# La théorie du système général

## Théorie de la modélisation

JEAN-LOUIS LE MOIGNE

COLLECTION
*LES CLASSIQUES DU RESEAU*
*INTELLIGENCE DE LA COMPLEXITE*
www.mcxapc.org

## *Collection* Les CLASSIQUES DU RESEAU INTELLIGENCE DE LA COMPLEXITE

*www.mcxapc.org* - *mcxapc@mcxapc.org*

La collection '**Les Classiques du Réseau Intelligence de la Complexité'** (IC-MCX-APC) publie, sous forme digitalisée, des ouvrages devenus des 'classiques' du domaine du Réseau, désormais épuisés dans leur présentation éditoriale imprimée et dont les éditeurs initiaux ne peuvent ou ne veulent plus assurer la réédition.

Les facilités techniques de l'édition électronique permettent en effet au Réseau IC de faciliter l'accès aisé et librement ouvert à ces ouvrages désormais quasi introuvables.

Sur le site du Réseau IC, ces ouvrages sont et seront, avec l'accord de leurs auteurs, libres de tous droits de consultation et duplication 'pour l'usage privé du copiste', ceci sous la réserve usuelle de la mention explicite de la référence à la présente édition électronique (en particulier dans le cas de citations brèves dans d'autres publications).

Toute personne ou institution souhaitant reproduire ou traduire puis dupliquer tout ou partie de ces ouvrages à fin de diffusion publique ou commerciale, devra auparavant obtenir l'accord de l'auteur ou de ses ayants droit. Le Secrétariat du Réseau (géré par l'association AE-MCX) transmettra les demandes après s'être assuré de l'identité du correspondant.

Les ouvrages de la Collection IC sont 'déposés' et archivés dans la Bibliothèque du RIC.

***

Si le présent ouvrage '*La théorie du système général, théorie de la modélisation*' (1977-1994) est le premier à être explicitement attaché à la collection des ***Classiques du RIC*** (en 2006), il faut souligner que deux autres ouvrages y étaient déjà enregistrés… par anticipation :

- en 2000, '*Le concept de Système Politique*' de J.L. Vullierme, 'archivé' pour et par le REDS sur son site à la MSH-Paris : Nous la remercions ici à nouveau pour son concours nous permettant d'installer le lien ad hoc sur la bibliothèque du RIC ;

- en 2004, '*Le discours de la méthode des études de notre temps*' de GB. Vico (1708) présenté et traduit par Alain Pons.

# la théorie du système général

## *théorie de la modélisation*

***Publication de l'édition 1994. Nouvelle présentation, 2006***

Jean-Louis LE MOIGNE
Professeur émérite
Université Paul Cézanne - Aix Marseille
Ingénieur E. C. P.

---

**Collection *Les CLASSIQUES***
***DU RESEAU INTELLIGENCE DE LA COMPLEXITE***
*mcxapc@mcxapc.org*

---

## PROPOS LIMINAIRE
## POUR CETTE NOUVELLE ÉDITION

La réédition de ce livre sous le format dit 'e-book' dans la Collection des CLASSIQUES DU RÉSEAU INTELLIGENCE DE LA COMPLEXITÉ est faite en 2006 à partir de la dernière version publiée sous format imprimé en 1994 (la 'quatrième édition', la première ayant été publiée en 1977) et épuisée depuis 1999.

L'éditeur initial de cet ouvrage ne souhaitant pas procéder à une nouvelle réédition (que je lui proposais d'actualiser) et m'en ayant 'rendu les droits', il devenait légitime de le mettre à la disposition de la Collection des 'Classiques du RIC'. On peut ainsi faciliter un accès public, ouvert et relativement aisé à ce traité qui est en effet devenu en trente ans un 'classique de la systémique', ou mieux, de 'la modélisation systémique'. (Le sous-titre '*théorie de la modélisation*' fut délibéré dès l'origine, en 1976-77).

La légitime règle du jeu de la collection des 'Classiques du RIC' est de restituer les ouvrages dans leur forme initiale, sans dissimuler aux lecteurs que ces textes furent écrits et publiés dans des contextes différents de ceux qu'ils pourront mieux connaître dans les prochaines années. Il est alors loyal de ne pas modifier subrepticement tel ou tel paragraphe que l'auteur n'écrirait peut-être pas tout à fait dans les mêmes termes 15 ou 30 ans plus tard. C'est donc une copie digitalisée 'à l'identique' de la quatrième édition (1994), pratiquement sans modification, dont disposeront les lecteurs. On a seulement modifié légèrement le texte du bref *avant-propos* de la première édition qui, rédigé en 1977, avait été repris intégralement dans la quatrième édition. La *postface* rédigée pour cette dernière édition de 1994 a en revanche été maintenue. Elle visait, malaisément parfois, à actualiser l'avant-propos de 1977 en mentionnant les références aux publications des années 1980-1990 qui avaient été introduites dans les éditions successives de l'ouvrage ; disposition qui a permis en particulier de sauvegarder l'index important (environ 1200 entrées) que l'on avait établi.

Ce bref propos liminaire, rédigé en 2006 et publié en complément introductif (de façon à ne pas modifier la pagination pour l'index), fait de cette nouvelle publication de la 'quatrième édition' une 'cinquième édition' très légèrement augmentée. Elle me donne la possibilité de souligner quelques arguments qui, à l'expérience de multiples échanges au fil des trente dernières années, m'ont paru devoir être utilement soulignés.

***

- **Science des systèmes, science de la complexité, science d'ingénierie ?** Depuis l'émergence simultanée en 1947-48 des sciences de la communication et de la commande (N. Wiener, C. Shannon), de la computation (A. Turing), des organisations sociales (H.A. Simon) et de la complexité (W. Weaver), nos institutions scientifiques sont toujours embarrassées pour désigner les nombreuses 'nouvelles sciences' formées à partir de ces 'cellules souches', disciplines construites sur l'examen de projets conceptuels et non plus sur l'étude d'objets naturels.

En les tenant pour des disciplines scientifiques comme les autres (avec leurs facultés, leurs traités et leurs diplômes spécifiques), on pouvait se laisser bercer par l'illusion qu'elles pouvaient se soumettre aux mêmes procédures d'évaluation dites 'scientifiquement objectives', alors que cela s'avère manifestement quasi impossible puisqu'un projet, artefact formé par un humain dans un contexte donné, ne peut avoir le statut 'objectif' d'un objet naturel a priori indépendant de l'humain qui l'observe. On pouvait dissimuler pragmatiquement la difficulté en regroupant les unes et les autres dans la catégorie des disciplines scientifiques, mais on ne disposait pas d'instance d'arbitrage stable pour désigner d'un nom universellement accepté chacune de ces nouvelles disciplines. J'ai pour ma part buté souvent sur cette difficulté dans bien des échanges tant académiques que professionnels. Si j'ai été initialement à l'aise avec l'expression 'La science des systèmes' qui se formait à partir de 1970 en englobant la cybernétique, j'ai dû assez vite reconnaître qu'il fallait parfois parler plutôt des sciences des systèmes au pluriel, puis des sciences de la complexité, des sciences de l'artificiel, des sciences d'ingénierie, des sciences de conception, des sciences des systèmes complexes… Chaque variante introduisant des éclairages a priori pertinents et s'avérant pragmatiquement adéquate pour contourner telle ou telle résistance académique.

Ambiguïté somme toute tolérable en principe, tant que chacun ne cherche pas à monopoliser un label pour établir sa propre niche académique en la protégeant des intrus (ce que tentent parfois de faire, par exemple, les chercheurs en mathématiques de la dynamique des systèmes non linéaires, en baptisant 'science des systèmes' leur pré carré tenu par eux pour 'fondamental').

Ambiguïté féconde puisqu'elle permit d'institutionnaliser et de légitimer l'enseignement de connaissances 'inter' puis 'trans' disciplinaires, dès lors que cette 'cellule souche' proposait une sorte de langage commun, celui de la systémique. Langage qui pouvait être emprunté par chacune sans empiéter sur le territoire d'une autre. Ceci, bien sûr, au prix de bien des difficultés de communications, tant la tolérance à l'ambiguïté est souvent tenue aujourd'hui pour une vertu honteuse. Mais aussi bruyante soit-elle,

une communication effective est préférable à une absence totale de communication.

Ambiguïté féconde aussi, et peut-être surtout, puisqu'elle oblige peu à peu chaque discipline, ancienne ou nouvelle, à s'interroger sur les modes d'évaluation et de légitimation des connaissances qu'elle produit et enseigne ; autrement dit, selon le mot de J. Piaget, à s'exercer à sa propre *'critique épistémologique interne'*…

- **Systémique et épistémologie.** Je fus, dès la rédaction de '*La théorie du système général, théorie de la modélisation'*, attentif à cette nécessaire probité intellectuelle requise par l'exercice : Comment légitimer culturellement et scientifiquement la théorie que l'on veut établir et enseigner ? Je comprenais aisément que les références académiques institutionnelles affichées à l'époque, celle des divers cartésiano-positivismes, ne permettaient pas de garantir le sérieux scientifique du propos.

Je comprenais aussi que je pouvais 'faire comme si', en m'abritant sous des arguments d'autorité incontestée. N. Wiener, qui avait vu la difficulté dès 1943, s'était ainsi abrité sous sa réputation de mathématicien alors illustre lorsque les épistémologues positivistes lui cherchaient querelle. A défaut d'un abri, je pouvais chercher des arguments déjà bien réfléchis par des chercheurs ayant déjà témoigné de leur exigence épistémique. Quête qui me conduisit vite à explorer les œuvres épistémiques (alors tenues pour marginales ou déviantes) des trois chercheurs que je regroupais, pour faire image, sous le label du '*triangle d'or PSM'*, pour J. Piaget, H.A. Simon et E. Morin que j'eus la chance de rencontrer au fil des années 70.

Ces explorations m'amenèrent à me lancer peu à peu dans une tentative d'explicitation et de reformulation du paradigme des épistémologies constructivistes, qui prit la forme d'un gros article publié en 1979 et intitulé précisément *'Systémique et épistémologie'*. Le terreau dans lequel pouvait se former la critique épistémique interne de *'La théorie du système général, théorie de la modélisation'* (ou TSG-TM) prenait consistance : La reformulation contemporaine des épistémologies constructivistes pouvait alors se développer légitimement, certes sans s'enfermer dans une chapelle systémique, mais en contribuant dans l'immédiat au déploiement et à l'opérationnalisation de la modélisation systémique.

- **De l'analyse (ou de l'approche) des systèmes à la modélisation systémique.** J'avais été, dès le début de la rédaction de la TSG-TM, incité à cet effort de critique épistémique par le malaise que je ressentais en travaillant les premiers 'classiques' publiés aux USA à partir de 1967-68 sous le titre de '*General Systems Theory'* ou *GST* (L. von Bertalanffy), ou de '*Systems Approach*' (C. Churchman), ou de '*Systems Analysis*' (J. Van Court Hare), de

*'System Theory'* (L. Zadeh), de *'System Dynamics'* (J. Forrester) ou de '*Management System*' (C. Schoderbeck).

D'une part, on y postulait implicitement que '*les systèmes étaient dans la nature*' ('*Systems everywhere*' assurait L. von Bertalanffy), autrement dit des objets objectivement identifiables ; d'autre part, qu'ils étaient tous intégralement réductibles, analysables '*en autant de parcelles qu'il se pourrait'*. Comment dès lors appréhender tant l'irréductible complexité que le caractère fonctionnel (ou inter-actionniste) et contextualisant du phénomène considéré ?

Je comprenais que l'enjeu était précisément de parvenir à modéliser intelligiblement des processus sans d'abord les réduire en éléments 'objectifs' présumés stables et définitivement irréductibles. Quel bénéfice pouvait-il y avoir à appeler système un ensemble fini d'éléments recensés et en interactions stables et connues ? La théorie mathématique des ensembles et, par son entremise, la modélisation cartésiano-analytique, permettaient fort bien de faire cela depuis longtemps et on n'avait nul besoin de l'appeler 'GST' pour se rassurer.

Le concept de 'Système (en) Général' avait précisément été forgé pour faciliter les appréhensions, voire les compréhensions, de processus ouverts plutôt que d'objets fermés. Nul postulat d'existence a priori (ou de rejet a priori) de systèmes dans la nature (nature des chose ou nature humaine), mais un projet d'entendement lucide : Se représenter le phénomène considéré comme et par un système en général. Ceci en tirant parti de l'experience modélisatrice accumulée depuis les rhéteurs de la Grèce antique ('*l'inventio*' rhétorique) jusqu'au '*Traité des systèmes'* de Condillac[1]. En acceptant cette formulation réfléchie et argumentée du projet d'une 'science des systèmes', on peut le légitimer et assurer son argumentation : La science des systèmes s'entend comme la science de la modélisation systémique.

Projet moins orgueilleusement ambitieux que celui d'une explication universelle de l'univers connaissable ! Mais projet pragmatiquement fort plausible, argumentable, enseignable et épistémologiquement assuré, restituant au modélisateur la responsabilité de ses choix éthiques sans les imposer comme *'très vrais et très certains'* comme le voudraient les référents épistémologiques cartésiano-positivistes usuels. Le redéploiement du paradigme des épistémologies constructivistes créait les conditions de cette légitimation du primat de la modélisation ouverte sur l'explication fermée.

Mais il fallait alors ne pas se laisser enfermer dans les contraintes a priori de la modélisation analytique qui s'était, croyait-elle, anoblie en se qualifiant exclusivement de modélisation mathématique (laquelle privilégie presque toujours la simplification

---

[1] Voir l'article *'Système'* du '*Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences*', PUF, 1999, p.901

formelle, fût-ce aux dépens de l'intelligibilité fonctionnelle). En campant le concept de modélisation systémique (et son instrumentation par la '*systémographie*'), on ouvre l'éventail des ressources du modélisateur qui n'est plus tenu au seul et exclusif usage de l'analyse.

Je n'anticipais pas, j'en conviens, la subreptice pression épistémique des significations anciennes des concepts sur leur usage actuel, mais je sais maintenant que, là aussi, on ne met pas impunément *'le vin nouveau dans les vieilles outres'*. A l'insu de leurs utilisateurs, très souvent 'de bonne volonté scientifique', l'usage des concepts 'analyse de système', 'approche système, 'application de la théorie des systèmes', les a conduits presque toujours à s'exercer à une modélisation analytique qui n'avait de systémique que le nom. Ceci faute d'accoutumance à ces exercices de critique épistémique interne qui devraient être familiers à toute activité de type scientifique et technique. Il n'est pourtant pas difficile de se demander d'abord '*Qu'est-ce que cela fait, dans quoi, pour quoi, devenant quoi ?'* plutôt que de se demander d'abord '*De quoi c'est fait ?'*

Les procès de laxisme que les scientistes 'durs' font à la systémique[2] ont souvent pour origine cet effet pervers dans l'usage subreptice du mot 'analyse (ou approche) système' pour désigner la représentation téléologique d'un phénomène perçu complexe par des systèmes de symboles (discursifs et graphiques aussi bien que mathématiques ou chimiques). Usage favorisé par la trop fréquente inculture épistémique des modélisateurs et des auteurs de traités d'analyse ou de théorie des systèmes, qu'ils soient enseignants, consultants ou praticiens.

- **L'enracinement des épistémologies constructivistes dans les cultures contemporaines.** En lisant '*L'introduction à la méthode de Léonard de Vinci'* que P. Valéry écrivait en 1894, j'avais aisément pris conscience de l'intelligence réfléchie et de la puissance modélisatrice du '*disegno*' léonardien (Le '*dessin à dessein*'[3], la modélisation donc). Léonard de Vinci (mort en 1519) ne disposait pas du *Discours de la Méthode* (1637) pour entreprendre l'œuvre scientifique exceptionnelle que l'on connaît depuis l'édition de ses '*Carnets'*.

Avant que ne s'institutionnalise en Europe la convention des épistémologies cartésiano-positivistes (succédant aux conventions scholastico-théologiques), il était possible d'enrichir et de légitimer les ressources de l'entendement humain par d'autres voies. On pouvait donc désacraliser cette convention sans pour autant la sataniser. Il importe seulement de rappeler loyalement la

---

[2] On se souvient de J. Monod dans '*Le hasard et la nécessité'* (1970) : '*Une vague théorie générale des systèmes de Bertalanffy*', p.94.

[3] Voir J. Ciaravino « *Un art paradoxal. La notion de DISEGNO en Italie (XVème-XVIème siècle »), 2004 ;* http://www.mcxapc.org/cahier.php?a=display&ID=642

convention épistémique de référence pouvant légitimer ou non, dans le contexte, les connaissances (produits ou processus) formées et enseignées.

Une formule de P. Valéry éclaire ici cette réflexion à laquelle m'avait conduit la restauration de la modélisation systémique dans nos cultures : *« On a toujours cherché des explications quand c'était des représentations qu'on pouvait seulement essayer d'inventer*[4] *»*. C'est en me posant la question des 'comment' de la modélisation des phénomènes perçus complexes avant que la science ne dispose du discours cartésien définissant 'la modélisation analytique' que je m'intéressais alors aux étonnants '*Carnets'* de Léonard (progressivement redécouverts, publiés et traduits depuis 200 ans).

Alors qu'au début des années quatre-vingts, je progressais dans mes lectures des *Carnets* de Léonard de Vinci et des *Cahiers* de Paul Valéry, je découvris la traduction française (par A. Pons en 1981) du '*Discours sur la méthode des études de notre temps*'[5]de GB. Vico, publié en 1708 : Comment avions-nous pu ignorer si longtemps cette discussion critique très soigneusement argumentée du discours cartésien ? Nous disposions d'un 'autre Discours pour bien conduire sa raison', présenté de façon pédagogique (initialement aux étudiants de l'Université de Naples), discours alternatif formé dans le même creuset culturel que celui du discours cartésien, celui des cultures gréco-latines auxquelles on accédait en Europe au XVII$^{ème}$ siècle. Mais au lieu de restreindre l'usage de la raison au seul usage de la Syllogistique parfaite, comme le voulaient les quatre préceptes du Discours Cartésien, le Discours Vicéen en appelait plus aux Topiques et à la Rhétorique

Un des exégètes récents de GB. Vico, D. Luglio (2003), caractérise heureusement la méthode des études selon Vico en l'appelant *'la méthode topico-critique'*, alternative bien construite à la cartésienne '*méthode analytico-syllogistique'* : Alors que cette dernière privilégie presque exclusivement l'analyse, cette faculté de l'esprit humain qui est de cerner pour diviser et séparer, la première privilégie 'cette étrange faculté de l'esprit qui est de discerner pour relier et conjoindre' que Cicéron appelait *l'Ingenium* (ingegno en italien, ingenio en espagnol), mot qu'il faut franciser puisque la langue française n'avait pas formé d'équivalent.

Ainsi *'l'Introduction à la Méthode'* de P. Valéry, puis ses '*Cahiers*' (1894-1944), nous conduisant à explorer le *'Disegno* Léonardien' et *'l'Ingegno* Vicéen', nous permettent aujourd'hui de reconnaître dans nos cultures de solides enracinements pour entendre la modélisation systémique ('*La Poiëtique'* disait P. Valéry) et pour

---

[4] P. Valéry, *Cahiers*, 1933, p. 837.

[5] L'édition de cette traduction-présentation, épuisée depuis longtemps, a pu être reprise, grâce au concours d'A. Pons, dans la collection des '*Classiques du RIC*' sur le site du Réseau MCX-APC : http://www.mcxapc.org/docs/conseilscient/0511vico_pons.pdf. A. Pons a notamment publié depuis, aux éditions Fayard (2001), une exceptionnelle traduction du 'grand œuvre' de GB. Vico, '*La Science Nouvelle*' (1744).

nous y exercer. Ce lien (et ce liant) a priori insolite (et qu'ignorent encore bien des traités d'épistémologie et de méthodologie) entre Vinci, Vico et Valéry ('*les Trois V. du Constructivisme*[6]') peut nous servir de repère familier lorsque nous craignons de succomber aux sirènes des derniers gadgets méthodologiques à la mode (épistémologiquement peu ou mal argumentés), tant en analyse de système (et autres systémologies) qu'en informatique.

Certes, il y a bien d'autres racines d'où montent les sèves de nos cultures épistémiques. J'ai mentionné succinctement 'les trois V' à seule fin de témoigner de cette diversité, et parce qu'elles ont plus particulièrement irrigué mes propres réflexions. De Francis Bacon, baron de Verulam (1626), à N. Hanson ('*Patterns of Discovery*', 1958) ou Y. Barel ('*Le Paradoxe et le Système*', 1979), tant d'expériences se sont transformées pour nous en science avec conscience.

- **La méthodologie appelle et est appelée par l'épistémologie, qui appelle et est appelée par l'éthique, qui…** Si l'on avait interrogé les fichiers des grandes bibliothèques scientifiques internationales sur le thème des méthodes d'études des systèmes complexes vers 1975, je présume que l'on aurait recensé un petit millier d'entrées bibliographiques. Trente ans plus tard, un appel sur le Web – via un moteur de recherche – nous propose plus de 350 millions d'entrées dont plusieurs centaines de centres de recherches universitaires et presque autant de revues spécialisées[7]. Foisonnement fort significatif et au demeurant encourageant quant à la capacité d'adaptation d'institutions souvent tenues pour conservatrices. Si on limite l'examen à ces 'notables', on est certes impressionné par cette vitalité, mais on s'interroge vite : la plupart des études se présentent sous la forme de créations et d'applications de 'méthodes de résolution de problèmes' présumés déjà posés ou susceptibles de se poser. Méthodes de plus en plus informatisées ou informatisables qui laissent souvent encore[8] à la charge des 'utilisateurs' la tâche de formulation de leur problème dans des termes compatibles avec le langage informatique dans lequel les méthodes peuvent s'appliquer.

