Science* (2^e éd.), London, Macmillan, 1905.

— *La théorie de l'économie politique*, V. Giard et E. Brière, Paris, 1909, XXIII+384p.

KORZYBSKI Alfred, *Une carte n'est pas le territoire : prolégomènes aux systèmes non-aristotéliens et à la sémantique générale*, Éditions de l'Éclat, Paris, 1998, 186p.

KOYRÉ Alexandre, *Introduction à la lecture de Platon suivi de Entretien sur Descartes*, Gallimard, Paris, 1991, 229p.

KUHN S. Thomas, *La structure des révolutions scientifiques*, 1970,

LABORIT Henri, *La nouvelle grille*, Robert Laffont, Folio/Essais, n° 27, 1974, 346p.

LAPORTE Jean, *Le rationalisme de Descartes* (4^e éd.), Presses Universitaires France, Paris, 2000, XX+508p.

LARGEAULT Jean, *La logique*, Presses Universitaires France, Que sais-je ?, n°225, Paris, 1993, 128p.

LE BLOND J. M., « *Logique et méthode chez Aristote : étude sur la recherche des principes dans la physique aristotélienne* (2nd éd.), Librairie Philosophique J. Vrin, 1970, 454p.

LEFEBVRE Henri, *Logique formelle, logique dialectique*, Anthropos, Paris 1969, LIII+291p.

LE MOIGNE JEAN-LOUIS, « Qu'est-ce qu'un modèle ? », dans *Les modèles expérimentaux et la clinique*, AMRP, 1985, <http://www.mcxapc.org/ateliers/10/lemoign2.pdf>.

— *La théorie du système général : théorie de la modélisation* (3^e éd.), Presses Universitaires de France, 1977, Paris, 330p.

— *Le constructivisme : des fondements* (t.1), ESF, Communications et complexité, Paris, 1994, 252p.

— *Le constructivisme : des épistémologies* (t.1), ESF, Communications et complexité, Paris, 1995, 315p.

— *Les épistémologies constructivistes* (2^e éd.), PUF, Que sais-je ?, n° 2969, Paris, 1999, 127p.

— *La modélisation des systèmes complexes*, Dunod, Paris, 1999, 178p.

— « « ... voir la nature avec les yeux de l'art » : les nouvelles sciences de l'artificiel et le renouvellement épistémologique des sciences de la nature », in TINLAND Franck (dir.), *Systèmes naturels, systèmes artificiels*, Champ Vallon, milieux, Seyssel, 1991, p. 123-139.

— « Pourquoi je suis un constructiviste non repentant », 2002, <http://www.mcxapc.org/ateliers/10/lemoign3.pdf>.

- LEPELTIER Thomas, « Les physiciens et l'énigme de la réalité », *Sciences Humaines*, n° 16, juillet 2001, p.16-20.
- LESOURNE Jacques, *Economie de l'ordre et du désordre*, Economica, Paris, 1991, 215p.
- LUPASCO Stéphane, *L'Expérience microphysique et la Pensée humaine*, Du Rocher, l'Esprit et la Matière, 1989, 1989, 249p.
- LYOTARD Jean-François, *La phénoménologie* (13^e éd.), PUF, Que sais-je ?, n° 625, 1999, 128p.
- MARCH James G. et SIMON Herbert A., *Les organisations : problèmes psychologiques*, Dunod, Paris, 1999 XVII+254p.
- MARÉCHAL Jean-Paul, *Le rationnel et le raisonnable : l'économie, l'emploi et l'environnement*, Presses Universitaires de Rennes, Des Sociétés, Rennes, 1997, 181p.
- *Humaniser l'économie*, Desclée de Brouwer, Sociologie Économique, Paris, 2000, 224p.
- MELESE Jacques, *Approches systémiques des organisations : vers l'entreprise à complexité humaine*, Les Editions d'Organisation, 1992, 157p.
- MEYER François, « Systèmes naturels et systèmes artificiels du point de vue évolutif », in TINLAND Franck (dir.) *Systèmes naturels, systèmes artificiels*, Champ Vallon, milieux, Seyssel, 1991, p. 97-108.
- SAY Jean-Baptiste, *Cours d'économie politique et autres essais*, Flammarion, Paris, 1996, 450p.
- MIROWSKI Philip, *Plus de chaleur que lumière : l'économie comme physique sociale, la physique comme économie de la nature*, Economica, Paris, 2001, 525p ; trad. de : *More Heat than Light, Economics as Social Physics, Physics as Nature's Economics*, par BRIOZZO Florence, BARREAU Pierre et MAURIN Bernard.
- MORIN Edgar, *La méthode* (t. 1) : *la nature de la nature*, Seuil, Points/Essais, Paris, 1977, 399p.
- *La méthode* (t. 2) : *la vie de la vie*, Seuil, Points/Essais, n° 175, Paris, 1980, 482p.
- *La méthode* (t. 3) : *la connaissance de la connaissance*, Seuil, Points, n° 175, Paris, 1986, 245p.
- *Introduction à la pensée complexe*, ESF, Paris, 1990, 158p.
- *La méthode* (t. 4) : *les Idées. Leur habitat, leur vie, leurs mœurs, leur organisation*, Seuil, Points, n° 175, Paris, 1991, 261p.
- *La méthode* (t. 5) : *l'humanité de l'humanité, l'identité humaine*, Seuil, Paris, 2001, 295p.
- « *Computo ergo sum* », 2002, <http://www.revue-chimeres.org/pdf/08chi06.pdf>.
- et LE MOIGNE Jean-Louis, *L'intelligence de la complexité*, L'Harmattan, Cognition et Formation, Paris, 1999, 332p.
- PARETO Vilfredo, *Manuel d'économie politique*, Librairie Droz, Genève, 1966, 695p.
- PASCAL Blaise, *Pensées*, Mercure de France, 1976, 543p.
- PASSET René, *L'économie et le vivant* (2^e éd.), Economica, Paris, 1996, 291p.
- PAULRÉ Bernard, *La causalité en économie : signification et portée de la modélisation structurelle*, Presses Universitaires de Lyon, Lyon, 1985, 440p.