Souvent décrites en termes mathématiques et algorithmiques, (dynamique des systèmes non linéaires, etc.), ces méthodes se diversifient de mille façons, en s'aidant des ressources de la simulation informatique (réseaux neuronaux, etc.) ou des 'raisonnements qualitatifs' ('*qualitative reasoning*', '*case based reasoning*', etc.). Il est

---

[6] '*Les épistémologies constructivistes*', PUF, 'Que-sais-je ?' n°2969, p.53

[7] En langue française, le score reste honorable, mais descend à 16 millions.

[8] Souvent mais pas toujours, comme en témoignent les études de M. Roux-Rouquié et al. et de J. Tisseau et al. sur les formalismes de métamodélisation et de virtualisation informatique, publiées sur les pages de l'Atelier 'Modélisation Systémique des Fonctions Biologiques' du site MCX-APC : http://www.mcxapc.org/atelier.php?a=display&ID=30#documents

manifeste qu'en se développant, elles suscitent de nouvelles explorations, de nouveaux questionnements, et suggèrent des renouvellements progressifs de leur propre problématique.

Mais dans la plupart des cas, on est surpris par la légèreté de la critique épistémique interne pouvant légitimer le bon usage de ces méthodes. Et lorsqu'on cherche à identifier ces bases conceptuelles, on rencontre sans surprise celles que nous livrent fort bien les mathématiques ensemblistes et probabilistes que l'on peut aujourd'hui appeler classiques. Le concept de système complexe est ici un substitut élégant pour dire 'très grand système hyper compliqué, identifiable et dénombrable'. Mais le procédé n'est-il pas trompeur et, d'une certaine façon, dissuasif ?

La parabole de l'ivrogne cherchant la nuit sa clé sous le réverbère, moins par conviction de l'avoir perdue là que parce que c'est le seul endroit où il fait clair, permet de souligner l'enjeu : On développe des méthodologies de résolution peu ou pas contextualisées, sans s'attacher à expliciter les fins que ces méthodes sont censées servir. Et on oublie souvent de se doter de la capacité critique pouvant orienter une interprétation intelligente et téléologique de leur utilisation.

Dans le même temps, on ne consacre que peu ou pas d'effort aux développements de méthodes critiques de 'formulation de problèmes'. Ceci parce que l'on craint (à juste titre) de ne disposer pour ce faire que de méthodes heuristiques, tâtonnantes et formellement peu 'élégantes' pour 'traiter' ces problèmes de formulation de problèmes dont l'énoncé même évoluera au fil de la recherche. On sait que le développement de telles méthodes fut rarement gratifiant au regard des académies.

Or ce sont précisément ces méthodes de modélisation (et de méta-modélisation) qu'il importe aujourd'hui de développer à nouveau lorsqu'on veut aborder l'examen de systèmes complexes, quels que soient les domaines considérés. Cette prise de conscience est sans doute encore trop lente dans nos institutions d'enseignement, mais elle semble s'accélérer depuis quelques années, assure-t-on, sous la pression des 'sociétés civiles' de plus en plus attentives à leurs responsabilités dans les domaines de leurs politiques scientifiques. On citera ici quelques lignes d'une sorte de 'manifeste' publié par le CNRS Français en 2002 sous le titre '*Construire une politique scientifique*[9] :

---

[9] Extraits du « Projet d'établissement du CNRS - Février 2002 ». Ce document officiel a été publié sous ce titre par le CNRS français. Il est public et aisément disponible, in extenso sur le site du CNRS/Réflexions stratégiques : http://www.cnrs.fr/Strategie/DocPDF/projetetab.pdf. Ces quelques lignes sont extraites de l'introduction de ce dossier. On les retrouve, introduites par le Président du CNRS, Gérard Mégie, dans un ouvrage collectif dirigé par François Kourilsky, intitulé *'Un nouvel esprit scientifique, Ingénierie de l'interdisciplinarité'*, publié en 2003 dans la collection Ingenium, Ed. L'Harmattan.

*'… Il faut développer de nouveaux instruments de pensée, permettant de saisir des phénomènes de rétroaction, des logiques récursives, des situations d'autonomie relative. Il s'agit là d'un véritable défi pour la connaissance, aussi bien sur le plan empirique que sur le plan théorique. Dans le domaine des sciences mathématiques, physiques, chimiques ou biologiques, … [cela] passe précisément par un changement conceptuel du niveau de description pour révéler l'émergence de nouvelles propriétés. En sciences humaines et sociales, la notion de complexité devient opératoire si elle permet de sortir du mythe positiviste selon lequel « l'explication » d'un phénomène impose d'en traiter en « éliminant le contexte ».*

*S'attacher à la complexité, c'est introduire une certaine manière de traiter le réel et définir un rapport particulier à l'objet, rapport qui vaut dans chaque domaine de la science, de la cosmologie à la biologie des molécules, de l'informatique à la sociologie.*

*C'est reconnaître que la modélisation se construit comme un point de vue pris sur le réel, à partir duquel un travail de mise en ordre, partiel et continuellement remaniable, peut être mis en œuvre. Dans cette perspective, l'exploration de la complexité se présente comme le projet de maintenir ouverte en permanence, dans le travail d'explication scientifique lui-même, la reconnaissance de la dimension de l'imprédictibilité. …'*

Le 'Projet stratégique 2002 du CNRS' concluait cette réflexion constructive sur l'attention à la légitimation épistémologique de toute recherche scientifique par le rappel de '*l'impératif de renforcer systématiquement … une pratique collective de l'autoréflexivité scientifique. Celle-ci ne se résume pas à la réflexion épistémologique que requiert, en tout état de cause, l'activité de recherche'*.

Proposition qui invite 'les sociétés civiles' à s'exercer à une réflexion éthique sur les connaissances scientifiques, au lieu d'abandonner aux seuls scientifiques la responsabilité d'une réflexion de la science sur l'éthique[10]. C'est une réflexion sur les enjeux éthiques des méthodologies scientifiques enseignables que nous devons aujourd'hui contribuer à développer, exercice qui appelle une permanente capacité critique épistémologique.

*Développer de nouveaux instruments de pensée,… et reconnaître que la modélisation se construit comme un point de vue pris sur le réel*, point de vue sur le réel et non plus description objective et syllogistiquement analysable du réel ! De telles attitudes appellent l'intelligence du lien qui associe en permanence méthodologie, épistémologie et éthique, sans jamais les dissocier comme la science positive nous avait accoutumés à le faire : Aux scientifiques, la méthodologie ; aux philosophes, l'épistémologie ; et l'éthique aux 'comités d'éthique' !

---

[10] Comme semble le revendiquer J.P. Changeux dans un article intitulé '*Ne pas exclure la science d'une réflexion sur la morale'* (Le Monde, 2 février 2005, p. 23), formule à laquelle il faudrait ajouter dialogiquement : '*Et ne pas exclure la morale d'une réflexion sur la science'*.

Une des contributions les plus précieuses des développements contemporains à la restauration de la modélisation systémique est, je crois, de nous montrer fort pragmatiquement que l'on peut développer des méthodologies de modélisation pertinentes épistémologiquement légitimées et explicitant leurs enjeux éthiques sous-jacents. A '*l'heuristique mimétique de la peur*[11]' qui fonde l'éthique de la responsabilité individuelle, nous pouvons substituer '*l'heuristique de l'intelligence poïétique'* qui fonde l'éthique de la responsabilité solidarisante.

- **Modéliser et Raisonner en assumant les irréversibilités et récursivités des systèmes complexes.** Si la modélisation a été pendant deux siècles le parent pauvre de la production et de l'enseignement des connaissances scientifiques, ce fut sans doute parce qu'on la réduisait à la seule modélisation analytique que l'on tenait pour simple ('*Yaka diviser en autant de parcelles qu'il se pourra*') et aussi indigne d'un statut scientifique que difficile à évaluer objectivement : La même copie d'examen était tour à tour qualifiée de bonne ou de mauvaise analyse, selon les correcteurs ! Alors que le traitement rationnel du modèle analytiquement formé était considéré comme une activité scientifique noble (au point que 'l'Analyse' fut longtemps considérée comme la discipline reine des mathématiques).

Lorsque H.A. Simon écrivit 'Modéliser est ni plus ni moins logique que raisonner' ('*Modeling is neither more nor less than Reasoning*[12]'), il parut dire à voix haute que 'lé roi était nu', tant le propos avait été comme occulté dans la culture scientifique du siècle précédent. Il importait manifestement de le rappeler comme il importait de rappeler, en cette même année 1989, que *'la modélisation est le principal outil dont nous disposons pour étudier le comportement des grands systèmes complexes*' : H.A. Simon rappelait alors en conclusion que l'important était d'expliciter les 'points de vue' que retenait le modélisateur, et de ne pas hésiter à modéliser les '*aspects ainsi retenus en s'aidant de symboles, de mots, de schémas et de dessins quand cela s'avérait plus adéquat que par des formules numériques*[13]'.

Interprétation de la modélisation fondée sur l'expérience des études des comportements des systèmes complexes dont les principales caractéristiques avaient été synthétisées par E. Morin dès les premiers tomes de *'La Méthode*' (1977-1980) et la première édition de *'Science avec conscience*' (1981) : Irréversibilité et Récursivité. Les deux caractéristiques que précisément la

---

[11] On reconnaît le concept repris par H. Jonas dans 'Le Principe Responsabilité' (1979, traduction 1990).

[12] H.A. Simon & C. Kaplan, in '*Foundations of cognitive science*', MIT Press, 1989, p. 19.

[13] H. Simon, '*Prediction and prescription in systems modeling*', ORSA, 1990, 38, 7-14 Repris dans '*Models of Bounded Rationality-III'*, 1997, MIT Press, p. 115-128.

modélisation analytique ne permettait pas d'appréhender sans simplifications souvent abusives.

Elle ignore en particulier la prise en compte des processus récursifs en jeu dans les interactions 'moyens-fins-moyens-…' que les modélisateurs rencontrent si souvent dans leurs activités. En revanche, souligne d'emblée M. Mugur Schachter, *'la pensée "systémique" met en évidence l'importance décisive, pour tout être ainsi que pour ces méta-êtres que sont les organisations sociales, des modélisations pragmatiques… Les buts…, qu'on place dans le futur mais qui façonnent les actions présentes,… rétroagissent sur l'action au fur et à mesure que celle-ci en rapproche ou en éloigne, cependant que l'action, en se développant, modifie les buts…*[14]'

- **La Téléologie science critique**. Ces lignes mettent bien en valeur le caractère pragmatique autant qu'épistémo-critique de la modélisation systémique. Elles incitent aussi à souligner, plus que je ne peux le faire ici, les développements qu'elle demande à '*la Téléologie, science critique*', s'entendant comme l'étude des processus cognitifs et computationnels de 'finalisation' (la transformation permanente des 'points de vue' du modélisateur) par rapport auxquels s'élaborent et s'interprètent les comportements des systèmes.

Conception Kantienne de la téléologie moins simpliste que celle d'une science proposant de décider une fois pour toutes de la (ou des) fin(s) (ou du but ou du '*steady state*' final) d'un système, déterminée de façon apparemment exogène par une religion ou par un mythe (tel que le mythe positiviste du progrès). Certes, '*la raison par elle-même est instrumentale'* et ne peut ni calculer le 'bon but final' ni même arbitrer les conflits entre des buts finaux. Mais elle peut modéliser les processus cognitifs et affectifs par lesquels se sont formés, pas à pas, les 'buts intermédiaires' auxquels se réfère l'élaboration raisonnée du prochain pas[15].

Cette discussion nous conduira à l'étude des raisonnements que l'on pourrait qualifier de récursifs et à ré-élargir le champ de nos conceptions classiques (rationalité linéaire déductive) du 'bon usage de la rationalité' : les pragmatistes américains avaient dégagé le '*principe d'action intelligente*' (ou de 'raison délibérante') que l'on doit tenir pour au moins aussi rigoureux (pas plus mais pas moins) que '*le principe de raison suffisante*' (et son dérivé, le principe de moindre action) pour expliciter cette '*ouverture de l'éventail de la rationalité*'. Si '*nous ne raisonnons que sur des modèles*', ne devons-nous

---

[14] M. Mugur-Schächter '*Les Leçons de la mécanique quantique : vers une épistémologie formalisée' in* Revue *Le Débat*, n°94, mars-avril, 1997, Texte disponible à http://www.mcxapc.org/docs/conseilscient/mms1.pdf

[15] Le chapitre '*Rationality and Teleology*' de '*Reason in Human Affairs*' de H. Simon (1983) et surtout la troisième partie de *l'Ethique* d'Edgar Morin (*La Méthode T 6, 2004*), intitulée '*Auto-Ethique*' (qui développe un chapitre de '*Mes démons*', 1994), sont ici des 'sources vives' précieuses, ne réduisant pas la téléologie à la morale.

pas nous attacher à identifier aussi les raisonnements par lesquels nous élaborons ces modèles ?

Ainsi s'enrichit l'ancestrale sagesse de 'sens commun' qui distingue sans disjoindre les capacités humaines à modéliser et à raisonner récursivement : Le raisonnement transforme de façon téléologico-critique le modèle sur lequel il s'exerce, et le modèle ainsi transformé transforme de façon téléologico-critique le raisonnement qui l'a formé.

Que la modélisation systémique appelle sans honte les raisonnements heuristiques sans se contraindre exclusivement à des formalismes algorithmiques, cela semblera-t-il manquer de sens commun ? D'autant plus que bien des algorithmes ingénieusement mis en œuvre, constitueront souvent des réservoirs d'heuristiques ingénieuses dés lors qu'elles s'assumeront comme telles, en particulier dans leurs usages en simulations prospectives plutôt qu'en explications prédictives.

Convenons que, dans l'immédiat, nous sommes plus en quête encore d'heuristiques de modélisation contextualisante, épistémiquement critiquées, que de traitements algorithmiques de modèles déjà faits. C'est cette conviction qui m'incite à 'remettre en service public' cette édition de '*La Théorie du Système Général, théorie de la Modélisation*' (que complémente toujours l'édition de '*La Modélisation des systèmes complexes*', régulièrement réimprimée[16]).

- '**Dans une fureur sacrée de *comprendre pour faire* et de *faire pour comprendre* qui passe toute philosophie'**[17]. Cette formule provocante exprime de façon si imagée la passion qui depuis cinquante ans me fait courir, que je m'autorise à la reprendre ici en guise de point d'orgue à ce propos liminaire : Paul Valéry l'écrivait en 1939 pour nous faire partager le sentiment que lui valaient ses lectures sans cesse renouvelées des *Carnets de Léonard de Vinci*. Cette ambition de ne jamais séparer le désir de comprendre et le plaisir de faire qui animent, je crois, toute vie humaine, je la vis si intensément depuis un demi-siècle qu'elle fut en quelque sorte l'inspiratrice du projet de ce livre : il me fallait 'comprendre' et légitimer ce qui m'incitait à ne pas réduire systématiquement les représentations à des 'analyses' (ainsi qu'on me l'avait enseigné). Pour le 'comprendre', il me fallait 'faire' et pratiquer, dans l'action organisationnelle, ces représentations contextualisantes et intelligibles sur lesquelles je puisse raisonner pour agir.

---

[16] Editions Dunod, 1999-2003.

[17] P. Valéry in '*Vues*', (éditions La Table Ronde, 1948, p. 228), reprenant le texte d'un article de P. Valéry, publié le 13 mai 1939 et consacré à la présentation d'une réédition de '*The Literary Works of Leonardo da Vinci*' de J.P. Richter. Cet article est intitulé '*L'œuvre écrite de Léonard de Vinci*'.

C'est en découvrant la formule de Vico (1710) définissant l'ingenium *'… L'ingenium a été donné aux humains pour comprendre c'est-à-dire pour faire*[18]*'* que se forma de façon réfléchie ce lien essentiel entre l'experience de Léonard de Vinci (1519) et la méditation de Paul Valéry sur cette expérience (1894-1939). Ce que je ressentais et n'osais alors affirmer, puisqu'en effet cela '*passait toute philosophie*' (ou du moins les philosophies qu'on m'enseignait dans mes jeunes années), me devenait d'autant plus légitime qu'il appartenait à ce '*sens commun propre au genre humain',* se formant dans l'aventure *de l'humanité formant des sociétés.*

Les œuvres des 'trois V du constructivisme' (Vinci, Vico, Valéry) *passant* - sans passer outre - *toute philosophie*, ne nous invitent-elles pas à relier sans cesse 'pragmatiké' (Faire) et 'épistémè' (Comprendre) pour mieux nous inciter à exercer notre *intelligence de la complexité*, autrement dit prendre conscience des enjeux éthiques de nos actes ?

Aix en Provence, Septembre 2006

---

[18] G Vico '*De l'antique sagesse de l'Italie*', (1710) Traduction de J Michelet (1835), et présentation de B Pinchard, Ed. GF-Flammarion, 1993, p.136.

# LA THEORIE DU SYSTEME GENERAL
# THEORIE DE LA MODELISATION

## Remerciements

pour les éditions successives

*La règle du jeu de la Collection des 'Classiques du Réseau Intelligence de la Complexité' est de reproduire aussi à l'identique que possible la dernière édition imprimée devenant ainsi un 'Classique'. Il importait en outre ici de conserver la pagination initiale de l'ouvrage pour sauvegarder l'index établi initialement.*

*J'ai donc pris le parti de reproduire en préliminaire les remerciements rédigés pour la première édition (1977) et pour les trois éditions suivantes (1983, 1990, 1994). Chacune d'elle est bien sûr bien incomplète à mes yeux. Cette incomplétude pèse plus encore sur cette 'cinquième édition' qui n'est nouvelles que par les quelques pages liminaires qu'on vient de lire. : Entre 1994 et 2006, si nombreux furent les échanges et les lectures qui ont enrichi ma réflexion. Nombre d'entre ces rencontres seront aisées à reconnaître : Elles ont suscité bien des contributions directes et indirectes animant la veille collective qui s'exprime sur le site du Réseau Intelligence de la Complexité, MCX-APC. Le lecteur pensif les identifiera au gré de ses navigations dans ses pages.*

### Remerciements pour la première édition

Le grand Descartes, on le relira dans ce livre, recommandait expressément à qui voulait bien conduire sa raison, de « faire partout des dénombrements si entiers et des revues si générales qu'il fusse assuré de ne rien omettre ». À l'heure où l'on voudrait, avec probité et gratitude, dire à chacun ce que la raison nous inspire, je découvre à nouveau l'extrême vanité du quatrième précepte. La liste de ceux qui peuvent et doivent revendiquer quelque paternité de ce livre est inachevable, chaque nom en suscitant d'autres dans la joie toujours renouvelée de l'échange dans la différence. Acceptons alors l'artifice des agrégats pour aider le lecteur à reconnaître au détour des pages la. famille intellectuelle, voire l'institution contingente qui a contribué au dessin de ce livre.

À commencer, bien sûr, par celui des quelque cinq cents auteurs que j'ai sollicités au long de bien des veilles, amorçant souvent une amitié intérieure qu'il leur faudra ignorer. La bibliographie me donne le loisir de citer nommément quelque deux cents d'entre eux. Elle ne suffit pas à m'acquitter de ma dette de gratitude. La cohorte des chercheurs et des enseignants, tant français qu'étrangers, qui ont su, souvent avec patience et amitié, m'encourager et me provoquer sera hélas plus anonyme. Il me faut me borner à évoquer de bien stimulantes rencontres dans l'Université, et plus particulièrement au sein d'un petit groupe devenu le « Groupe de Recherche sur l'Adaptation, la Systémique et la Complexité Économique » des Universités d'Aix Marseille, associé au CNRS, auprès de plusieurs équipes du CNRS, au sein diverses institutions et sociétés scientifiques françaises et internationales, aussi bien que dans les organisations, entreprises et associations où j'ai la chance de rencontrer bien des hommes d'action qui deviennent des amis. La part d'amis et de collègues étrangers rencontrés aux USA ou au Québec, à Barcelone ou à Milan, est d'autant plus importante qu'elle fut souvent très enrichissante.

Le lecteur devine-t-il assez le rôle décisif de ceux souvent nombreux qui par leur zèle exemplaire permettent à m livre de devenir un objet ? L'auteur sait le merci qu'il doit aux secrétaires et aux techniciens de l'édition et de l'impression qui ont réalisé l'objet.

Que Maguy, Jean-François, Rémy et Marie-Pierre trouvent ici le merci du cœur : ils participent si intensément à l'environnement et aux finalités de ce livre.

*Mars 1977,Le Repère, Aix-en-Provence*

## *Remerciements pour les éditions suivantes*

Tant de rencontres, tant d'échanges, tant de correspondances, tant de lectures et tant de découvertes au fil de la vie de ce livre depuis 1977. Tant d'amitiés aussi, chaleureuses et critiques, enthousiastes et inquiètes, proches et lointaines, tant de rencontres, tant de conversations, tant d'échanges épistolaires si volontiers planétaires, par lesquels j'ai pu partager des moments de l 'émerveillante et exigeante aventure de la connaissance.

Puisse chacun entendre mon merci sincère sans qu'il me faille dés-entrelacer tant de fils qui tissent ce livre en permanente transformation sous le regard de ses lecteurs, qui participent souvent par le jeu de leur attention, à ses successives « éditions complétées ».

Lecteurs qui devineront peut-être ma gratitude exceptionnelle à l'égard de trois des plus grands penseurs contemporains qui eurent assez de force et de culture pour oser, ouvrant ainsi la voie de l'interdisciplinarité et des sciences de la complexité dans laquelle nous pouvons aujourd'hui progresser : Jean Piaget, Herbert A. Simon et Edgar Morin (mon « Triangle d'Or ») ;

Ces rencontres au fil des quarante dernières années forment le plexus en permanente transformation dans et par lequel « *en marchant se construit le chemin* ». Le beau vers d'A. Machado ne suggère-t-il pas l'image de ce livre devenant à vingt cinq ans un 'classique' : celle du sillage sur la mer par lequel le marin reconnaît sa progression ?

*Mars 1983, mars 1990, mars 1994, mars 2004*

*Le Repère, Aix-en-Provence p*

**Septembre 2006.** Que les plus exemplaires des 'lecteurs pensifs' que j'aie eu le privilège de rencontrer, André Demailly et Marie José Avenier, trouvent ici l'expression de ma joyeuse gratitude. Leur capacité d'attention, 'topico-critique', m'est aujourd'hui encore si stimulante.

# SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....1

Introduction .....5

**PREMIERE PARTIE**

*LE PARADIGME SYSTÉMIQUE*

CHAPITRE I. — **« Discours de la méthode » : l'ancien et le nouveau** .....27

1. La faillite du discours cartésien .....27

Les « Mess », ou la faillite de l'intelligence ?, 27 – Un changement de « méthode » ?, 28 – Rationalité n'est pas seulement cartésianisme, 29 – L'imprécision des buts de la méthode : bien conduire sa raison ?, 31 – D'autres méthodes... pour bien conduire sa raison, 32.

2. Les quatre préceptes du nouveau discours.....33

Sur le précepte d'Évidence, 33 – Sur le précepte réductionniste, 33 – Sur le précepte causaliste, 36 – Rationalité : causalité et symbolique, 39 – Sur le précepte d'exhaustivité, 40 – Les quatre préceptes du nouveau discours de la méthode, 42.

*Relecture*.....44

CHAPITRE 2. — **Le paradigme systémique : concevoir l'objet Système Général**..... .....46

1. À chaque discours, son paradigme..... .....46

Le paradigme de la mécanique rationnelle, 47 – Le paradigme de la mécanique statistique, 48 – La première épistémologie non cartésienne, 50 – Le paradigme structuraliste, 50 – Le paradigme cybernétique, 53.

2. Du paradigme à la théorie du Système Général.....55

Le paradigme systémique, 55 – Les deux théories du système (la théorie générale et la théorie de la modélisation), 59 – La description de l'objet Système Général, 60.

3. Le plan de la Théorie du Système Général .....63

La définition est une triangulation, 61 – Les descriptions du Système Général : sa théorie, 65 – Sur la validation de la théorie, 68 – Sur l'utilité de la théorie, 69.

*Relecture* .....70

CHAPITRE 3. — **La systémographie et les systèmes de représentation** .....71

1. Représentation et connaissance .....71

Connaissance : concevoir le modèle au lieu d'analyser l'objet, 72 – De l'explication à l'interprétation, 73 – Les systèmes ne sont pas dans la nature, 74.

2. La systémographie, mode de représentation.....75

Le lien profond entre forme et fonction, 75 –Correspondances : iso, homo, poly… morphisme, 76 – Photographie et systémographie, 78 – Le mode d'emploi du systémographe (l'analyse de système), 80 – Objectifs et niveaux de résolution en systémographie, 81.

3. Les systèmes de représentation.....82

La conception du SR, 82 – L'utilisation du SR, 84.

*Relecture*.....86

**DEUXIÈME PARTIE**

## *LE SYSTÈME GÉNÉRAL MODÈLE DE L'OBJET ACTIF*

CHAPITRE 4. — **L'environnement tapissé de processus temporels**.....89

1. La décomposition triadique de toute fonction .....89

Accorder la suprématie au temps, 89 – Le référentiel Temps-Espace-Forme, 90.

2. La boîte noire, ou mieux, l'engin noir .....92

Le Système Général : dans les processus, 92 – La règle de la boîte noire, 93 – Le système fermé, cas limite, 94

3. La dualité flux-champ.....96

Les processus : flux et champ, 96 – Système et événement : transactions et catastrophes, 97 – Les typologies usuelles des processus, 98.

*Relecture*.....101

CHAPITRE 5. — **Le Système Général : réseau borné de processeurs élémentaires** .....102

1. Une collection de « mécanos » .....102

La dialectique processus-processeur, 102 – Une collection de processeurs élémentaires, 103 – Les trois types de processeurs élémentaires : T, E, F, 104 – La caractérisation des processeurs, 106 – Les réseaux de processeurs élémentaires, 107.

2. Réseaux d'interrelations .....108

L'interrelation entre..., 108 – L'interrelation est neutre, 110.

3. Graphes et matrices des réseaux .....112

La matrice des connexions, 112 – La matrice structurale du processus, 114 – Le Système Général : un réseau borné dans un environnement, 114.

4. Arborescences et retromettances .....117

Relations arborescentes et retromettantes, 117 – Complication et complexité, 119 – Les relations poolantes et stabilisantes, 119.

5. La modélisation par les réseaux ..... 120

Réseau et temporalité. L'exemple de la « dynamique industrielle », 120 – La représentation des cycles par des réseaux, 121 – Les processeurs d'amplification, 122.

*Relecture* ..... 123

CHAPITRE 6. — **Le projet du Système Général : une intervention finalisante dans un environnement** ..... 126

1. Des « points d'articulation naturels » ..... 126

Séparabilité et articulations naturelles, 126 – Frontières, finalités et interprétations génétiques, 127.

2. Une articulation en neuf niveaux ..... 128

*Le premier niveau* : l'objet passif et sans nécessité, 129 – *Le deuxième niveau* : l'objet actif, 130 – *Le troisième niveau* : l'objet actif et régulé, 131 – *Le quatrième niveau* : l'objet s'informe, 132 – *Le cinquième niveau* : l'objet décide de son activité, 133 (l'objet a donc quelques projets), 135 – *Le sixième niveau* : l'objet actif a une mémoire, 137 – *Le septième niveau* : l'objet actif se coordonne, 140 – *Le huitième niveau* : l'objet actif imagine, donc s'auto-organise, 144 – *Le neuvième niveau* : l'objet actif s'auto-finalise, 146.

*Relecture* ..... 148

**TROISIÈME PARTIE**

## *LE SYSTÈME GÉNÉRAL MODÈLE DE L'OBJET STRUCTURÉ*

CHAPITRE 7. — **Le programme du Système Général : la trajectoire de l'objet** ..... 153

1. Le Système Général : dans quel état ? ..... 153

La dialectique du variant et de l'invariant, 153 – La notion d'état du système, 154 – L'état défini par la relation S(*t*), 155.

2. L'état ? : par quel programme ? ..... 158

Le programme : un calendrier des transitions entre états, 158 – Le programme : une trajectoire paramétrée, 159 – Le programme : une équation d'état, 160 – L'équation d'état, mémoire du système, 162.

3. L'état : une structure relationnelle « S » ..... 163

États maintenables, observables, gouvernables, 163 – Un exemple familier, 163 – Des structures S à la structure totale, 165.

*Relecture* ..... 165

CHAPITRE 8. — **L'organisation du Système Général : la mémoire de l'objet** ..... 168

1. Organisation égale structure plus programmes mémorisés ..... 168

L'organisation, propriété du Système Général, 168 – La conjonction structure-programme, 169 – Mémoire et organisation sont indissociables, 170 – La mémoire, propriété du Système Général, 170 – La mémorisation de la bande-programme, 171.

2. L'organisation du système de pilotage ..... 172

Organisation et communication d'informations, 172 Retour sur l'identification des processeurs, 173 – La re-modélisation du réseau des processeurs décisionnels, 174 – Le schéma de référence de Thomson-Truden, 176 – Le modèle du système hiérarchisé à niveaux décisionnels multiples, 177 – Le système de mémorisation un fait nouveau en modélisation, 180 – Le codage entraîne la mémorisation, 181.

3. Organiser des projets plutôt que des structures ..... 182

Le système de pilotage centré en pool sur le système de mémorisation, 182 – La modélisation spécifique du système de finalisation, 183 – Piloter des projets, et non des structures, 184 – La TSG, théorie de l'organisation des systèmes, 185.

*Relecture* ..... 186

CHAPITRE 9. — **L'équilibration du Système Général : régulation et adaptation de l'objet** ..... 194

1. Du « contrôle » à l'équilibration ..... 194

L'équilibration : histoire de la stabilité, 194 – L'objet a des qualités observables de stabilité, 195 – Deux paliers de régulation, 195.

2. Un référentiel de l'équilibration : morphostases et morphogenèses ..... 197

*Phase 1* : la régulation, 198. (Généralité de la régulation, Relativité du primat de la rétromettance.)
*Phase 2* : l'adaptation par programme, 201. (Adaptation par découplage : de l'intérêt des arborescences ; l'adaptation par apprentissage ; régulation et adaptation sont des morphostases).
*Phase 3* : l'adaptation structurelle, 204. (Les structures aussi varient ; variables de structures et systèmes de maintenance.)
*Phase 4* : de la morphostase à la morphogenèse, 208. (La stabilité s'interprète par rapport aux finalités ; la performance : distance par rapport à la stabilité finale ; la variété, richesse de la structure.)

*Relecture* ..... 212

## QUATRIÈME PARTIE

## *LE SYSTÈME GÉNÉRAL MODÈLE DE L'OBJET EN ÉVOLUTION*

CHAPITRE 10 — **La dynamique du Système Général : la chronique de la fonction d'état** ..... 217

1. Cinématique et dynamique du Système Général ..... 217

Le référentiel de la fonction d'état, 218.

2. La fonction d'état d'un système fermé ..... 219

La prévision de la fonction d'état par réduction, 220 Les deux aspects opposés de l'évolution, 220 – L'équi-répartition : l'entropie maximale, 221 – L'entropie « la seule variable qui tienne compte de la structure cachée des systèmes », 222 – Entropie et variété : deux mesures duales de la fonction d'état, 223.

3. Ouvrir les systèmes : prévision par extension de l'évolution .. 224

La fonction d'entropie étendue de Prigogine, 225 – Le premier principe de prévision par extension : Schrödinger, 226 – Le deuxième principe de prévision par extension : Von Foerster, 226 – Fonction d'état et catastrophes morphologiques, 231 – Évolution finalisée et finalisante, 231.

*Relecture* ..... 232

CHAPITRE 11. — **La dualité différenciation-coordination du Système Général** ..... 237

1. Les deux principes de l'évolution structurelle ..... 237

L'obsession de la coordination et le manifeste différencialiste, 238 – « L'union différencie », 239.

2. La différenciation : la blastula devenant gastrula ..... 240

La différenciation : réponse téléologique aux perturbations de l'environnement, 241 – L'identification de la différenciation par celle des frontières, 242 – La méthode du gonflement de la membrane, 243.

3. La coordination et le syndrome de l'intégrationite ..... 244

La coordination : par programme ou par réseau, 244 – La coordination par absorption de variété, 246 – La coordination différenciatrice par « arboformance », 247 – Coordination par arboformance et différenciation par rétroformance, 249.

4. L'évolution : un saut dans le référentiel « différenciation-intégration » ..... 249

Stratégies de l'évolution : les trois modifications possibles de la variété, 251 – La pression complexité-incertitude de l'environnement, 252 – Évolution et mémoire, 252.

*Relecture* ..... 253

CHAPITRE 12. — **L'évolution créatrice... de l'organisation systémique** ..... 255

1. La dialectique de l'évolution : logique ou créatrice ? ..... 255

Système froid ou compliqué, chaud ou complexe, 256 – La reproduction : remarquable outil de modélisation, 258 – Les trois évolutions archétypales, 259 – L'ontogenèse récapitule la phylogenèse, 260.

2. Une valeur critique du niveau de complexité ..... 261

Le temps est invention..., 262 – En toute connaissance de notre ignorance..., 263 – Fonction téléologique et champ de finalisation, 264 – Reculer, encore, les limites de la théorie, 265.

*Relecture* ..... 266

**Conclusion** ..... 269

POSTFACE POUR LA QUATRIEME EDITION ..... 273

ANNEXES :

Annexe 1 : *Quelques typologies intéressantes*, 281 – Annexe 2 : *Quelques exercices pédagogiques*, 285 – Annexe 3 : *Sur un problème d'entitation : TSG ou TGS ?*, 291 – Annexe 4 : *Sur l'institutionnalisation de la systémique*, 293.

BIBLIOGRAPHIE (et index des noms d'auteurs) ..... 299

Index ..... 321

# AVANT-PROPOS*

Ce livre est né d'une profonde insatisfaction : Homme d'action devenu homme d'étude vers 1970, je m'étonnais de la si difficile communication entre les hommes et femme de sciences, présumés théoriciens, et les hommes et femmes d'action, présumés praticiens. '*Pas de bonnes pratiques sans bonnes théories pour les légitime*r' disaient les premiers, '*pas de bonnes théories sans bonnes pratiques pour les irriguer*' disaient les seconds. Mais les théories que la plupart des scientifiques proposaient aux praticiens postulaient un univers parfaitement réductible à un 'clair et net' pétrifié ('modèle formel', disent-ils), s'avérant ainsi souvent inapplicables. Et les recettes tenues pour satisfaisantes que les praticiens élaboraient à l'expérience en tâtonnant, s'avéraient, elles, inadéquates dés que le contexte de leur application se modifiait ; Ce qui est toujours le cas.

Fallait-il se résigner à cette « fracture culturelle » que l'on percevait dans la plupart des systèmes d'enseignement et de recherches, mais qui semblaient plus particulièrement accusée en France (Les scientifiques n'y montrant pas souvent le bon exemple, s'enfermant parfois dans un corporatisme élitiste qui semble perdurer.) ?

Pourtant en se posant la question en termes d'enseignement (« *Quelle connaissance faut-il enseigner, ici et maintenant ?* »), ce qui était la situation que j'abordais alors, ne pouvait-on identifier quelques constructions théoriques, anciennes et souvent oubliées, nouvelles et souvent méconnues, pouvant nous aider à conjoindre les deux cultures ? «*Faire pour comprendre, et comprendre pour faire*.»

Dés les premières années soixante dix, on trouvait des réponses encourageantes et parfois passionnantes à cette question qu'il fallait d'abord poser ! J'eus la chance de rencontrer (et pour moi de découvrir) les premières œuvres épistémologiques d'Herbert Simon, puis peu après, celles d'Edgar Morin, de Jean Piaget, d'Yves Barel, d'Heinz von Foerster, et de bénéficier de quelques conversations avec ces scientifiques riches d'une exceptionnelle culture et d'une expérience de recherches effectivement transdisciplinaires : Ils témoignaient, et témoignent toujours, de la possibilité et de la légitimité de la production de connaissances théoriques ou paradigmatiques enseignables, connaissances qu'irrigue une exceptionnelle attention aux processus de transformation des

---

∗ Cet avant-propos partiellement re-rédigé en 2006, reprend la plupart des arguments présentés dans 'l'avant propos' de la première édition (1977), très légèrement complété lors des ré éditions de 1984 et 1994. Il m'a semblé utile d'en rafraîchir l'écriture, pour permettre au lecteur l'ouvrant trente ans plus tard, de mettre plus aisément en perspective ce livre qui risquerait de n'être perçu en rétrospective.

expériences humaines en science avec conscience. N'était ce pas ce que je cherchais ?

Dans ces mêmes années, je découvrais aussi, par la médiation de Léonard de Vinci, les *Cahiers* de Paul Valéry (De larges extraits venaient de paraître dans l'édition Pléiade en 73-74). L'œuvre scientifique considérable de Léonard n'était-elle pas l'archétype de cette entreprise de l'intelligence humaine ? En lisant « *l'introduction à la méthode de Léonard de Vinci* » que publiait le jeune Paul Valéry en 1895, je percevais mieux ce processus : Léonard n'appliquait pas une théorie élaborée avant et ailleurs pour guider ses pratiques, il élaborait conjointement pratiques et théories en une permanente réflexion récursive, chacune irriguant l'autre à la manière d'une vis sans fin. Et, ses *Carnets* en témoignent, l'exercice s'avère fort 'normalement' praticable. Diagnostic qui, on le sait, incita, incita P. Valéry à poursuivre toute sa vie un 'exercice similaire à celui de Léonard dans ses Cahiers (« *Comment mon esprit fonctionne ?* »). Ce qui fait de ses *Cahiers* un recueil de textes épistémologiques d'une impressionnante pertinence pour éclairer la production de connaissances enseignables et donc « actionnables ».

Je lisais aussi, bien sûr, les textes alors célèbres des inventeurs du concept de système général, L ; von Bertalanffy ou K. Boulding, puis des premiers 'systémiciens' que G.Klir rassemblait autour de *l'International Journal of General Systems*. Mais ces lectures me valaient un sentiment de malaise et d'incomplétude que je parvenais difficilement à expliciter jusqu'à ce que je lise, dans le Tome 1 de *La Méthode* d'Edgar Morin, ce diagnostic : « *Au cours des années cinquante, von Bertalanffy élabore une Théorie générale des systèmes, qui enfin ouvre la problématique systémique. Cette théorie (von Bertalanffy, 1968), s'est répandue tous azimuts, avec des fortunes diverses au cours des années soixante. Bien qu'elle comporte des aspects radicalement novateurs, la théorie générale des systèmes n'a jamais tenté la théorie générale du système. Elle a omis de creuser son propre fondement, de réfléchir le concept de système. Aussi le travail préliminaire reste encore à faire : Interroger l'idée de système.* » (p.101) °

Il y eu bien sûr dans ces années de maturations bien d'autres lectures qui contribuèrent à la formation de la 'Théorie de la modélisation systémique', titre sous lequel je reconnais plus volontiers ce livre trente ans après sa première rédaction. Je les évoquerai au fil du texte. On reconnaîtra sans peine je crois les influences de mes lectures d'alors : G. Bachelard, N.Wiener, F. Jacob, H. Atlan, R. Thom, I. Prigogine, puis plus tardivement G. Bateson, F. Varela, E. von Glazersfeld, G Vico, M. Mugur-Schachter comme aussi celles de J Fontanet, R. Passet, ou D Génelot…

Cette trop brève évocation[1] de « l'environnement intellectuel » de la genèse de ce livre permettra peut-être au lecteur de comprendre ce qui lui semblera parfois être un abus des citations d'autres auteurs. Je pourrais sans doute m'en justifier par une autre citation[2] : *Ses disciples demandèrent au poète Chen T'Ao pourquoi il consacrait tant de jours à calligraphier les poèmes de ses amis, au détriment de son œuvre propre : « Mon œuvre propre, répondit-il, est de faire toucher le cœur de chacun par ce qui a touché mon cœur.* » Une telle réponse serait sincère, profondément. Mais elle ne suffirait peut-être pas à convaincre : La Théorie du Système Général est une œuvre collective, celle d'une génération ; elle n'est la propriété ni d'une école, ni d'une nation, ni d'une discipline. L'extraordinaire diversité de ses contributeurs constitue sa richesse et sa validation la plus profonde et on l'appauvrirait en la dissimulant ou en personnalisant trop tant d'emprunts.

Comment mieux en témoigner qu'en reprenant, dans leur spontanéité, les termes de chacun, au lieu de les édulcorer involontairement en les paraphrasant. Je me suis efforcé pourtant d'éviter les ruptures de ton trop contrastées pour assurer une régularité paisible au rythme de la lecture : tous les emprunts sont reproduits en italiques et sont référencés au mieux (en général, par le numéro de page, le renvoi à la bibliographie aidant).

Tels sont les intentions et l'environnement, par la rencontre desquels fut conçu le projet par lequel fut construit ce livre. Leur rappel suffira peut-être à faciliter sa communication avec le lecteur pensif, qu'il soit homme ou femme d'étude ou d'action. N'est-ce pas la fonction que son auteur attribue à ce système qu'est devenu ce livre ?

D'aucuns s'indigneront sans doute de la folle ambition du projet. Ne nous condamnons-nous pas le lecteur à une transdisciplinarité permanente, le privant ainsi de ses points de référence familiers ? J'en conviens, sans fausse honte, évoquant la sévère ascèse intellectuelle que m'impose bien souvent l'exercice, et acceptant ses risques... tout en m'en protégeant de mon mieux en m'encordant à tous ceux qui, de H. A. Simon à E. Morin, montrent la voie et posent les crochets qui assurent désormais nos prises lors des passages difficiles.

Les mêmes, ou d'autres, regretteront le caractère inachevé de la théorie, ou plus souvent le caractère trop elliptique du propos. L'état de l'art, autant que les contraintes usuelles et légitimes de l'édition, leur donne pour une part raison ; mais peut-être conviendront-ils que l'entreprise dont ce livre témoigne est celle d'un

---

[1] La bibliographie, actualisée en 1994, compte 450 entrées, et, en 2006, je crois que les quelques textes importants pour l'intelligence de la modélisation systémique et de la complexité publiés depuis sont dus à des auteurs déjà cités ici.

2. Que j'emprunte à Cl. Roy, in *Le Nouvel Observateur*, 5 janvier 1976, n°582, p. 53.

processus, d'une fabrication, et non celle d'un produit, fini ou semi-fini, celle d'un ouvrage plutôt que celle d'une œuvre..

Pourtant, par cette 'nouvelle édition pratiquement non révisée', ce livre se présente désormais comme un « classique », si bien qu'il sera perçu par les nouvelles générations de lecteurs comme un produit plutôt que comme un processus. L'évocation succincte du contexte de sa genèse les aidera peut-être à ré activer cet objet pour lui rendre le sens de son projet. L'enjeu ne le justifie-t-il pas ? Clercs ou responsables, hommes et femmes d'études comme d'action, pouvons-nous nous résigner à tant d'inattention sur la légitimité des connaissances par lesquelles nous exerçons notre intelligence dans « *le monde de la vie* »?

Un mot, ultime, à l'intention de tous ceux qui tentent, par l'enseignement, de transmettre en les activant les trésors de la connaissance qu'accumule l'humanité. Je sais d'expérience la difficulté pédagogique de mon entreprise. Quelques-uns déjà sont sur la brèche. J'ai souhaité par une annexe presque symbolique provoquer leur imagination et solliciter leur contribution.