PERROUX, François, *Unités actives et mathématiques nouvelles : révision de la théorie de l'équilibre économique général*, Dunod, Finance et Economie Appliquée, vol. 50, Paris, 1975, 274p.

PETTY William, *The Economic Writings*, Cambridge University Press, Cambridge, 1899.

PIAGET Jean, *Le structuralisme (11^e éd.)*, PUF, *Que sais-je ?*, n°1311, Paris, 1996, 128p.

PEPELARD Marie-Dominique et VERNANT Denis, *Éléments de logique*, Seuil, Mémo/Philosophie, n° 101 Paris, 1998, 93p.

RIST Gilbert, *Le développement : histoire d'une croyance occidentale (2^e éd.)*, Presses de Sciences Po, Paris, 2001, 443p.

ROBINET André, *Descartes*, J. Vrin, Paris, 1999, 448p.

ROSNAY Joël de, *Le microscope : vers une vision globale*, Seuil, Points, n° 80, Paris, 1975, 351p.

— *L'homme symbiotique*, Seuil, Paris, 1995, 350p.

ROSTOW Walt W., *Les étapes de la croissance économique : un manifeste non communiste*, Economica, Paris, 1997, trad. de *The stages of the economic growth : a non-communist manifesto*, par DE LAVERGNE Philippe.

RUSSELL Bertrand, *L'analyse de la matière*, Payot, Paris, 1965, 313p. ; trad. de *Analysis of Matter*, G. Allen & Unwin, London, par DEVAUX Philippe.

— *La méthode scientifique en philosophie*, Petite Bibliothèque, n°423, Paris, 2002, 293p.

SIMON Herbert A., *La science des systèmes, science de l'artificiel*, Epi, Paris, 1974 ; trad. de : *The Sciences of the Artificial (2^e éd.)*, par LE MOIGNE Jean-Louis, M.I.T Press, 1969.

STENGERS Isabelle, « La complexité, une mode et/ou un besoin » (Conférence prononcée à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, mars 1987), in SALOMON Jean-Jacques et REEVES Hubert, *Du cosmos à l'homme : comprendre la complexité*, L'Harmattan, Paris, 1990, p. 77-115.

WALRAS Léon, *Éléments d'économie politique pure ou théorie de la richesse sociale*, Economica, Paris, 1988.

WEISSKOPF Victor, *La révolution des quanta*, Hachette, Questions de Science, n° 3, Paris, 1989, 97p.

WIENER Norbert, *Cybernétique et société : l'usage humain des êtres humains*, Union Générale d'Éditions, 1971, 509p.

WUNENBURGER Jean-Jacques, *La raison contradictoire, science et philosophie moderne : la pensée du complexe*, Albin Michel, Paris, 1990, 285p.

YAKIRA Elhanan, *La causalité : de Galilée à Kant*, Presses Universitaires de France, Paris, 1994, 123p.