*

* *

Cette nouvelle édition dans la Collection des '*Classiques du Réseau Intelligence de la Complexité*' reprend, avec de très légères modifications, le texte de la 4° édition mise à jour en 1994, publiée, comme les trois précédentes (1977, 1984, 1990) chez un autre éditeur, et toutes épuisées. L'introduction (p. 5) présente les principaux arguments pris en compte pour les compléments introduits dans le corps du texte lors de la seconde édition de cet ouvrage en 1984. La postface de la quatrième édition (, 1994, p. 273) propose une mise en perspective des développements de la modélisation systémique depuis1977.

Sur le tronc constitué en 30 ans par ce '*classique de la systémique*', se sont développés deux branches, l'une privilégiant « *La modélisation des systèmes complexes* » (ed. Dunod, 1991 - 2003), l'autre privilégiant l'épistémologie de la modélisation. (Les trois premiers tomes du « *Constructivisme* », notamment le tome III : « *Modéliser pour comprendre* », qui paraît en 2004, ed. L'Harmattan, collection Ingenium).On trouvera dans ces derniers ouvrages les compléments bibliographiques couvrant la période 1994-2004. Et en consultant le '*Cahier des Lectures MCX*' disponible sur le *Site du Réseau Intelligence de la complexité* une mise à jour établie collectivement qui se poursuit régulièrement.

# *introduction* *

« Aie l'habitude de tenir à la main un fil à plomb, pour pouvoir apprécier l'inclinaison des choses. »

(Léonard de VINCI,
*Traité de la peinture*, § 97.)

Ainsi ce grand chantier, déjà bien avancé, certes inachevé, peut-être inachevable, que l'on peut photographier périodiquement : en superposant les épreuves, on perçoit plus aisément les projets des fondateurs, les intentions de leurs successeurs, les strates accidentelles, *l'inclinaison des choses* : l'examen de la seule photographie établie en 1983 de la *théorie du système général* entendue par une *théorie de la modélisation* est sans doute moins enrichissant pour l'observateur — ici pour le lecteur — que le diagnostic des différences que lui révélera la superposition de ce cliché à celui que l'on avait établi il y a sept ans. Proposition qui légitimera le procédé d'exposition que l'on retient pour organiser la nouvelle édition, revue et complétée, de cet ouvrage qui fut publié pour la première fois en 1977 : reproduire — quasi intégralement) [1] — le document initial (la photographie 1976 du chantier), dont on n'a pas de raison de reconsidérer l'essentiel (ni le projet, ni la problématique retenue, ni le schéma directeur auto-organisant l'exposé) ou d'infirmer les détails ; puis, sur ce duplicata, mettre en valeur les développements, inégalement importants selon les ailes du bâtiment, qu'a connus *le chantier systémique* au cours des sept dernières années : par le jeu d'une « Relecture » complétant les différents chapitres, de quelques nouvelles notes [2] et de divers compléments bibliographiques.

---

* Cette introduction rédigée en mars 1983, pour la deuxième édition de cet ouvrage, présente les modalités et les arguments directeurs retenus pour l'établissement de la révision et des compléments apportés à la première édition publiée en 1977 (aujourd'hui épuisée), et rédigée en 1975-1976.

1. On s'est autorisé une réécriture partielle des chapitres 2 et 3, afin de tirer parti des améliorations d'ordre didactique suggérées par plusieurs étudiants et auditeurs, que l'on remercie ici...

2. Ces notes ajoutées à la nouvelle édition sont appelées dans le texte par une lettre minuscule (a, b, c...) et présentées en fin de chapitre, par commodité typographique.

## *1. Les nouveaux affluents reconnus de la systémique*

Quelles sont les origines de ces développements, parfois tenus pour très importants par leurs conséquences épistémologiques ou instrumentales ? On peut aisément en reconnaître quelques-unes, s'il est plus délicat de les désenchevêtrer dans leurs interactions.

*L'expérience pédagogique*

L'expérience pédagogique et la pratique scientifique de l'auteur et de la communauté qui se reconnaissent peu à peu dans l'enseignement et la recherche en matière de science des systèmes [1] : mûrissements, approfondissements, décantation... Ces processus de foisonnement sont si coutumiers dans l'histoire de toute construction théorique qu'il n'est pas nécessaire de les commenter, malgré leur rôle manifestement décisif.

*Les interpellations des pratiques transdisciplinaires*

Les interrogations et les commentaires issus de communautés scientifiques très diverses, qui se sont progressivement intéressées, plus et plus vite qu'on ne l'anticipait, à l'interprétation épistémologique et méthodologique de la théorie de la modélisation des phénomènes perçus complexes : on ne pourra hélas mentionner ici les noms de tous ceux qui, par leur attention, leur disponibilité et leur curiosité intellectuelle, ont fait progresser cette recherche à partir de leur propre expérience de modélisation scientifique en géographie et en agronomie, en psychiatrie et en sciences politique et juridique, en sciences de l'éducation et de la communication, en science économique et en histoire, en sciences de la commande (l'automatique) et en sciences de l'information (l'informatique et le traitement du signal), en neurobiologie et en thermodynamique, en mécanique et en topologie, en sciences de l'ingénieur et en architecturologie, en logique formelle et en épistémologie : que l'on ne voie nulle pédanterie de salon dans cette énumération ; peut-être même entendra-t-on l'émotion et la gratitude avec lesquelles je la reconnais, en tournant les pages des sept derniers agendas : conférences, colloques, rencontres, que je ne fuyais certes pas, mais

1. La systémique ou science des systèmes, ou science de la modélisation par les systèmes : le vocabulaire n'est pas encore très stabilisé, pas plus en français qu'en anglais. On peut pourtant mentionner la constitution, en 1979-1980, du « Collège de Systémique », au sein de l'Association française de Cybernétique économique et technique (AFCET), qui accueille sans exclusive les ingénieurs et scientifiques qui se reconnaissent dans la systémique.

que je ne provoquais pas : sans que jamais je ne me sente écartelé ou dispersé, atomisé entre des disciplines que l'on entend si différentes, ou tiraillé entre les cultures francophones, latino-méditerranéennes ou germaniques, au sein desquelles elles se sont surtout exprimées jusqu'ici. L'étonnante convergence des questions — et des suggestions — vers *les méthodes de conception de modèles intelligibles des phénomènes perçus dans leur complexité* et l'appel à quelques vigoureuses rigueurs pour libérer les recherches de l'étreinte fatale des analyses réductionnistes constituent des stimulants intellectuels dont on présume aisément l'efficacité [1].

*L'institutionnalisation de la systémique*

L'exceptionnel foisonnement de la systémique, de par le monde, mais peut-être plus intense encore en francophonie au fil des sept dernières années, a constitué un environnement particulièrement propice à de nombreux développements théoriques qu'il importait de repérer avec attention dès leur émergence. N'est-il pas remarquable que dans la seule année 1977, année de la parution de la première édition de ce livre, on vît apparaître en France, outre le tome I de *La méthode,* d'Edgar Morin, dont on dira plus loin l'extrême importance, au moins cinq ouvrages tenus pour fort novateurs et désormais textes de références de la systémique francophone : *Les systèmes du destin,* de Jacques Lesourne ; *Systèmes et modèles,* de Bernard Walliser ; *Le social et le vivant, une nouvelle logique politique,* de joseph Fontanet ; *L'acteur et le système,* de M. Crozier et E. Friedberg ; et *Modélisation et maîtrise des systèmes technique, économique, sociaux,* actes du Congrès AFCET de Versailles 1977 ; ce jaillissement soudain allait s'organiser en un écoulement un peu plus régulier, mais néanmoins fort dense : mentionnons quelques titres d'ouvrages de langue française que l'on tient pour particulièrement significatifs de ces développements récents de la systémique [2] : en 1979 : *Le paradoxe et le système,* d'Yves Barel ; *Entre le cristal et la fumée, essai sur l'organisation du vivant,* d'Henri Atlan ; *Approches systémiques des organisations,* de J. Mélèse ; *L'économique et le vivant,* de René

1. Parmi les études critiques publiées sur la première édition, il faut avec gratitude mentionner notamment celles de Jacques LESOURNE *(Informatique et Gestion,* n° 96, mai 1978), de F. VARELA (*International Journal of General Systems,* vol. 5, n° 2, 1979), C. P. BRUTER (*Kybernetes,* vol. 9, n° 4, 1980) et M. POLITIS *(L'Informatique nouvelle,* juin 1978), qui proposaient des commentaires dont on a tiré un grand profit. Il en va de même des débats sur les thèmes de ce livre animés par le P^r^ Jean Piaget, peu avant sa mort, au séminaire 1980 du Centre international d'Épistémologie génétique, et par le P^r^ François Perroux à un séminaire 1979 de l'ISMEA au Collège de France.

2. On ne peut bien sûr tout citer. Mais il faudrait mentionner aussi bien des titres de la remarquable collection « Recherches interdisciplinaires » animée par P. DELATTRE aux Éditions Maloine.

Passet ; *La nouvelle alliance,* de Ilya Prigogine et Isabelle Stengers ; *L'enfer des choses, René Girard et la logique de l'économie,* de Paul Dumouchel et Jean-Pierre Dupuy ; en 1980, le tome II de La *méthode,* d'Edgar Morin ; en 1982, *La notion de système dans les sciences contemporaines, sous* la direction de Jacques Lesourne ; *Ordre et désordre,* de Jean-Pierre Dupuy ; *Pour une philosophie du nouveau développement,* de François Perroux...

À ces références en langue française, il faut évidemment associer les ouvrages... toujours aussi nombreux... qui paraissent en langue anglaise au long de ces mêmes années : le prix Nobel de Science économique attribué en 1978 à H. A. Simon va rendre beaucoup plus accessible l'œuvre de cet exceptionnel pionnier de la science des systèmes : entre 1977 et 1982, cinq gros ouvrages vont paraître, rassemblant bon nombre des études du premier peut-être des grands chercheurs transdisciplinaires contemporains ! En 1978, paraît l'important traité de Richard Mattesich, *Le raisonnement instrumental et la méthodologie systémique* (traduction du titre... d'un ouvrage non encore traduit en français) ; en 1979, paraissent *Les principes de l'autonomie biologique* (traduction du titre), de Francisco Varela, qui fonderont peut-être une « science de l'autonomie » [1] que la systémique aspire à justifier (que pourrait être pour elle un système... non autonome ?).

Les premiers textes de F. Varela étaient disponibles depuis peu grâce à la première revue internationale de systémique (Le *Journal international de Systémique générale*) [2] qu'anime George Klir depuis 1975 ; en 1979, paraît une autre revue internationale, relativement complémentaire, la revue *Human System Management ?* qu'anime Milan Zeleny. Et 1983 verra paraître une troisième publication internationale, *Systems research,* animée par N. Warfield (qui avait publié en 1976 *Societal Systems, Planning, Policy and Complexity,* ouvrage de base désormais de l'analyse structurale, cf. chap. 5). Cette brève mention permet d'évoquer sans les énumérer bon nombre des sources étrangères dont on s'est aidé pour actualiser le propos... ou pour valider les propositions initiales [3].

---

1. Edgar MORIN pose la question en 1980 : « Peut-on concevoir une science de l'autonomie ? », par un article paru sous ce titre dans les *Cahiers internationaux de Sociologie* (vol. LXXI, 1981, p. 256-267).

2. « The International of General Systems » (GORDON and BREACH).

3. Il est plusieurs autres revues internationales de systémique, nées entre 1950 et 1965 : elles se présentent souvent plus volontiers comme des revues de cybernétique, sauf bien sûr *l'Annuaire* de la célèbre Société pour la Recherche en Systémique (SGSR) qui paraît sans discontinuité depuis 1955. Cette brève évocation des sources étrangères contemporaines qui ont influencé notre relecture de *La Théorie du Système Général* devrait mentionner quelques œuvres non encore toutes traduites en français de G. BATESON et de l'école de Palo-Alto, de H. von FOERSTER, de G. GUNTHER, de H. QUASTLER (décédé en 1964, que l'on redécouvre peu à peu grâce à la médiation

*Relectures des épistémologies*

La pratique, l'échange transdisciplinaire, le foisonnement de la littérature scientifique contemporaine ne suffisent pas à engendrer tous les développements — explicites ou non — que l'on se propose de graver sur la matrice initiale : toute recherche théorisante suscite un mouvement récursif dans l'histoire de la pensée (*Faire de la philosophie, c'est faire de l'histoire,* aimait rappeler Benedetto Croce). On savait, en 1976, en publiant la version originale de *La Théorie du Système Général, théorie de la modélisation,* que l'on n'avait que très partiellement repéré les innombrables contributions que l'histoire de la science accumule pour enrichir nos méthodes de modélisation. Pour ne citer que les plus proches, on savait qu'on n'avait pas encore assez travaillé les œuvres essentielles pour notre propos de Jean Piaget, de Gaston Bachelard, d'Alexandre Koyré, de Paul Valéry, comme bien sûr celles des grands logiciens, Hegel, ou Husserl ou Russell, ou tant d'autres... On savait qu'il fallait découvrir Léonard de Vinci face à René Descartes ou Archimède face à Aristote... De telles entreprises ne s'achèvent pas, et l'on se condamnerait à ne jamais progresser si l'on s'astreignait à une maîtrise préalable parfaite de tous les grands textes fondateurs de la pensée humaine. Mais, sans s'achever, elles peuvent se poursuivre, inlassablement ; et ces ressourcements ont marqué ces sept dernières années, au fil desquelles la systémique s'est reconnue mieux assurée dans ses légitimations épistémologiques et dans ses filiations au sein de l'histoire de la connaissance scientifique.

*Les découvertes de pionniers méconnus*

À l'ombre de ces géants, il est souvent quelques « mal connus » de l'histoire, dont on découvre parfois avec émotion qu'ils avaient — prémonition, génie... ? — perçu ou conçu tels ou tels traits aujourd'hui essentiels de nos constructions théoriques et expérimentales. Ces découvertes, ou ces instants d'attention, contribuent à nos re-constructions — ici de façon illuminante, là de façon plus implicite (elles *confortent* la pensée). Milan Zeleny, par exemple, mérite une légitime célébrité pour avoir découvert un chercheur polonais, Trentowski, qui avait, cent ans avant le père officiel de la cybernétique, Norbert Wiener, non seulement conçu cette discipline,

---

d'Henri ATLAN) et de l'œuvre d'une équipe russe, malheureusement encore accessible seulement par une traduction anglaise : I. BLAOUBERG, V. N. SADOVSKY et E. G. YUDIN, *Systems theory, philosophical and methodological problems* (traduit du russe, 1969, 1977).

On trouvera en annexe 4 de cette troisième édition quelques indications mises à jour en 1990 sur les développements institutionnels nationaux et internationaux de la recherche en systémique.

mais qui l'avait baptisée sous ce nom en publiant un ouvrage ayant ce titre ! Mais le texte de Trentowski nous est encore inaccessibles [1]. Il n'en va pas tout à fait de même du père de *La tectologie*, un chercheur russe exceptionnel, A. Bogdanov, qui publia à Moscou, entre 1913 et 1920, les trois tomes d'une *Science universelle de l'organisation, ou tectologie*, qui semble bien devoir être reconnue aujourd'hui comme le premier traité complet de systémique générale ! Quelques traductions en anglais de ce texte introuvable deviennent disponibles depuis 1980, et l'on rapporte que les autorités soviétiques commencent depuis peu à autoriser son examen ! La chance du chercheur obstiné le conduit ainsi à quelques nouvelles découvertes : instants précieux de ce contact avec des feuillets jaunis par lesquels on croit presque communiquer avec un complice qui... dans son langage... semble dire ce que l'on tente de percevoir ainsi ces *mécanismes communs aux phénomènes disparates* que publiait Michel Petrovitch en 1921 à Paris : prémonitoire contribution à une théorie de la modélisation qui cherche les communautés de la démarche modélisatrice derrière la disparité des apparences [2] ! Il était plus aisé d'être attentif à l'œuvre de P. Vendryes qui poursuit, en physiologiste-probabiliste, une réflexion introduite par Claude Bernard, *Déterminisme et autonomie*, daté de 1956, et *Vie et probabilité* de 1942. Ces divers courants, souvent souterrains, irriguent plus peut-être que nous ne le percevons aujourd'hui les développements contemporains de la systémique que l'on se propose de reconnaître ici, dans leurs tensions, leurs conflits et leurs convergences [3].

## *2. Exposé des motifs justifiant quelques transformations*

La nature et l'origine des matériaux à l'aide desquels progresse aujourd'hui la construction de la théorie de la modélisation systémique devaient être succinctement évoquées pour faciliter les repérages que peut souhaiter le lecteur abordant des paysages peu

1. Milan ZELENY, Cybernetics and general systems — A unitary science ?, dans *Kybernetes*, vol. 8, 1979, p. 17-23.

2. Je remercie Pierre Berger qui eut le flair de la trouvaille devant la caisse du bouquiniste... et qui me fit l'amitié de me la communiquer.

3. II faut solliciter l'indulgence du lecteur qui aborde *La Théorie du Système Général, théorie de la modélisation* par cette première partie de la Réintroduction 1983 : cette énumération de noms d'auteurs qu'il entend mentionner peut-être pour la première fois est surtout destinée à éclairer les chercheurs en science des systèmes : puisque le chantier de *La Théorie* est encore inachevé, il est loyal de mentionner les origines des matériaux que l'on retient pour le faire progresser : de tels choix sont scrupuleusement délibérés, mais ils ne sont pas neutres. Le spécialiste attentif trouvera dans diverses études publiées par l'auteur entre 1978 et 1983 bon nombre des commentaires supportant ces délibérations intérieures (cf. Bibliographie complémentaire, p. 299).

familiers ; il est d'autres sources dont certains regretteront qu'on ne les mentionne pas : celles que je n'ai pas encore su ou pu découvrir, mais aussi celles dont il me semble qu'elles appartiennent plus à une *théorie générale du Système-Univers* qu'à une *théorie de la modélisation systémique.* On avait déjà, en 1976, proposé cette typologie des discours sur les systèmes en général (cf. p. 59). Il semble que ce clivage se soit accentué ces dernières années [1], chacune des deux problématiques accusant mieux ses options épistémologiques de référence :

La *théorie générale du Système-Univers* se veut positiviste et par là même relativement impérialiste : elle souhaite aboutir à des énoncés du type : « La théorie démontre que... », énoncés que les scientifiques pourraient imposer aux politiques. Les vertus heuristiques de cette nouvelle *philosophie naturelle* sont trop certaines pour que l'on se prive de ses services (et bien des références que l'on a utilisées dans ce livre et dans son actualisation renvoient à des travaux qui se veulent ostensiblement positivistes). En se convainquant qu'il est une Vérité suprême et éternelle, ne trouve-t-on pas une forte incitation à la chercher... fût-ce par bribes ? Ce que l'on trouve, en cherchant, échappe dès lors à ses inventeurs, et devient propositions ou énoncés peut-être féconds pour d'autres qui ne se résignaient pas à se contraindre par un credo déterministe initial ?

La *théorie de la modélisation systémique* s'accepte *constructiviste,* au sens proposé de Jean Piaget pour l'intelligence de la connaissance non pas un résultat, une vérité définitive, immuable, divine peut-être, mais un processus, une construction : la connaissance est l'action de construire la connaissance. Nul peut-être n'a mieux mis en valeur ce caractère fondamentalement récursif de l'action modélisatrice — car connaître c'est modéliser [2] — que Heinz von Foerster dans quelques-uns des beaux textes qu'il a consacrés à l'épistémologie piagétienne [3]. Heinz von Foerster que l'on rencontre, sans cesse, discret et efficace, à l'origine de la plupart des

---

1. Une étude de J. P. VAN GIGGH et N. J. KRAMER met particulièrement bien ce clivage en évidence, en distinguant une inspiration ontologique et une inspiration constructiviste ou axiomatique et méthodologique de la science des systèmes : A taxonomy of systems science, dans *International journal of man-machine studies,* vol. 14, 1981, p. 179-191.

2. Le bel article de J. LADRIERE, Représentation et connaissance, dans l'*Encyclopedia Universalis* (vol. 14), éclaire remarquablement cette théorie de la connaissance.

3. L'œuvre de H. von FOERSTER est malheureusement encore fort dispersée. On peut mentionner ici la communication qu'il a rédigée en 1976 pour le quatre-vingtième anniversaire de Jean Piaget (hommage significatif) : « Objects : Tokens for (Eigen-) Behaviors » (University of Illinois-Urbana). Voir B. INHELDER *et al.,* 1977 (Delachaux-Niestlé). Voir aussi (cf. bibliographie) : H, von FOERSTER, « Observing systems » (1981).

contributions qui construisent aujourd'hui la théorie de la modélisation des complexités perçues par l'artefact Système.

On est ainsi conduit, par une inéluctable probité, à afficher plus ostensiblement encore *l'option épistémologique* qui fonde la construction théorique que l'on propose. Il était certes tentant de dissimuler, dans un œcuménisme scientifique de bon aloi, ce choix conscient : l'ambiguïté est souvent féconde ; on savait pourtant, dès 1976, qu'il importait d'être intellectuellement honnête en *annonçant la couleur, si* l'on voulait épargner à la jeune systémique la bouillie bavarde et inefficace de bien des *approches-systèmes* et autres *dynamiques des systèmes* qui postule un irénisme épistémologique bien illusoire. C'est pourquoi on a tenu à maintenir en l'état le chapitre I : « Discours de la méthode : l'ancien et le nouveau », de la première édition ; il demeure certes trop succinct, trop allusif, trop brutal aussi dans sa forme, mais il se veut loyal. On a, depuis, étayé soigneusement les justifications de cette option *constructiviste*. Mais on n'a pas été conduit à remettre en question la légitimité de ce fondement épistémologique de la théorie de la modélisation systémique. Aussi comprendra-t-on que l'on ait peu été incité à solliciter les contributions qui, accusant leur préférence exclusive à une ontologie analytique et universelle, ne livraient pas aisément ces *raisonnements instrumentaux* [1] différents que sollicite la modélisation systémique.

### *3. Se révèlent de nouvelles perspectives*

Cet exposé des motifs de la procédure retenue pour décoder la représentation des avancements et des transformations de la théorie de la modélisation ne suffît pas à révéler ce que furent ces transformations. On se propose certes, chapitre par chapitre, de les mentionner en les référant suffisamment pour permettre au lecteur pensif — et donc au modélisateur — d'assurer lui-même ses propres prises. (Les métaphores de l'escalade de montagne surgissent spontanément lorsqu'on évoque l'action de conception-construction des modèles complexes : dès 1961, Marwin Minsky, un des pères fondateurs de l'intelligence artificielle [2], baptisait *hill-climbing*,

1. On emprunte l'expression « raisonnement instrumental » à R. MATTESICH, qui l'a justifiée dans son solide traité *Instrumental reasoning and system methodology*... solide mais quasi exclusivement austro-anglo-saxon dans ses nombreuses références.

2. Les correspondances entre les méthodes de la modélisation systémique et celles de l'intelligence artificielle sont si nombreuses que l'on peut presque assimiler ces deux disciplines. Herbert SIMON, que l'on tient, avec Marvin MINSKY, pour l'un des deux pères fondateurs de l'intelligence artificielle, plaide volontiers cette thèse en proposant de parler de *simulation des processus cognitifs* (cf. *La science des systèmes*, 1969-1974, p. 18). Le concept d'escalade (*hill climbing*) proposé par M. MINSKY

l'*escalade,* un des modes de raisonnement heuristiques les plus féconds en résolution de problème et donc en modélisation.)

Mais on doit à ce même lecteur pensif une sorte de panoramique la perspective cavalière que privilégie aujourd'hui l'architecte, la déclaration d'intention du maître d'œuvre (le concepteur) présentant sa nouvelle maquette et justifiant, devant le maître d'ouvrage (l'acquéreur, ici le lecteur), cette *inclinaison des choses* qu'il a privilégiée par cette relecture-réécriture d'une *construction cognitive,* acceptée dans ses *théorisations,* mais voulue *instrumentale,* que *l'action délibérée,* et donc la vie, fa incité à développer, en liberté : connaissance spinoziste, ou vincienne, réflexive, réalisation de l'autonomie, par notre propre conscience : *la joie même dans toute sa compréhension, à la fois conscience que le monde prend de soi et conscience que l'homme prend de soi.*

L'exercice est difficile et peut-être risqué, mais l'exposé d'un renouvellement théorique n'est pas un constat d'huissier : c'est enrichir la liberté du lecteur que de lui révéler les lectures de l'auteur ! Ces interprétations ne sont pas neutres, bien qu'elles prétendent n'être point contingentes.

### *La modélisation est une idée neuve*

La première mise en perspective que l'on propose, avec plus de conviction encore que lors de la première rédaction, est bien *instrumentale :* la théorie du système général que l'on peut proposer aujourd'hui sans concession verbeuse sur sa qualité proprement théorique est une *théorie de la modélisation.* On a déjà souligné cette conviction dès l'exposé des motifs. Il faut y revenir encore à la façon dont Léonard de Vinci proposait d'accuser *in extremis* certains traits avant de livrer le dessin. Le concept même de *modélisation* est encore aujourd'hui une idée neuve, qu'ignore les dictionnaires. Ce n'est que depuis le début du siècle que le concept de *modèle* a droit de cité dans la pratique scientifique [1], et son homologation a été particulièrement lente : il n'est peut-être pas encore toujours différencié du concept plus impérialiste de *théorie* [2]. La (ré)novation ne tient pas tant à

---

apparaît dans un article publié par *Computer and thoughts* de FEIGENBAUM et FELDMAN, 1963.

1. On se réfère notamment à l'étude de Suzanne BACHELARD : Quelques aspects historiques des notions de modèles et de justification des modèles, dans le remarquable tome I de *Élaboration et justification des modèles,* présenté par P. DELATTRE et M. THELLIER (1979) *;* D. LECOURT (1981) rappelle (p. 156) un texte de 1902 dû à Boltzmann d'Un exceptionnel intérêt pour la conception contemporaine du « modèle ».

2. Dès 1955, H. A. SIMON et A. NEWELL discutaient fort bien cette distinction entre modèle et théorie, dans une étude hélas trop méconnue : Models — Their uses

l'actualité du mot : il pourrait s'agir d'une mode ! Elle tient à ce que la modélisation postule *a priori* non seulement la pluralité des modèles concevables d'un même phénomène, mais surtout la pluralité des *méthodes de modélisation.* Le temps n'est plus où l'on pouvait tolérer, à côté de la bonne méthode (*la seule méthode scientifique, la méthode analytique,* que seuls connaissent et pratiquent sérieusement les scientifiques assermentés !), des méthodes de modélisation pauvres, non scientifiques, juste tolérables pour les ingénieurs, les artistes, les stratèges, les comptables... Ne nous faut-il pas admettre aujourd'hui, avec *la mort de l'optimum,* la mort du *one best way* [1], la nécessaire pluralité, non seulement idéologique, mais aussi méthodologique, des processus de représentation des connaissances. Non par souci de tolérance condescendante, mais parce que nous devons convenir de l'impossible validation universelle. La liberté est au cœur de la cognition, peut-être parce que, assurait Léonard de Vinci, *elle est le plus grand don de la nature.* Dès lors, pour que nous puissions exercer notre raison et communiquer nos raisonnements, il devient indispensable que nous rappelions, à nous-mêmes et à l'autre, les règles du jeu que nous avons retenues pour concevoir et construire ce modèle de la réalité perçue et conçue à l'aide duquel nous raisonnons. Ces règles du jeu s'agencent nécessairement dans le cadre intelligible de quelques théories qu'assure seule leur *autocohérence* [2]. Elles doivent annoncer leur axiomatique... et la détermination de ces axiomes d'appui est autocontrainte par l'intention *même* du modélisateur. Dès lors, pour architecturer la connaissance, nous ne serons plus exclusivement réduits aux recettes des *méthodes hypothético-déductives :* nous disposerons du champ ouvert des *méthodes axiomatico-inductives* [3]. Dans ce champ, la famille des méthodes de représentation par correspondance homomorphique à un système pré-dessiné (les méthodes de modélisation systémiques) méritent d'être aujourd'hui soigneusement identifiées et agencées : ne se prêtent-elles pas particulièrement bien à l'expression intelligible

---

and limitations, dans *The state of the social sciences,* édité par L. D. WHITE, University of Chicago Press (1956).

1. *Le principe du « one best way », c'est-à-dire l'illusion que l'on peut séparer les moyens et les fins et que les techniciens peuvent déterminer le seul meilleur moyen une fois qu'une fin a été clairement fixée* : la définition est de M. CROZIER dans la postface qu'il avait donnée, en 1971, à Le pouvoir informatique dans l'entreprise, de C. BALLE et J.-L. PEAUCELLE (définition plus précise que celle qu'il avait proposée en 1963 en préface à la traduction française de Les organisations, de J. MARCH et H. SIMON).

2. On se réfère notamment aux développements épistémologiques sur la théorie de la cohérence introduits en particulier par N. RESCHER, *The coherence theory of truth,* Oxford, OVP, 1973.

3. P. DELATTRE a proposé une excellente présentation contrastée des *méthodes axiomatico-inductiaes* et des *méthodes hypothético-déductives* dans la préface qu'il a donnée à l'essai de C. P. BRUTER (1982), *Les architectures du feu.*

des phénomènes que nous percevons et que nous concevons complexes en référence à nos projets d'intervention [1] ? Telle est peut-être l'interprétation la plus tangible de l'étonnante émergence contemporaine de la systémique... dans le *système des sciences* [2].

Première perspective donc : la progressive théorisation des méthodes de modélisation des complexités perçues, et, en leur sein, la nécessaire définition des méthodes de modélisation systémique une théorie du système général est aujourd'hui nécessaire parce que nous avons besoin d'une explicitation d'une théorie de la modélisation par les systèmes.

### *Le paradigme de complexité*

La seconde mise en perspective susceptible d'éclairer le nouvel état du chantier systémique est si remarquablement formulée par Edgar Morin architecturant *la méthode* par *le paradigme de complexité* qu'on ne devrait ici qu'inviter le lecteur à sa redécouverte dans l'original ! Le tome I de *La Méthode* parut le jour [3] où partaient chez l'imprimeur les ultimes épreuves de la première édition de *La Théorie du Système Général, théorie de la modélisation : le* projet d'Edgar Morin était — et demeure — beaucoup plus ambitieux que le mien qui voudrait n'être qu'instrumental : transformer une vague philosophie de la connaissance en une *Science de la science* en s'astreignant à des explorations profondes et exigeantes. Il fournit à l'artisan qui tourne ses outils à la fois mille utilisations nouvelles, mais aussi mille idées d'instruments nouveaux, mieux adaptés encore. Je confesse ma joie lorsque je pris conscience de la compatibilité implicite de mon entreprise avec son projet. Mais aussi mon hésitation : si rien n'est à renier, il est bien des économies dans la présentation et bien des insistances dans l'argumentation qui mériteraient d'être mises en valeur pour tirer parti, autant qu'il se peut aujourd'hui, de cette exceptionnelle synthèse. Il faut pourtant respecter les rythmes de progression de notre chantier le tome III de *La Méthode* (*La connaissance de la connaissance*) paraîtra sans doute un an ou deux après la présente réédition et la logique même de *La Méthode* est d'être processus beaucoup plus que résultat : achevée, il

---

1. Cet argument a été illustré et discuté dans une étude publiée par *Économies et Sociétés* (série EM, n° 6, t. XIV, n$^{os}$ 8, 9, 10, oct. 1980) sous le titre : Une axiomatique, les règles du jeu de la modélisation systémique.

2. On entend le *système des sciences* au sens où le présente Jean PIAGET dans l'encyclopédie Pléiade, *Logique et connaissance scientifique* (1967). On a proposé une discussion de l'insertion de la systémique dans le système des sciences dans l'article : L'analyse de système, malgré tout..., publié par *La Pensée*, n° 210, février 1980.

3. Fin avril 1977.

faudra la reprendre ! Pour notre propos, l'intérêt contingent, mais décisif, des deux tomes déjà publiés de *La Méthode* tient à leur capacité synthétique : il n'est pratiquement pas un seul des arguments constitutifs de la systémique, fût-il parmi les plus récemment élaborés, ou parmi les plus oubliés des anciens, qui ne soit aujourd'hui pris en compte et mis en perspective par cette entreprise à la fois titanesque et aisément accessible. D'où une sorte de validation récursive des arguments de cohérence par lesquels on avait agencé en une théorie les traits constitutifs du système général. On verra, en cheminant, que l'architecture de la théorie se moule naturellement dans les articulations de l'*hyperparadigme de complexité*, dans la formulation puissante qu'en propose E. Morin. C'est ce concept même de complexité qui ici nous livre la clef la plus décisive de la seconde perspective : entendre désormais la modélisation de tout *phénomène perçu et conçu complexe* par le refus de sa simplification, de sa mutilation [1] : il est des accès à l'intelligibilité de la connaissance qui ne contraignent pas d'abord à sa réduction, à son appauvrissement : *la plus puissante résistance à nos rationalisations, la complexité du réel. C'est alors que la complexité du réel peut stimuler la complexité de la pensée* [2]. L'instrument de cette stimulation, n'est-ce pas l'appareil de modélisation qui accepte cette complexité, à la fois inépuisable et intelligible ? C'est cet appareil que l'artefact système général prétend proposer, outil lentement ajusté par les pratiques tâtonnantes de l'expérience humaine construisant, depuis le Néolithique, la connaissance par *une attitude* d'esprit *véritablement scientifique, une curiosité assidue... un appétit de connaître...* [3]. Peut-on être indifférent à cette étonnante apparition du mot même de système, dans tant de cultures, dans tant de disciplines farouchement indépendantes, dès que les chercheurs tentaient de rendre compte du complexe, de l'inépuisable, du grouillement des interactions : rien d'artificiel dans cet artefact permanent. On comprend mieux ici pourquoi Herbert Simon ouvrit le premier chapitre de l'ouvrage qu'il voulut bien intituler en français *La science des systèmes, science de l'artificiel*, par une vignette de Simon Stevins qui proclamait : *Merveilleux, mais pas inintelligible* la modélisation par un système permet peut-être — doit permettre, au prix d'un peu d'ascèse intellectuelle du modélisateur — cette intelligibilité du monde qui n'élimine pas son merveilleux, sa complexité.

---

1. H. von Foerster a fait le procès de cette *trivialisation* de la complexité par ces modèles simplificateurs. J.-P. DUPUY et P. DUMOUCHEL le présentent dans *La trahison de l'opulence*, 1976, p. 68.

2. E. MORIN, *La Méthode*, t. II, p. 458.

3. C. LEVY-STRAUSS, *La pensée sauvage* (1962), p. 23.

*« Oui, encore une fois, tout est organisation »* [1]

La troisième perspective que l'on propose de retenir pour révéler les nouveaux développements de notre chantier nous est également suggérée par Edgar Morin : la représentation respectueuse de la complexité passe par le renouvellement de notre intelligence de l'organisation : on y avait été spontanément conduit dès la première rédaction de ce livre (cf. p. 2) et bien d'autres chercheurs, à peu près aux mêmes époques, aboutissaient à la même conclusion (F. Varela, 1979, en particulier, a senti intensément la nécessité d'un concept d'organisation qui ne se réduise pas à celui de structure). Dès le tome I de *La Méthode*, Edgar Morin dégageait le caractère central du concept et son potentiel de description, en même temps qu'il en établissait une définition opérationnelle et fortement argumentée (*la capacité d'un système à, à la fois, produire et se produire, relier et se relier, maintenir et se maintenir, transformer et se transformer*). Cette construction permet — récursivement — d'auto-organiser les trois modes de représentation d'un système dont l'enchevêtrement temporel constitue l'irréductible complexité : celui de l'action « dans » (les trans-actions, constitutives de l'*Eco*-organisation), celui de l'équilibration (l'*Auto*-organisation), celui de la transformation (la *Ré*-organisation). Dans cette problématique, Edgar Morin a raison je crois de considérer la théorie de l'organisation comme l'autre face, la face interne, de la théorie du système général ; importe ici la reconnaissance de la puissance — encore insuffisamment explorée — de ce concept garant de l'intelligibilité de tout modèle : organisé par construction, il doit devenir *organisant* par vocation, puisqu'il est, lui aussi, nécessairement, *organisation*. La modélisation systémique fonde son originalité sur sa capacité à respecter cette *dialectique constitutive de toute complexité : devenir en fonctionnant et fonctionner en devenant, en maintenant son identité*. Cette perspective organisationnelle va accuser, me semble-t-il, l'incomplétude du chantier dans son état 1983 ! Certaines voûtes s'élèvent, soutenues par des échafaudages peut-être fragiles, alors que les clefs de voûte ne sont pas encore livrées : celles en particulier qui assureront les grands appareils formalisés des *logiques* qui assurent l'économie cognitive de toute méthode de modélisation : clefs de voûte dont il faut convenir qu'elles ne sont pas encore taillées, malgré quelques entreprises d'un

1. L'interpellation, provocante dans son contexte historique, est de LA METTRIE, dans *L'homme-machine* (p. 131 de l'Edition Denoël-Gauthier, 1981).

extrême courage de logiciens [1] en butte aux sarcasmes de nombreux mathématiciens pour lesquels il n'est pas de salut en dehors de l'axiomatisation de la théorie des ensembles (et donc, pour eux, théorie des modèles) proposée par Zermelo en 1908 [2]. Une des interprétations suggérées par notre mise en perspective est peut-être de mettre en valeur l'importance de la pression culturelle considérable exercée — à son insu — par une école mathématique aujourd'hui dominante, le bourbakisme, qui faisait pourtant de la construction de *bons* modèles symboliques et universellement manipulables son objectif privilégié : pression qui sclérose et décourage les rares tentatives certes difficiles et tâtonnantes visant à formaliser quelques logiques (quelques règles économiques du jeu cognitif) qui permettent de dire — et de traiter la *conjonction* tout autant que la *disjonction.* N'est-ce pas pourtant l'interrogation la plus pratique que suscite l'usage si nécessaire du concept d'organisation en modélisation : ne pouvons-nous conjoindre l'organisé et l'organisant en une même opération, dès lors que nous les entendons, intelligemment, par cette conjonction ? On verra, c'est peut-être à ce jour un des acquis les plus originaux et les plus féconds de la théorie du système général, que cette intelligibilité peut être aujourd'hui exprimée par la médiation de *la mémorisation.* Concept puissant, sans doute, mais auquel il manque encore quelques prothèses formalisatrices, quelques symboliques complétées de leurs règles de manipulation, qui assureraient, de façon suffisamment convaincante, l'économie de leur bon usage et la validation des inférences qu'elles suggèrent.

*Un système est un système, bas un ensemble !*

Cette relative insistance sur la perspective organisationnelle de la modélisation systémique doit être complétée encore par une observation qui, à l'expérience pédagogique, s'avère moins triviale qu'on ne le croyait lors de la première rédaction de ce livre : elle tient à la confusion suscitée par la quasi-concomitance du développement pédagogique des *méthodes formalisées de modélisation analytico-ensembliste* et du développement théorique des méthodes de modélisation systémique. Les premiers systémiciens, ravis de découvrir, au début des années cinquante, les formalismes généraux

1. Je souhaite nommer ceux que j'ai personnellement pu commencer à travailler assez : J. Piaget et J.-B. Grize, Spencer Brown, F. Varela, G. Kalinowski, D. Hofstadter... Il en est d'autres, auxquels ces chercheurs se réfèrent volontiers dans leurs travaux.

2. Faut-il parler, en mathématicien pur, du *système Zermelo-Frankel ou,* en philosophe logicien, de *l'axiomatique* Fregge-Russel, qui lui est contemporaine ? L'important ici est le caractère fondamentalement *disjonctif* de ces formalisations symboliques qui toutes interdisent sans appel les raisonnements *récursifs*.

de la théorie des ensembles, crurent souvent qu'ils pourraient s'en servir impunément, et efficacement, au prix d'une petite concession de forme : il suffirait de *définir un système comme un ensemble.* On pourrait, je crois, citer plus de cent définitions différentes du mot système préconisées par les ouvrages de systémique, commençant par la formule : *Un système est un ensemble* (et se poursuivant en général par une forme du type : *Un ensemble d'éléments en interaction*). Définition longtemps tenue pour légitime puisqu'elle a supporté bon nombre des premiers développements de *l'analyse de système...* et qu'elle a valu à la systémique naissante la caution morale de bon nombre de mathématiciens ravis de noter qu'on se servait ailleurs de leurs théories. C'est sans doute à cette définition fort généralement acceptée que l'on doit l'apparition de l'antipléonasme : *analyse de système...* qui impliquait précisément qu'un système puisse être analysé par énumération de ses (présumés) éléments et de leurs (présumées) relations ! Donc en faisant comme si ce système n'était qu'un ensemble comme les autres, on perdrait ainsi implicitement et involontairement l'exceptionnelle fécondité du concept de système fondé sur cette *dialectique de l'organisé et de l'organisant* que l'on a succinctement évoquée précédemment la conceptualisation du *système général* non réductible à un ensemble ne se fera que tardivement (P. A. Weiss écrit en 1971 aux États-Unis : Qu'est-ce *qu'un système ? Et d'abord qu'est-ce qu'il n'est pas ?... Il ne s'agit pas d'un ensemble... Il est davantage qu'un ensemble complexe...* [1]. Mais entre 1951, date de la parution de l'article *fondateur* de L. von Bertalanffy et 1971... je ne suis pas certain que l'on trouverait d'autres remises en question de ce type. En France, E. Morin en 1977 et surtout Y. Barel en 1979 souligneront avec pertinence les ambiguïtés et les inconvénients de cette confusion). Il m'avait semblé normal, en rédigeant *La Théorie du Système Général,* de ne pas m'arrêter à la définition ensembliste : c'était précisément la capacité proprement systémique (ou, pour reprendre E. Morin, organisationnelle) du concept de système général qu'avait précisément provoqué mon entreprise : comprendre, enfin, de quoi il s'agissait [2]. On verra que ce

---

1. P. A. WEISS, *L'archipel scientifique* (1971-1974), p. 98. J. PIAGET, dans *Le comportement, moteur de l'évolution* (1976), a très bien mis en valeur « les notions que P. Weiss a tirées de l'idée de système » (p. 81).

2. J'ai publié (dans la même collection) en 1973-1974 un ouvrage sur *Les systèmes de décision dans les organisations,* qui commence, presque nécessairement, par un long chapitre sur *la théorie des systèmes :* je tentais d'y synthétiser en une trentaine de pages toutes les lectures disponibles sur cette théorie ; théorie dont j'avais évidemment besoin pour construire les concepts de *système de décision* et de *système d'information.* J'avais alors été surpris par ma propre insatisfaction quant à la pauvreté... théorique de cette théorie que j'avais pourtant explorée dans ses meilleures sources disponibles à l'époque. C'est précisément cette insatisfaction qui m'avait incité à poursuivre la quête qui aboutit à ce livre... et à cette conviction : un système n'est pas un ensemble ! Conviction d'autant plus rassurante qu'elle ne compromet pas

livre n'est qu'une définition suivie d'une scrupuleuse description de cet artefact fascinant : *Le système général*. Le propos me semblait si convaincant que je ne fus peut-être pas assez en garde contre les maladresses d'interprétation ; la définition ensembliste imprégnait tant les mentalités (et la prolixe littérature nord-américaine sur l'analyse des systèmes) que trop de lecteurs ne prêtèrent pas attention au fait que... nous ne parlions pas toujours le même langage !... Cette précision leur permettra peut-être de percevoir la source de bien des maladresses dans leur pratique d'une modélisation qu'ils voulaient systémique et qui s'avérait analytique ! Indépendamment du contenu propre de ce livre, on peut en outre suggérer un examen de conscience à bien des ingénieurs, organisateurs, informaticiens, médecins, économistes, juristes... qui, s'acharnant à représenter positivement ce qu'ils perçoivent comme un système par une structure invariante agençant des organes solides... aboutissent régulièrement à des modèles ensemblistes contraignants et d'un entretien fort onéreux ! Peut-être conviendront-ils que s'ils passaient de la question : *De quoi c'est fait ?* à la question *Qu'est-ce que ça fait ?* — et donc d'une *modélisation analytico-organique à une modélisation systémo-fonctionnelle* — ils décupleraient leur capacité modélisatrice en référence à leur projet. Il ne restera plus alors qu'à ne pas s'arrêter au stade de la modélisation fonctionnelle et à tirer parti des ressources du système général pour prendre en compte, dans son autonomie, le système *fonctionnant et se transformant* : mais ce propos n'est-il pas l'objet même de ce livre ? Projet inachevé pourtant, que révèle à nouveau notre mise en perspective : de l'autonomie perçue du phénomène modélisé à l'autonomie conçue du modèle, par la reconnaissance du *processus automodélisateur* que devra révéler une théorie de la modélisation systémique, il est quelques étapes qui ne sont pas encore toutes franchies. On comprendra mieux peut-être alors l'attention extrême que l'on propose de consacrer aux rares mais importants développements que connaît aujourd'hui la *science de l'autonomie.*

### *Modéliser, c'est décider*

Cinquième perspective, que l'on tiendra peut-être pour paradoxale, voire inacceptable, pour l'exposé d'une théorie : celle de la progressive reconnaissance de la liberté créatrice du modélisateur. Il faut pourtant évoquer cette tension cognitive au cœur de tout processus de conception de modèles de la complexité : tout gain en intelligibilité, en communicabilité, en économie cognitive, en

---

le sérieux du chapitre publié en 1971-1974 : il devient un cas particulier, localement utile, de la théorie du système général, théorie de la modélisation.

généralité instrumentale ne doit pas se faire aux dépens de la liberté de l'artisan.

Attitude morale, voire moralisatrice, objectera-t-on ? Pourquoi pas, si cette morale veille précisément à ne pas contraindre, mais simplement à garantir la loyauté de la communication. Nulle science ne nous accule, au nom du bon usage de la raison humaine, à n'utiliser qu'un *algorithme de modélisation et un seul* : plus s'édifient les théories de la modélisation, analytiques ou systémiques, plus se manifeste la variété des axiomatiques sur lesquelles elles peuvent s'appuyer. La seule contrainte morale que la théorie impose dès lors au modélisateur est celle d'une vérification *a priori :* a-t-il explicité les quelques axiomes sur lesquels il va, progressivement, appuyer ses inférences et graver son dessin ? Mais il doit choisir, librement, cette axiomatique, et nulle théorie ne les calcule pour lui [1]. Les architectes, depuis longtemps, ont perçu que l'architecture pouvait être entendue comme une science (la première peut-être, et la plus élaborée, des sciences de la modélisation ? À moins qu'elle ne fût précédée, observe H.-A. Simon, par la musique, qui, pour les Grecs, était une science) ; et cet entendement les conduit à proclamer : *l'architecte doit décider* [2]. Expérience de l'architecte, de l'ingénieur, du stratège, du juriste, de l'administrateur. Plus il théorise ses méthodes, plus il restaure sa liberté. Plus il assure les performances de ses instruments, plus il a le choix de ses outils. Proposition paradoxale sans doute aujourd'hui dans une culture scientifique quasi inhibée par le positivisme de l'optimum et du one-best-way ? Paradoxe contingent. La rigueur et l'ascèse intellectuelle du modélisateur constituent les plus sûrs garants du bon usage de sa liberté, et contre elle ne

1. C'est sans doute pour cette raison que la théorie de la modélisation systémique ne trouve pas dans les développements — parfois remarquables — de la *praxéologie* les ressources qu'elle devrait espérer. C'est peut-être aussi ce qui explique la relativement faible audience d'une science contemporaine qui peut pourtant se targuer de quelques solides contributions parfois bien antérieures à la célèbre synthèse de T. KOTARBINSKI, *Praxeology : an introduction to the sciences of efficient action* (1965), présentées notamment dans l'ouvrage de J. OSTROWSKI consacré à *Alfred Espinas, précurseur de la praxéologie ; ses antécédents et ses successeurs* (1973). La praxéologie postule une calculabilité de l'action efficace, et donc des modèles de cette action, qui contraint souvent par trop la liberté cognitive du modélisateur au sens où on l'introduit ici.

2. La formule est de R. VENTURI dans son ouvrage *Complexity and contradiction in Architecture* (1966), traduit en français sous le titre *De l'ambiguïté en architecture* (1976), p. 46. On doit à Philippe BOUDON un *Essai d'épistémologie de l'architecture* (1971-1977) et d'autres études, qui mettent remarquablement en valeur la nécessité d'une épistémologie des sciences de la conception, qui a beaucoup éclairé notre propre réflexion sur ces paradoxes de la science de la modélisation.

prévaudra nulle théorie dominante, nul algorithme fatal garantissant l'exacte adéquation des moyens aux fins [1].

## *4. L'instrumentation de la modélisation*

Si modéliser scientifiquement, c'est convenir du pouvoir discrétionnaire du modélisateur (ne sommes-nous pas tous des modélisateurs, dès lors que nous *formons projet* en échangeant ?), c'est aussi — et pour notre propos dans ce livre, c'est surtout — concevoir, *construire et apprendre à utiliser des instruments* dont on veut disposer pour modéliser : modéliser, *c'est instrumenter !* L'exposé méthodologique le plus construit de Léonard de Vinci (concepteur de modèles complexes par excellence) est son *Traité de la peinture* : la métaphore est significative lorsque l'on se souvient du rôle extraordinaire que Vinci donne au dessin dans ses entreprises de conception : pour lui — et souvent pour nous encore aujourd'hui — le dessin est l'instrument de modélisation presque le plus parfait ! On comprend mieux dès lors son acharnement à théoriser de son mieux cet instrument essentiel et à élaborer une sorte d'entendement méthodique et méthodologique de cette correspondance pensée-projettrait-pensée, par laquelle s'instaure l'acte de conception. Le lent passage de l'accumulation des tours de main aux recettes jusqu'à leurs théorisations se lit, avec émotion parfois, dans l'histoire enchevêtrée des sciences et des techniques : c'est une nouvelle strate de ces théorisations que propose aujourd'hui *La Théorie du Système Général : théorie de la modélisation ;* elle se doit d'être d'abord une *théorie de l'instrumentation de la modélisation.* C'est pourquoi on maintient volontiers, après ces sept premières années de pratique pédagogique et d'activité scientifique, la primauté que l'on avait introduite, dès la première édition, à la présentation de la *systémographie* (cf. p. 75) : le lecteur qui tiendrait cet ouvrage pour la présentation et le mode d'emploi de la *systémographie, instrument de conception-construction de modèles des phénomènes ou des projets perdus complexes,* ne trahirait pas l'intention de son auteur. On a certes veillé à mettre en perspective l'instrument et l'instrumentation dans les contextes épistémologiques, historiques et socio-économiques dans lesquels ils se justifient. Mais cet *environnement* ne doit pas masquer le *projet* par rapport auquel il s'entend. Peut-être faut-il ici souligner le caractère « raisonnable », et, au moins praticable de ce

1. La désormais célèbre métaphore de l'abeille et l'architecte de Karl MARX mérite d'être ici évoquée tant elle rend compte de cette liberté que sa science donne au concepteur : *L'abeille confond, par la structure de ses cellules de cire, l'habileté de plus d'un architecte. Mais ce qui distingue dès l'abord le plus mauvais architecte de l'abeille la plus experte, c'est qu'il a construit la cellule dans sa tête avant de la construire dans la ruche... (Le Capital,* p. 728 de l'Édition Pléiade).

projet, et inviter le lecteur à en convenir... Si l'on se devait de repérer, fût-ce cavalièrement, les grandes perspectives scientifiques, épistémologiques, culturelles, dans lesquelles notre travail se déploie, on ne devait pas s'arrêter à ces repérages : il s'agit de proposer quelques réponses argumentées et instrumentées à la question : *Comment modéliser ?* En précisant, autant que faire se peut, les *pourquoi de ces comments.*

*
* *

*La postface pour la quatrième édition, rédigée en mars 1994, prolonge et met en perspective les développements de la systémique dont cette introduction (rédigée en 1983) présente l'ambitieux projet : construire une science des processus de modélisation à fin d'intervention des phénomènes perçus complexes (irréductibles donc à un modèle, aussi compliqué soit-il) ; une science des systèmes, dont* « le système soit de représenter, et non d'expliquer » *(Paul Valéry, 1937,* Cahiers 1, *p. 846).*

*PREMIERE PARTIE*

# le paradigme systémique

« Qui a le plus besoin de l'épistémologie ? Ce sont les ingénieurs, ceux qui ont le besoin le plus urgent d'une théorie de la connaissance, et la meilleure probabilité d'en créer. »

(S. PAPERT et G. VOYAT, 1968.)

« Toi qui médites sur la nature des choses, je ne te loue point de connaître les processus que la nature effectue ordinairement d'elle-même, mais me réjouis si tu connais les résultats des problèmes que ton esprit conçoit. »

(Léonard de VINCI, *Carnets.*)

« Chercher une méthode, c'est chercher un système d'opérations extériorisables qui fasse mieux que l'esprit le travail de l'esprit. »

(Paul VALERY, *Variétés.*)

« Un paradigme n'explique pas, mais il permet l'explication... il nous permet d'élaborer une théorie non mutilante... mais il ne produit pas automatiquement cette théorie. Au minimum c'est un » pense-bête » ; au maximum c'est un pense intelligent, qui nous aide à concevoir la complexité. »

(E. MORIN, 1980.)

« Bref, ce qui comptera désormais, dans les sciences comme dans les cultures, ce n'est pas le *modèle*, c'est la *modélisation*... »

(A. P. HUTCHINSON, 1982)

— « Alors il y a un ordre dans le monde !, criai-je, triomphant.

— « Alors il y a un peu d'ordre dans ma pauvre tête, répondait Guillaume. »

(Umberto ECO, 1982.)

« Et je développais une méthode sans lacune. Où ? Pour quoi ? Pour qui ? À quelle fin ? De quelle grandeur ? »

(P. VALERY, *Eupalinos.*)

$\lambda^2\lambda$

CHAPITRE PREMIER

| | | A | S | E |
|---|---|---|---|---|
| 3 | F | 4 | 7 | 10 |
| 2 | O | 5 | 8 | 11 |
| **1** | G | 6 | 9 | 12 |

# *« discours de la méthode » : l'ancien et le nouveau*

## 1. La faillite du discours cartésien

### Les « mess », ou la faillite de l'intelligence ?

Est-ce la même intelligence humaine ? Celle du *triomphalisme scientiste si fréquent chez les techniciens* (P. Delattre, 1974, p. 11), fiers de tant d'exploits technologiques stupéfiants et déjà familiers, et celle de la morosité amère qu'inspirent ces villes, ces usines, ces injustices, conçues, voulues par l'homme ? Est-ce la même intelligence, celle qui permet à un homme de marcher librement sur la lune et qui impose à tant d'hommes l'absurdité révoltante de la stagflation ? Y a-t-il donc une telle différence entre la maîtrise de la gravitation et celle de l'inflation ? Ce que l'intelligence humaine a su faire ici, ne sait-elle plus le faire là ?

Faut-il en convenir ? Le peut-on ? Passionnément, se référant agressivement aux seules méthodes qui ont fait hier leurs preuves et aux concepts qui les fondent : la raison, l'objectivité, la logique, les hommes d'action aussi bien que les hommes d'étude s'accrochent. La technocratie devient notre nécessaire régime ; efficacité, rentabilité, centralisation, intégration deviennent nos nécessaires références. La bureaucratie nous sert de moins en moins d'image repoussoir, de garde-fou ! Les échecs pourtant s'accumulent : faillite de New York, famine du Sahel africain, crise des systèmes d'enseignements, des systèmes de santé, des systèmes de transports... La science, elle-même ! *C'est le contraste de plus en plus évident, de plus en plus*

*difficile à dissimuler, entre une science pléthorique et la stagnation manifeste de la pensée scientifique vis-à-vis des problèmes centraux qui affectent notre connaissance de la réalité* (R. Thom) [1].

L'horizon lui-même semble bouché ! Les problèmes, hier difficiles à résoudre, semblent devenir des *mess* [2], ces magmas inextricables impossibles même à identifier correctement : la criminalité juvénile, le déficit de la sécurité sociale, la valse stupéfiante des cours des matières premières, l'asservissement du pouvoir judiciaire au pouvoir politique, l'économie viticole du Sud français..., faut-il énumérer plus avant ?

## Un changement de « méthode » ?

Alors, démission de l'intelligence ? Celle qui pourtant avait su, non seulement faire atterrir *Viking* sur la planète Mars, mais aussi faire diffuser quelques minutes après, sur des millions d'écrans, les images captées par les caméras embarquées ! Un tel aveu, malgré tant d'échecs, nous demeure collectivement insupportable. Peut-être pouvons-nous explorer une autre issue, difficile et audacieuse ? Remettre en question *la méthode*, celle qui depuis trois siècles a fait ses preuves en Occident ? Fût-ce sous forme interrogative, la proposition tient du blasphème : objectivité et logique, analyse et synthèse, conditions nécessaires et suffisantes, évidence des lois naturelles, autant de pierres grâce auxquelles nous savions *raison garder*, au sortir d'un obscurantisme dégradant. Pierres qu'un des plus vénérés d'entre les nôtres avait su agencer en un illustre *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison*, nous assurant ainsi, par la magie de l'écriture, d'une de nos rares certitudes.

Ce *Discours* qui pourtant ne constituait plus pour nous, depuis bien longtemps, *un événement intellectuel*, tant il était implicite, impliqué dans les mœurs et la culture occidentales, *comme une règle de vie intellectuelle dogmatique et paisible* [3]. Un dogmatisme si prégnant que nous n'oserions toujours pas aujourd'hui formuler le blasphème si quelques-uns des esprits les plus puissants et les plus originaux du début de ce siècle n'avaient déjà osé. En osant, ils

---

1. Cf. l'article de R. THOM dans *l'Organum*, t. XVII de *l'Encyclopedia Universalis*, intitulé, significativement : « la science malgré tout… ».

2. R. L. ACKOFF (1974, p. 21) propose ce nom intraduisible pour désigner les « *systèmes de problèmes qui ne peuvent être décomposés en problèmes plus simples... lesquels sont des minimess* ».

3. G. BACHELARD (1934, p. 151), dans un essai d'une étonnante pénétration, écrivait : *On sent bien d'ailleurs que ces règles n'ont plus, dans la culture moderne, aucune saleur dramatique. En fait, il n y a pas un lecteur sur cent pour lequel le* Discours *soit un événement intellectuel personnel. Qu'on dépouille alors le* Discours *de son charme historique, qu'on oublie son ton si attachant d'abstraction innocente et première, et il apparaîtra au niveau du bon sens, comme une règle de vie intellectuelle dogmatique et paisible.*

prouvaient : *un discours sur la méthode scientifique sera toujours un discours de circonstance, il ne décrira pas une constitution définitive de l'esprit scientifique* (G. Bachelard, 1934, p. 139). Le *Discours de la méthode*, un discours de circonstance ? H. Bergson, dès 1907, l'avait auguré (cf. L'évolution créatrice, p. 320-321, p. ex.) et quelques-uns des plus grands physiciens. Le propos pourtant était si révoltant que nous pûmes longtemps l'ignorer, et faire comme si les cent pages du Discours de 1637 constituaient l'éternelle constitution de l'intelligence humaine cherchant à bien conduire sa raison.

Le diagnostic de faillite de cette intelligence est si sévère qu'il nous faut aujourd'hui cesser de « faire comme si », et accepter aussi de remettre en cause cette règle de vie intellectuelle ! Si, après examen, ce discours de circonstance, bien qu'ancien, nous paraît toujours actuel, nous pourrons, rassurés, conserver nos habitudes paisibles... et, confiants dans cet exercice de la raison, nous acharner, demain comme hier, à la maîtrise de la connaissance, de la réalité ! Sinon, il nous faudra rassembler les matériaux d'un nouveau discours qui se saura, lui, de circonstance, à l'aide duquel nous pourrons peut-être développer de nouvelles formes d'exercices de notre raison... Parmi elles, peut-être en découvrirons-nous quelques-unes qui s'avéreront fécondes pour notre intelligence du monde contemporain et de ses *mess* !

L'entreprise commence donc par la lecture de l'ancien *Discours.* Elle est aisée. Le sage René Descartes avait pris soin de ramasser en une page les quatre préceptes qui fondent la méthode pour bien conduire sa raison... en 1637 [1]. On s'efface bien volontiers au profit de cette page si souvent citée qu'il nous faut quelque effort pour reconnaître l'événement intellectuel au lieu du thème lassant de dissertation scolaire !

## Rationalité n'est pas seulement cartésianisme

Surprise peut-être ? Le texte familier ne nous dit pas... ce que nous entendions : objectivité, rationalité, probité intellectuelle, rigueur logique, qualité formelle..., mots clefs que nous aurions volontiers cités si l'on nous avait demandé à brûle-pourpoint de caractériser en un mot le cartésianisme, sans nous laisser le temps de relire le Discours. Il ne nous dit pas ces idéaux de la raison humaine mais, beaucoup plus pragmatiquement, quelques méthodes dont Descartes pensait (sans jamais le « prouver ») qu'elles permettaient d'atteindre

1. Et même, plus précisément, en 1619 : Descartes raconte cet hiver 1619 sur les rives du Danube, *où ne trouvant aucune conversation qui me divertît et n'ayant par bonheur aucun soins ni passions qui me troublassent, je demeurai tout le jour enfermé seul dans un poële où j'avais tout loisir de m'entretenir de mes pensées*. Mais, ajoutera-t-il, *la précipitation et la prévention étant le plus à craindre, je ne devais point entreprendre d'en venir à bout que je n'eusse atteint un âge bien plus mûr que celui de vingt-trois ans que j'avais alors...*

ces idéaux. Ce pragmatisme nous éclaire sur l'immense audience de ce discours ancien : il ne disait qu'à peine « où » conduire sa raison ; mais il nous disait « comment » la conduire ! Il n'écrivait pas, comme tant d'autres, avant et après lui, un discours sur la raison, mais un discours sur la méthode pour conduire sa raison. Ne se peut-il que nous l'ayons lu un peu précipitamment et que nous lui ayons demandé de nous dire à la fois la méthode et le but ? Un examen de conscience collectif serait ici peut-être bienvenu :

— la méthode impliquait un but, et un seul : l'acceptions-nous explicitement lorsque nous mettions en œuvre les quatre préceptes ?

— le but étant accepté, n'existe-t-il pas d'autres méthodes qui, en d'autres circonstances, s'avéreraient au moins aussi effectives et efficaces, peut-être plus générales, autorisant d'autres idéaux sans interdire les premiers ?

LES QUATRE PRECEPTES DU « DISCOURS DE LA METHODE »

« Ainsi, au lieu de ce grand nombre de préceptes dont la logique est composée, je crus que j'aurais assez des quatre suivants, pourvu que je prisse une ferme et constante résolution de ne manquer pas une seule fois à les observer.

« Le premier était de ne recevoir jamais aucune chose pour vraie que je ne la connusse 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 la mettre en doute.

« Le second, de diviser chacune des difficultés que j'examinerais en autant de parcelles qu'il se pourrait et qu'il serait requis pour les mieux résoudre.

« Le troisième, de conduire par ordre mes pensées en commençant par les objets les plus simples et les plus aisés à connaître, pour monter peu à peu comme par degrés jusque à la connaissance des plus composés, et supposant même de l'ordre entre ceux qui ne se précèdent point naturellement les uns les autres.

« Et le dernier, de faire partout des dénombrements si entiers et des revues si générales que je fusse assuré de ne rien omettre.

« Ces longues chaînes de raisons toutes simples et faciles, dont les géomètres ont coutume de se servir pour parvenir à leurs plus difficiles démonstrations, m'avaient donné occasion de m'imaginer que toutes les choses qui peuvent tomber sous la connaissance des hommes s'entre-suivent en même façon, et que, pourvu seulement qu'on s'abstienne d'en recevoir aucune pour vraie qui ne le soit, et qu'on garde toujours l'ordre qu'il faut pour les déduire les unes des autres, il n'y en peut avoir de si éloignées auxquelles enfin on ne parvienne, ni de si cachées qu'on ne découvre. »

**L'imprécision des buts de la méthode :**
**bien conduire sa raison ?**

La première de ces deux questions appelle une réponse apparemment surprenante : les buts de la méthode, la définition du « bien » de ce « pour *bien* conduire sa raison » sont passablement implicites et imprécis. Non seulement dans les textes de René Descartes, mais aussi, ce qui est beaucoup plus curieux, dans les textes de ses innombrables exégètes, depuis plus de trois cents ans. Le titre d'un essai qui peut être tenu pour le chant du cygne de l'ancien discours, *Les infortunes de la raison* (A. Régnier, 1966), est à cet égard significatif. P. Delattre (1974, p. 8) le souligne justement : *L'universalité, l'objectivité, le souci d'exprimer notre connaissance du monde dans un langage univoque et intelligible pour tous évoquent immédiatement la raison. On pourrait s'attendre à ce qu'un tel concept, qui évoque la clarté et l'absence de doute, corresponde à une définition dénuée de toute ambiguïté. Il n'en n'est malheureusement rien... La notion même d'objectivité n'est pas aussi limpide qu'on le croit généralement. Le concept d'objectivité est étroitement lié à celui d'assentiment plus ou moins universel, mais cela ne suffit certainement pas.*

Se réfère-t-on à la logique plutôt qu'à la raison ou à l'objectivité ? *Sous l'influence d'une croyance naïve au progrès, on a souvent Prétendu que la pensée logique provenait de l'expérience sensible, ..., une sorte d'habitude mentale prise par l'homme au contact des objets matériels.*

*Si cela était vrai, on comprendrait difficilement pourquoi seulement une petite fraction de l'humanité pratique le raisonnement de façon habituelle, et pourquoi, d'autre part, ces civilisations orientales qui ont atteint une très grande profondeur dans la connaissance psychologique en même temps qu'une habileté technique très supérieure à celle de la Grèce antique n'ont jamais connu notre logique* (A. Régnier, 1966, p. 131).

Le paradoxe tient peut-être surtout au fait que les cartésiens que nous sommes ne tiennent pas pour paradoxale cette inaptitude à expliciter les objectifs de la méthode si *clairement et si distinctement que nous n'eussions aucune occasion de les mettre en doute !* Ne faut-il pas y voir au moins une sorte d'aveu implicite d'impuissance partielle de la méthode ? Cessant d'être universelle, elle devient contingente, sa dictature culturelle s'effrite. Ne faut-il pas demander aussi à ce paradoxe une autre leçon d'humilité : pourquoi imposer, *a priori*, à un éventuel nouveau discours de la méthode une contrainte que l'ancien n'a pas su ou pu franchir ? Limitons *raisonnablement* son objectif contingent à quelques déclarations d'intention aussi générales et imprécises que celles que retient André Régnier au terme de sa

méditation : *Pour ma part, ce motif me paraît être le besoin d'une perfection dans la connaissance.* P. Delattre, après avoir cité A. Malraux : *la vérité suprême est dans l'irrationnel,* nous proposera *un difficile équilibre fait d'intuition, de discernement et de rigueur... La vertu la plus difficile est sans aucun doute le discernement, qui constitue une sorte de charnière, et qui participe à la fois de l'intuition et de la rigueur. La pensée chinoise,* qui n'a jamais connu Aristote ni Descartes (mais qui se réfère aux philosophes ioniens du me siècle avant J.-C.) *n'a jamais cessé de tourner autour du Yin et du Yang... : Les contraires complémentaires. L'harmonie des contraires, c'est le Tao qui l'assure. Le Tao, c'est-à-dire la Voie* (A. Peyrefitte, 1973, p. 48).

Perfection, discernement, harmonie, éthique de la connaissance (J. Monod, 1970, p. 191), qualité formelle (A. Régnier, 1966, p. 142) ... Que chacun élabore ses propres intentions et les annonce, aussi peu communicables soient-elles dans leur *flou sémantique* [1]. Je suggérerai pour ma part : un projet permanent de *probité intellectuelle* sans vouloir l'imposer ni pouvoir le mieux définir qu'en le nommant [2] !

## D'autres méthodes... pour bien conduire sa raison

La deuxième question : existe-t-il d'autres méthodes ? va s'avérer plus féconde et nous conduira, par une discussion critique de l'ancien discours, à la formalisation de son *contraire complémentaire. Nous* le reconnaîtrons, disponible dans la culture occidentale de 1975, attendant d'être assemblé à son tour en un nouveau discours. Un discours que nous lirons en le sachant *a priori...* de circonstance ! Il y a vingt-six siècles, Lao-Tseu enseignait : *la voie que l'on emprunte n'est pas la seule voie.* Reprenons pour cela chacun des quatre préceptes de Descartes et, examinant leur validité, cherchons à en

---

1. Le ton un peu péjoratif de la notion de « confusion » peut être éliminé sans inconvénient en la remplaçant par celle de « flou sémantique », écrit sereinement P. DELATTRE (1974, p. 22). Sans inconvénient sans doute, mais, souhaitons-le, sans illusion non plus !

2. Cette impossible définition de l'objectif de tout discours s'interprète peut-être par cette réflexion de R. THOM (1968, in l'*Organum* de *l'Encyclopedia Universalis*) : *qu'on me permette ici une interprétation — toute personnelle — du fameux principe de complémentarité en mécanique quantique, selon lequel on ne peut connaître simultanément position et altesse d'une particule. Pour moi, le vrai principe de complémentarité, qui domine toute notre activité intellectuelle, s'énonce : Tout ce qui est rigoureux est insignifiant.*
Tout ce qui est rigoureux est insignifiant ! Avant de nous livrer à ce blasphème, cette lutte avec l'ange, conclut R. THOM, un peu d'ascèse ne sera sans doute pas inutile !

identifier d'autres que nous tiendrons pour mieux adaptés à l'exercice de l'intelligence, aujourd'hui.

## 2. Les quatre préceptes du nouveau discours

### Sur le précepte d'Évidence

Sur le précepte d'Évidence, tout ou presque a déjà été dit. Notre peur collective de l'absurde et de l'incertitude éclaire sans doute notre confiance en ce précepte... auquel nous faisions pourtant bien des infidélités : est-il beaucoup d'évidences proclamées que nous n'ayons honnêtement *aucune occasion de mettre en doute ? C'est par le biais de nos ignorances que s'insèrent en nous les slogans* (les évidences) *qui, à force d'être répétés, nous apportent les certitudes que nos seules connaissances ne pourraient pas justifier* (P. Delattre, 1974, p. 22). Le procès de l'Évidence naturelle a tant de fois été instruit qu'il est inutile de le reprendre ici sinon pour s'étonner de l'absence de rigueur intellectuelle de tant de cartésiens manipulant sans vergogne un concept aussi... douteux ([a]). Son contraire complémentaire, le concept auquel aujourd'hui nous nous référons lorsque nous nous proposons de tenir *quelque chose pour vraie,* semble être celui de *Pertinence* : c'est *par rapport* à quelques finalités explicitables que notre intelligence perceptive (et plus généralement : cognitive) s'exerce. Le signe égal n'a pas la même évidence pour l'arithméticien écrivant $2 + 2 = 4$ et pour l'informaticien écrivant $N = N + I$, mais pour chacun d'eux ce signe est pertinent par rapport à leur projet du moment. De tels projets nous sont difficiles à identifier explicitement ? Sans doute ; peut-être parce que l'exercice ne nous est pas familier ? Notre intelligence s'enrichira à ce type d'entraînement : s'interroger régulièrement sur ce que nous voulons !

### Sur le précepte réductionniste

Le précepte *réductionniste* est beaucoup plus solidement verrouillé l'analyse, cette décomposition *en autant de parcelles qu'il se pourrait,* est devenue synonyme de la méthode. Leibniz avait en vain attiré depuis longtemps notre attention : *cette règle de Descartes*

*est, de peu d'utilité tant que l'art de diviser... reste inexpliqué. En divisant le problème en parties inappropriées, on peut en accroître la difficulté*. P. Valéry avait en vain stigmatisé *ce vice qui consiste à prendre la partie pour le tout*. L'analyse seule semble devoir être la clef de la connaissance. J'en prends à témoin un texte récent d'un chercheur illustre, considéré comme l'un des plus ouverts aux remises en question de la science sur elle-même : *on sait que certaines écoles de pensées (toutes plus ou moins consciemment ou confusément influencées par Hegel) entendent contester la valeur de l'approche analytique... Selon ces écoles (« organisistes » ou « holistes ») qui, tel le phénix, renaissent à chaque génération*[1], *l'attitude analytique, qualifiée de « réductionniste » serait à jamais stérile... C'est là une très mauvaise et très stupide querelle, qui témoigne seulement chez les holistes d'une profonde méconnaissance de la méthode scientifique et du rôle essentiel qu y joue l'analyse*. On est un peu surpris par cette intolérance. On comprend mieux le blocage culturel de ces censeurs en... analysant... l'exemple par lequel J. Monod veut prouver sa thèse : Peut-on seulement concevoir qu'un ingénieur martien roulant interpréter le fonctionnement d'une calculatrice terrienne puisse parvenir à un résultat quelconque s'il se refusait, par principe, à disséquer les composants électroniques de base qui effectuent les opérations de l'algèbre propositionnelle ? (J. Monod, 1971, p. 93.) Mais oui, précisément, on peut le concevoir ! Nous le faisons en permanence, en interprétant le fonctionnement de nos diverses calculatrices de poche. La plupart d'entre nous, non pas par principe, mais par économie (ou par paresse), se refusent à disséquer les composants électroniques de base, et pourtant nous parvenons à des interprétations (plus fonctionnelles que structurelles, sans doute, mais est-ce là l'important ?) telles que nous parvenons à améliorer nos performances dans leur usage, à les entretenir et à les dépanner, parfois même à les coupler à d'autres appareils. Comment alors, face à ce succès, nous interdire cette entreprise de conception sous prétexte qu'elle ne satisfait pas aux canons analytiques de la méthode cartésienne ? (Car il y a abus de langage à réserver l'expression méthode scientifique à la seule méthode cartésienne, comme le fait ici J. Monod, après beaucoup d'autres !)

Une telle obstination dans le dogmatisme, une telle inaptitude à convenir de l'impuissance de l'analyse cartésienne, à rendre compte de l'expérience stupéfieraient sans doute l'hypothétique ingénieur

---

1. J. Monod renvoie *ici à Beyond Reductionism (Au-delà du réductionnisme)*, un recueil d'essais rassemblés en 1969 par A. KOESTLER et J. SMYTHIES : il s'agit pourtant d'un des exposés les plus honnêtes, les plus complets et les plus nuancés des insuffisances théoriques et pratiques du réductionnisme érigé en doctrine. On observera plus loin, cf. chap. 2, p. 31, un comportement assez curieux de J. Monod *vis-à-vis* de cet ouvrage. Ignorait-il aussi la conclusion un peu antérieure d'A. REGNIER (1966, p. 142) : *On ne saurait prétendre refuser au nom de la logique le droit de s'exprimer à toute pensée qui ne satisfait pas aux canons de la rigueur analytique.*

martien que J. Monod appelait si malencontreusement au secours d'une si triste cause. Comment le réductionnisme peut-il à ce point hanter les consciences scientifiques occidentales [1] en imposant, par son autorité, celle de l'ancien *Discours de la méthode ?* L'interprétation du paradoxe nécessite sans doute d'autres méthodes que celles qu'il nous propose ! À commencer par une interprétation du « plus » et du « somme » sur *l'évidence* desquels le réductionnisme prétendait assimiler quand même le bon vieux précepte aristotélicien qu'il niait en pratique en permanence : « *le tout est plus que la somme des parties* ». Le grand biologiste P. A. Weiss (1971-1974) a proposé sur ce thème une méditation qu'il faut suggérer sans répit aux derniers réductionnistes : « un plus un n'est pas égal à deux » [2], avant de les inviter au contraire complémentaire : *Aujourd'hui... les objets à expliquer sont considérés comme les parties de plus grands touts, plutôt que comme des touts qu'il faut décomposer en parties.* R. L. Ackoff (1972, p. 40) introduisait par ce rappel ce qu'il allait reconnaître comme *un changement radical dans nos modes de pensée et dans nos façons de voir.* Nous l'avions ignoré lorsque Paul Valéry nous l'avait annoncé, méditant sur une *autre méthode* (dans son étonnante *Introduction à la méthode de Léonard de Vinci*) *: celui qui se représente un arbre est* forcé *de se représenter un ciel ou un fond pour l'y voir s'y tenir. Il y a une sorte de* logique *presque sensible et presque* inconnue [3]. Percevoir désormais l'objet à connaître comme une partie insérée, immergée, active, dans un plus grand tout (nous dirons bientôt : dans un *environnement*), et faire de l'intelligence de cet environnement la condition de notre connaissance de l'objet, telle est la teneur du nouveau précepte, celui que nous allons opposer au réductionnisme : on pourra le reconnaître sous le label du *globalisme* [4]. Nous verrons qu'il implique une hypothèse modélisatrice fondamentale, que ce livre entier ne suffira pas à épuiser

---

1. Parmi bien des témoignages, citons cette conclusion de P. DELATTRE (197I, p. 177), au terme d'un essai stimulant et loyal, au fil duquel les arguments réductionnistes se sont peu à peu effilochés : effrayé par sa propre audace, il se croit tenu d'ajouter : les *tentatives réductionnistes ont sans doute les meilleures chances de démontrer un jour leur bien-fondé.... Un* jour peut-être, mais certes pas aujourd'hui !

2. Voir aussi G. WEINBERG, 1975, p. 43.

3. *Introduction à la méthode de Léonard de Vinci*, 1894, p. 12, dans l'édition NRF, coll. « Idées ». C'est moi qui souligne, pour accuser la vigueur du propos... et son caractère prémonitoire !

4. Le mot est un peu lourd, mais rend bien compte de l'intention que J. de ROSNAY a heureusement définie par le sous-titre de son ouvrage populaire : *Le macroscope, vers une vision globale.* Je dirai ailleurs quelques réserves que je formule sur cette tentative qui manque par trop de rigueur intellectuelle et assimile involontairement systémisme et naïvisme ! Mais ces réserves ne concernent pas le projet lui-même (le globalisme), si elles soulignent que ce seul nouveau précepte ne suffit pas à fonder *le nouveau discours.* Les autres labels disponibles, d'origine anglo-saxonne, pour la plupart, ne sont en effet guère plus heureux : le *holisme* est chargé des péchés « l'antiréductionnisme », l'organicisme s'oppose plus au structuralisme qu'au réductionnisme. L. von Bertalanffy a proposé : *perspectivisme* ; R. L. Ackoff : *espansionnisme* ; et certains ont demandé à la théorie de la *Gestalt* un *gestalisme* qui recouvrait d'autres notions imbriquées.

celle de *l'ouverture* des systèmes par lesquels nous représentons les objets (alors que le réductionnisme imposait leur *fermeture*... naturellement sécurisante pour l'esprit !).

## Sur le précepte causaliste

Le précepte *déterministe,* ou, plus exactement peut-être, *causaliste* semble *a priori* encore plus indéboulonnable : ne constitue-t-il pas l'un de ces quelques principes sur lesquels repose la pensée occidentale ? Un de ces principes *que précisément la pensée chinoise ne reconnaît pas : Le principe de causalité ? la pensée chinoise... décèle non pas des rapports abstraits de cause à effet, mais des solidarités concrètes de contrastes harmonisés* (A. Peyrefitte, 1973, p. 50). C'est bien plus sans doute à Kepler, à Galilée et à Newton qu'à Descartes que nous devons cette conviction intime que le monde est doté d'une structure, d'un ordre, et que cette structure incorpore des lois cause-effet invariantes. Mais le troisième précepte a érigé cette conviction en méthode d'investigation universelle : *En supposant même de l'ordre entre ceux qui ne se précèdent point naturellement !* Ainsi s'est développée une extraordinaire assimilation : être rationnel c'est, ou bien se comporter conformément à des lois déjà identifiées, ou bien faire l'hypothèse que des lois existent dans la nature et se donner pour raison de les identifier. Hors de là il n'est point de rationalité ; et quiconque émet l'hypothèse que de telles lois n'existent peut-être pas, que la graine ne saurait être la seule cause de l'arbre, est derechef proclamé irrationnel. Nous allons sans doute souffrir longtemps encore de cet impérialisme implicite du troisième précepte, et il sera difficile de nous convaincre qu'il est possible d'être parfaitement rationnel sans être astreint au seul modèle causaliste pour connaître le monde. Nous pourrons certes montrer que d'autres hypothèses (ni plus ni moins fondées) permettent une vision du monde tout aussi raisonnable ; nous pourrons certes montrer les horribles méfaits du modèle behavioriste *stimulus-réponse* (*i.e.* cause-effet) sur la connaissance de l'homme pensant depuis soixante ans [1].

---

1. Il faut relire le procès passionné qu'a fait A. KOESTLER de cette dictature du « modèle SR » sur la pensée psychologique contemporaine, in *Le cheval dans la locomotive* (1967-1968), I^re^ partie. Ou encore, L. von BERTALANFFY dans un essai trop peu connu : *Robot, Men and Minds* (1967) (p. 6 à 22 en particulier). Je relis le manuscrit final de ce livre au moment où *Le Monde* (20 juillet 1976, p. 16) rend compte du discours du Pr Paul Fraisse au Congrès international de Psychologie de Paris : *Orienter la psychologie cers la science de la psyché plutôt que vers la recherche de lois directes stimulation-réponse aura des conséquences considérables dont nous prenons déjà conscience, car la mutation que je souhaite est commencée...* En 1976 ! Pourquoi, au nom de la rationalité, avoir tant attendu ! Faut-il rappeler que, *dés 1912, les psychologues de la théorie de la* Gestalt *(Wertheimer) avaient déjà montré qu'une combinaison, dans le temps et dans l'espace, de stimulus divers*

Nous pourrons montrer l'irréalisme patent de nos raisonnements, « toutes choses égales par ailleurs », alors que toutes nos expériences nous apprennent que *rien n'est égal par ailleurs* (M. Godet et J.-C. Duperrin, 1974, p. 508) et que nous observons tous les jours que les mêmes causes n'entraînent pas toujours les mêmes effets (la graine n'entraîne pas toujours l'arbre, fût-ce en probabilité, pas plus qu'une politique de restriction du crédit n'entraîne une régression de l'inflation !) [1]. Nous pourrons montrer l'illusion de ces décisions prises, *en toute connaissance des causes*, alors que nous les espérions *en toute connaissance des conséquences*. Cette démonstration nous servira pourtant incidemment, car elle incitera les gardiens du Temple de la seule rationalité déterministe et cartésienne à nous opposer : conséquences ? *Mais conséquences pour qui, par rapport à quoi ? C'est* le terrain où nous souhaitons précisément les conduire, car s'ils font leur, fût-ce un instant, l'objection, le ver sera dans le fruit et la dictature du causalisme sévèrement ébranlée : *Ma pensée*, disait Descartes, *n'attribue aucune nécessité aux choses*. La contradiction, dès lors, leur deviendra insupportable, au risque, il est vrai, de les voir se refermer sur ce *postulat d'objectivité* qui serait selon eux *consubstantiel à la Science* (J. Monod, 1971, p. 32 ; cf. chap. 2).

L'expérience est curieuse, mais cent fois faite : on ne convainc pas un causaliste, même convaincu de la relativité et de la contingence du précepte causaliste, par des arguments rationnels, ni même par des arguments d'efficacité. On a peut-être plus de chance en essayant les oracles : R. Boudon (1968, p. 30), en proclamant : *l'épistémologie causaliste est morte*, était peut-être plus efficace que F. Betz et I. Mitroff (1974) (deux disciples de C. W. Churchman et R. L. Ackoff), montrant qu'il est quatre correspondances possibles entre les occurrences de deux ensembles d'événements *(A)* et *(B)* et non pas une seule. L'occurrence de *B* peut en effet être rationnellement identifiable et interprétable, selon que l'occurrence de À lui est, ou ne lui est pas nécessaire, et lui est, ou ne lui est pas suffisante. La première correspondance *(A)*, condition nécessaire et suffisante de *(B)*, est causale ; les trois autres ne le sont pas. Sont-elles pour autant dénuées de raison et indignes d'une connaissance rationnelle ?

---

*conduisait à des expériences dont les résultats ne pouvaient être prédits à partir de la connaissance de chaque stimuli ?* (F. K. BERRIEN, 1968, p. 62).

1. Le pragmatisme anglo-saxon a depuis longtemps dénoncé la *single cause habit :* l'habitude de la cause unique (Cf. p. ex. SELLER, 1967, p. 3) ; de même, la thèse de la dialectique producteur-produit, formulée par le philosophe américain E. Singer, sur laquelle C. W. CHURCHMAN (1971, p. 45) et R. L. ACKOFF (1974, p. 16) baseront leur *contribution à* la systémique, constitue une pièce maîtresse de cette remise en question (cf. la très *bonne* thèse de BETZ et MITROFF, 1974). K. de GREENE (1973, p. 93) ira jusqu'à dire que la *relation cause-effet est essentiellement un non-sens.*

On voudrait, pour convaincre quand même, inviter les causalistes à prendre davantage conscience des contraintes que font peser sur la raison l'hypothèse de la *linéarité (ces longues chaînes de raisons toutes simples)* [1], ou celle du *one best way.* Sur cette dernière, citons un commentaire décisif de M. Crozier (*in* Balle-Peaucelle, 1972, p. 164) : *Malgré nos dénégations, nous vivons toujours selon le principe du « one best way », c'est-à-dire selon l'illusion qu'on peut séparer les moyens et les fins et que les techniciens peuvent déterminer le seul meilleur moyen une fois qu'une fin a été clairement fixée... En fait, ce raisonnement qui a permis de grands progrès est un raisonnement pauvre, qui devient de plus en plus paralysant, non parce qu'il est inhumain, mais parce qu'il ne rend compte que d'une partie de la réalité... À côté de la démarche décomposante et hiérarchique impliquant une causalité simple, (on peut...) développer une démarche totalisante prenant en compte les ensembles* « *fins/moyens* » [2].

Car enfin, n'est-ce pas là l'enjeu, celui de la rationalité, et non celui du seul causalisme : La rationalité, après tout, doit traiter des moyens et des fins et de leurs relations. Elle ne dit pas quelles sont les fins. Elle essaye seulement de nous rendre conscients de la compatibilité ou de la disparité entre fins et moyens (K. Arrow, 1974-1976, p. 12). Et si elle ne nous dit pas quelles sont les fins, elle nous fait obligation de formuler quelques hypothèses sur ce qu'elles pourraient être, ou devenir. Elle ne nous impose en rien d'inscrire nécessairement ces hypothèses sur les fins dans le passé, dans la structure de l'objet ou du phénomène considéré.

L'hypothèse d'une relation cause-effet à découvrir n'est pas une hypothèse indispensable pour l'exercice de l'intelligence connaissante : tout au plus, une hypothèse parfois utile, et on peut présumer que nous avons épuisé la plupart des situations où elle pouvait servir. Nous ne cesserons pas d'être rationnels parce que nous considérerons d'autres hypothèses sur les fins, non plus toujours *câblées* dans la structure, mais peut-être programmées et multiples dans quelques mémoires, voire programmables et même inventables, par le recours à quelque forme d'imagination. À « l'explication cause-effet », l'intelligence substitue alors, par une féconde généralisation, « l'interprétation (ou la compréhension) comportement-finalité ». Au précepte causaliste, nous venons de substituer le précepte

1. Cf. p. ex. l'excellente discussion de la linéarité proposée par L. SFEZ dans sa *Critique de la décision* (1973). On discutera plus volontiers l'imprécision du concept de « multirationalité » sur lequel il étaye un autre volet de sa magistrale critique.

2. M. CROZIER ajoute alors, anticipant un peu sur notre propos : « *La notion de Système devient la notion clé de ce nouveau mode de raisonnement, qui peut être à la source d'un renouvellement total de la pensée.* »

*téléologique,* celui qui fait d'une réflexion sur les finalités [1] de l'objet à connaître une des clés d'entrée du dispositif de l'intelligence rationnelle.

## Rationalité : causalité et symbolique

Et de même que le deuxième et le troisième précepte de l'ancien discours s'imbriquaient en profondeur (le réductionnisme impliquant en quelque sorte le causalisme et réciproquement), ceux du nouveau discours se rejoignent quasi logiquement, l'ouverture sur l'environnement engendrant l'ouverture sur le champ des finalités et réciproquement [2]. Alors que le causalisme s'exprimait par des lois, la téléologie s'exprimera par des signes, faisant de l'aptitude à la manipulation de symboles *(l'homme, animal symbolique)* [3] la caractéristique centrale de l'exercice de la rationalité ; la « loi » étant bien sûr un symbole de référence parmi d'autres possibles : le nouveau discours englobe l'ancien sans renier autre chose que sa prétention à l'universalité et au monopole de la rationalité.

De l'analyse, nous pourrons passer à la conception (*cette catégorie de comportement que l'on appelle téléologique,* C. Churchman, 1971, p. 5). De la modélisation du contrôle structurel, cybernétique, nous pourrons passer à celle de la décision finalisée et anticipatrice (cf. Mesarovic, 1968, p. 68 et 1975, p. XI). De l'explication toujours inachevée et peut-être impossible (« dis-moi quelles sont les lois intrinsèques qui gouvernent ton comportement », mais que dire si de telles lois n'existent pas ?), nous pourrons passer à

---

1. Les synonymes *a priori* sont nombreux, chacun apportera sa nuance ou sa précision : but, objectifs, projets, intention... Nous n'en rejetons aucun *a priori, à* ce stade du discours.

2. R. THOM, in *ENSTA*, 1975, p. 20, le perçoit et l'éclaire fort justement, sans dissimuler les difficultés de ce passage du *fermé à l'ouvert.*

3. L. VON BERTALANFFY (1967, p. 22) développe très richement ce thème qu'il emprunte au philosophe E. CASSIRER (1953). Le Pr P. FRAISSE, dans le texte déjà cité (cf. n. 1, p. 16), centrera sa réflexion sous ce même titre : *Parler de l'homme comme d'un animal symbolique, c'est souligner qu'il y a en lui un système fonctionnel supplémentaire qui explique la possibilité de construire son propre univers.* Construire son propre univers, c'est construire l'univers de la connaissance (cf. chap. 3 : Les systèmes de représentation). L'essai récent que J. ATTALI a publié sous le titre *La parole et l'outil* (1975) rend richement compte — avec parfois plus d'imagination que de rigueur intellectuelle — de cette émergence de l'information symbole (le *champ du signe,* selon J. Attali), la parole, la relation finalisée, dépassant le règne de l'outil asservi à ses lois mécaniques.

l'interprétation relative et contingente (« dis-moi quels sont les projets extrinsèques [1] auxquels tu réfères ton comportement » ?).

> Ainsi l'exil rigoureux auquel est condamné le mot « but » dans la science contemporaine. Il s'agit sans doute des séquelles de la réaction contre l'animisme de la physique d'Aristote, dans laquelle les pierres accéléraient leur chute par hâte de rentrer chez elles... À partir de Galilée, les « causes finales » ou la « finalité » furent reléguées au royaume de la superstition et la causalité mécanique régna souverainement...
>
> Cependant, si la causalité défaille, si les événements ne sont plus rigoureusement gouvernés par les poussées et les pressions du passé, ne peuvent-ils être influences en quelque manière par la « traction » de l'avenir, ce qui est une façon de dire que le « but » pourrait être un facteur physique concret de l'évolution de l'univers ?
>
> C'est faire preuve de bien peu d'imagination que de croire que le concept de « but » doive être forcément associé à quelque déité anthropomorphe.
>
> (A. KOESTLER, 1959-1960, *Les somnambules*, p. 644.)

De telles démarches, de telles questions ne sont-elles pas raisonnables (ou rationnelles) ? Pourquoi donc les bannir au nom d'un dogme contingent... surtout si elles s'avèrent effectives dans l'exercice de notre intelligence.

### Sur le précepte d'exhaustivité

Le dernier précepte de l'ancien discours, celui de *l'exhaustivité*, est aisé à récuser. Il est si quotidiennement bafoué sans vergogne par chacun, cartésien ou non, que ses défenseurs résisteront peu devant l'argument des faits : il est... en pratique... impraticable ! Qui pourra jamais être assuré qu'il a *fait un dénombrement si entier qu'il soit assuré de ne rien omettre.* Et si on n'en est pas assuré, peut-on loyalement référer le comportement de son intelligence au discours cartésien ? Car les quatre préceptes sont solidaires. Ne pas respecter une des règles du jeu, n'est-ce pas tricher ?

Les cartésiens s'étaient tirés de cette difficulté en inversant la proposition : substituer à la connaissance de l'objet, en tant que tel, celle des parties dénombrées de cet objet. Est-il surprenant que ce

---

1. J'emprunte cette dualité intrinsèque-extrinsèque à une très remarquable étude du biologiste T. H. WATERMAN, *in* M. MESAROVIC, 1968, p. 5 ([b]).

mode de connaissance se soit avéré si insuffisant ? Un « cri du cœur « d'un des derniers grands cartésiens, aux contributions duquel nous ferons plus d'une fois appel, Th. Vogel (1973, p. 8), révèle pourtant l'intolérance intellectuelle provoquée par la référence à ce précepte : *Si nous définissons un triangle et que nous en étudions les propriétés, nous n'admettons pas que l'on puisse dire à un moment donné : « attention, ce triangle est rouge, ou bien découpé dans du métal »*. Ce « nous n'admettons pas » ne nous devient-il pas... intolérable ? Faut-il vraiment, au nom de la raison, refuser de recueillir une observation... sous prétexte qu'il est trop tard et que nous avons commencé à raisonner sur un ensemble qui se devait d'être exhaustif ?

Observons incidemment qu'au nom de ce précepte quelques milliers d'informaticiens ont dramatiquement régidifié les rapports sociaux... sous prétexte qu'on ne pouvait pas prendre en compte de nouvelles données « sans réécrire tous les programmes ». Il aura fallu plus de dix ans pour les convaincre qu'il était possible de concevoir des programmes qui... comme nos raisonnements, s'adaptent à des situations changeantes ! Je ne suis pas sûr qu'ils aient encore tous accepté, dans leur for intérieur, de changer de discours de la méthode !

Il est vrai que par ses prouesses validées, par l'amplification des capacités cognitives de mémorisation et de logique qu'elle permet, l'informatique a, un instant, rendu crédible parce que praticable, le défi du précepte d'exhaustivité à notre intelligence. Quiconque a travaillé avec succès sur des modèles socioéconomiques de plus de trois mille relations connectant quelque vingt mille variables, ne pouvait s'interdire d'espérer. L'enjeu n'était-il pas à portée de main ? Il est difficile aujourd'hui de déchanter, à l'instant où l'on allait enfin convaincre les politiques de l'opportunité du pari. Et pourtant, il le faut. Le passage de la *complication* à la *complexité* implique un seuil, un changement de méthode intellectuelle. Les objets que nous devons aujourd'hui nous représenter, si nous voulons loyalement y intervenir, ne sont plus seulement tissés d'écheveaux compliqués connectant des éléments identifiables, aux comportements dénombrables et peu nombreux. La différenciation et le droit à la différence appartiennent aussi au monde réel et la *variété* des objets à connaître nous devient incommensurable. Que l'on s'y résigne, en regrettant le bon vieux temps où le discours cartésien s'adaptait à nos modes de connaissance, ou que l'on s'en félicite, aspirant à un monde où nos cultures ne seront plus uniformisantes, le réductionnisme analytique connaît des limites aussi inéluctables que celles, déclarées, du globalisme nous ne pouvons plus convenir que nous serons à même « *de faire partout des dénombrements si entiers et des revues si générales que nous soyons assurés de ne rien omettre* ».

Mieux vaut en convenir et nous proposer délibérément d'omettre beaucoup de choses en les enfonçant dans l'ombre des agrégats. Des agrégats que, bien sûr, nous sélectionnerons nous-mêmes, explicitement, publiquement. Nous ne prétendrons plus, dès lors, « tout » expliquer de l'objet considéré (avec quelques risques

d'échouer dans l'entreprise !), mais, plus modestement, interpréter ce à quoi nous nous intéressons, sans nous assurer de la totalité de cette interprétation.

Une telle modestie serait-elle déraisonnable ou irrationnelle ? Elle ne masque pas u la « difficulté, celle de toute représentation *définir un élément* (cf. P. Delattre, 1974, p. 17) ; nous dirons plutôt définir un *agrégat* (cf. L. Zadeh, 1969, p. 24), ces ensembles au sein desquels nous nous résignons à (... ou nous nous réjouissons de) ne pas tout dénombrer, et que nous ne connaîtrons que par quelques étiquettes qui nous diront leur position relative dans leur environnement (leur *état* extérieur).

Un des projets décisifs de la Théorie du Système Général sera précisément de proposer au modélisateur une démarche cohérente pour l'aider à concevoir une agrégation judicieuse pour son propre projet. Ainsi, au précepte d'exhaustivité, nous opposerons un précepte *d'agrégativité* [1] par lequel se complétera le nouveau discours de la méthode !

## Les quatre préceptes du nouveau discours de la méthode

Car il semble bien que, dans leur intrication, les quatre nouveaux préceptes constituent un discours aussi cohérent que les quatre anciens identifiés par Descartes : ce n'est pas un des moindres mérites du maître que d'avoir eu l'intuition de cette extraordinaire simplification, *au lieu de ce grand nombre de préceptes dont la logique est composée.* Quatre préceptes, quatre seulement (que l'on pourrait même *réduire* à trois en perdant l'extraordinaire bénéfice d'une redondance réfléchie ; cf. chap. 10, p. 183).

En méditant sur les trois siècles d'expériences que vient de pratiquer la culture occidentale, nous avons perçu les faiblesses de ce discours de circonstances... L'examen critique de chacun de ces quatre préceptes anciens nous a livré son contraire complémentaire, élaboré par une civilisation qui se perçoit en mutation. Ces quatre nouveaux préceptes que l'on a tenté de formuler sous une forme condensée, dans l'encart ci-dessous, nous disent l'essentiel de la teneur du nouveau discours de la méthode, auquel se réfère — ou peut se référer — l'intelligence contemporaine. Il nous reste à dégager le nouveau paradigme qui archétypera ce nouveau discours : nous reconnaîtrons le *paradigme systémique ;* puis à déployer, sur ce paradigme, une théorie de la modélisation, *la Théorie du Système Général,* qui

1. J'emprunte ce concept d'agrégat à L. ZADEH (1969). Il gênera peut-être les économistes accoutumés à une définition plus restrictive (disons : plus additive) de l'agrégat.

assistera l'exercice quotidien de notre intelligence modélisatrice (qu'on la qualifie de démarche systémique, d'analyse de système ou de systémographie). Tel est le projet de ce livre.

LES QUATRE PRECEPTES
DU NOUVEAU DISCOURS DE LA METHODE

*Le précepte de pertinence* : Convenir que tout objet que nous considérerons se définit par rapport aux intentions implicites ou explicites du modélisateur. Ne jamais s'interdire de mettre en doute cette définition si, nos intentions se modifiant, la perception que nous avions de cet objet se modifie.

*Le précepte du globalisme* : Considérer toujours l'objet à connaître par notre intelligence comme une partie immergée et active au sein d'un plus grand tout. Le percevoir d'abord globalement, dans sa relation fonctionnelle avec son environnement sans se soucier outre mesure d'établir une image fidèle de sa structure interne, dont l'existence et l'unicité ne seront jamais tenues pour acquises.

*Le précepte téléologique* : Interpréter l'objet non pas en lui-même, mais par son comportement, sans chercher à expliquer a priori ce comportement par quelque loi impliquée dans une éventuelle structure. Comprendre en revanche ce comportement et les ressources qu'il mobilise par rapport aux projets que, librement, le modélisateur attribue à l'objet. Tenir l'identification de ces hypothétiques projets pour un acte rationnel de l'intelligence et convenir que leur démonstration sera bien rarement possible.

*Le précepte de l'agrégativité* : Convenir que toute représentation est partisane, non pas par oubli du modélisateur, mais délibérément. Chercher en conséquence quelques recettes susceptibles de guider la sélection d'agrégats tenus pour pertinents et exclure l'illusoire objectivité d'un recensement exhaustif des éléments à considérer.

*
* *

## u Relecture *

Cette réflexion préliminaire sur *la* méthode selon René Descartes, pour introduire une présentation *des* méthodes de modélisation systémique devait, par probité vis-à-vis du lecteur, être maintenue dans sa forme initiale, malgré les adjurations de quelques philosophes amis et les invectives de quelques autorités qui en appellent à la mise à l'index !

J'ai en effet été surpris des interpellations passionnées qu'a plus d'une fois provoquées ce premier chapitre : en le rédigeant, en 1975-1976 [1], je ne me percevais pas comme un provocateur anarchiste et j'ai même craint de paraître enfoncer une épée dans l'eau, tant d'éminents scientifiques avaient développé les mêmes arguments avant moi ! C'était mal évaluer la prégnance culturelle du discours cartésien : entre *La Logique de Port-Royal* (1683) et le *Cours de Philosophie positive* d'Auguste Comte (1842), ce discours s'est institué en texte sacré : si la Parole est reconnue vieillissante, tout le système qui se fonde sur elle va s'effondrer : perspective inadmissible [2] ! Si bien que cette lecture à voix haute d'une page (centrale, j'en conviens) du *Discours* de René Descartes m'a valu quelques inimitiés... fort peu rationnelles ! Le nouveau lecteur ne comprendrait pas que je tente de les atténuer au prix de concessions qui affecteraient la reconnaissance du caractère nécessairement idéologique de toute entreprise de modélisation [3]. En revanche, les commentaires critiques des spécialistes de l'œuvre multiple de René Descartes mériteraient un examen d'autant plus circonstancié que nombre de ces critiques se présentent en des termes fort coopératifs. On m'accordera que le propos ici n'était pas l'exégèse de l'œuvre de R. Descartes, mais l'examen de la pertinence, pour le modélisateur contemporain, de l'axiomatique de la modélisation qu'il proposa il y a plus de trois siècles. Un corps d'axiome n'est ni vrai, ni faux. Nous

---

∗ À la fin de chaque chapitre, sous ce titre *Relecture,* sont présentés des développements et compléments assurant la mise à jour de cette deuxième édition.

1. Un article publié en octobre 1976 sous le titre L'analyse de système : nouveau discours de la méthode (dans la revue *France-Forum,* n° 150, numéro spécial sur la théorie des systèmes réalisé par Joseph FONTANET) développait sensiblement la même argumentation, sans susciter alors beaucoup de polémiques.

2. Le Pr Robert FAURE, « *réagissant vivement, non pas en tant que cartésien attardé, mais plutôt en qualité de défenseur conséquent de la raison humaine* », écrivait à propos de ce chapitre I en 1978 : « *Quand on déchaîne l'assaut contre quelques-uns des fondements de la logique cartésienne, c'est-à-dire* Le Discours de la Méthode, *je suis fondé à constater qu'en fait, consciemment ou inconsciemment, on livre bataille à la raison* » (dans Edith HEURGON, *Colloque de Cerisy,* 1979, p. 44). Cette imagerie guerrière révèle le caractère étonnamment passionnel des réactions suscitées parfois par cette relecture du *Discours* !

3. Idéologie qui choquait tellement le traducteur de *La Théorie du Système Général, théorie de la modélisation* dans une langue étrangère que celui-ci, devant mon refus « d'adoucir » la forme de ce chapitre, préféra faire résilier le contrat de traduction alors qu'il avait déjà avancé son travail !

importe seulement qu'il ne soit pas totalitaire : on voulait seulement mettre en valeur le fait qu'il est possible de lui proposer des concurrents. La parution, à partir de 1977, des tomes successifs de *La Méthode* d'Edgar Morin constitue désormais la démonstration expérimentale de cette hypothèse initiale ! Les termes par lesquels E. Morin présente son projet peuvent ici être rappelés, puisqu'ils constituent à la fois un exergue pour une réintroduction du chapitre I et une ouverture à l'introduction du chapitre 2 :

« *À la différence d'un Descartes qui partait d'un principe simple de vérité, c'est-à-dire identifiant la vérité aux idées claires et distinctes, et, par là, pouvait proposer un discours de la méthode de quelques pages, je fais un très long discours à la recherche d'une méthode qui ne se révèle par aucune évidence première et doit s'élaborer dans l'effort et le risque. La mission de cette méthode... est d'inviter à penser soi-même dans la complexité* » (Edgar Morin, 1982, p. 274).

### *Notes complémentaires pour la deuxième édition*

([a]) K. POPPER rappelle par exemple cette formule d'ARISTOTE, reprenant Platon : « Il est *évident* (je souligne) qu'il y a par nature des gens qui sont les uns libres, les autres esclaves et que pour ceux-ci la condition servile est à la fois avantageuse et juste... » (dans *La Politique*, § 1254 b, cf. le tome II de *La Société ouverte et ses ennemis.*

([b]) On ne peut ici que provoquer la réflexion sur l'axiome de causalité en référence à la Méthode. Il faudrait tant d'autres commentaires pour le discuter dans ses références idéologiques ou métaphysiques, le rôle central proposé par Kant au critère de causalité comme critère de distinction entre l'objet et le sujet nous servirait alors de solide base de départ.

CHAPITRE 2

| | | A | S | E |
|---|---|---|---|---|
| 3 | **F** | 4 | 7 | 10 |
| **2** | **O** | 5 | 8 | 11 |
| 1 | **G** | 6 | 9 | 12 |

*le paradigme systémique :*

# *concevoir l'objet système général*

## 1. À chaque discours, son paradigme

La succession des discours de la méthode qu'écrit l'histoire de la pensée humaine engendre une succession parallèle de *résolutions scientifiques.* Le philosophe T. S. Kuhn (1963, trad. franç., 1972), dans un essai souvent cité, a proposé de typifier chacune de ces révolutions par son *paradigme,* autrement dit par le schéma global des quelques hypothèses de base sur lesquelles chaque époque scientifique repère ses directions privilégiées d'investigation : l'émergence d'un nouveau paradigme — symbolisé souvent par le nom du théoricien auquel l'histoire attribue la paternité d'une nouvelle conception de l'univers et de la connaissance [1] — jalonne d'une nouvelle borne l'histoire de l'intelligence et transforme, souvent en profondeur, la conception de l'univers que se forge chaque être humain. Ainsi se forgent nos cultures par l'intrication de paradigmes se différenciant plus par mutation que par harmonieuse progression.

Si aujourd'hui nous diagnostiquons une telle rupture dans l'ordre de la *méthode,* il nous importe de l'interpréter dans sa genèse : le

1. A. Koestler, dans un essai passionnant, présente ces théoriciens comme les grands somnambules de l'humanité : *mélange d'inspiration et d'illusion, de prophétique clairvoyance et d'aveuglement dogmatique, d'obsession millénaire et de dédoublement de la pensée* (A. KOESTLER, 1958, trad. franç., 1960). Les philosophes ioniens, Aristote, Platon, Copernic, Kepler, Galilée, Newton, lui fourniront des exemples de ces catastrophes culturelles rompant, souvent brutalement, les longues stabilités de la pensée humaine. Créateurs qui furent les initiateurs de nouveaux paradigmes : héraclitéens, aristotéliciens, képlériens, newtoniens...

passage du paradigme cartésien au paradigme systémique, que l'on a tacitement argumenté au chapitre précédent, se déploie dans une histoire proche et familière pour la culture occidentale. Si familière que l'on est tenté parfois de le considérer comme un développement sans rupture — une théorie de plus, et quelques néologismes qui vieilliront vite — dans une conjonction après tout permanente d'événements intellectuels. Pour résister à cette tentation sécurisante, il est peut-être utile d'explorer succinctement cette histoire familière en tentant d'identifier les principaux paradigmes épistémologiques dont l'enchaînement nous conduit, par une nouvelle révolution scientifique, à une révolution culturelle dont l'enjeu, souvent, impressionne les plus audacieux.

PARADIGME, THEORIE ET MODELE

« Il y a des différences subtiles mais importantes entre les mots « paradigmes », « théorie » et « modèle ». « Paradigme » nous réfère à un ensemble d'hypothèses fondamentales et critiques sur la base desquelles théories et modèles peuvent se développer. Théories et modèles sont plus complètement spécifiés... »

(J. D. STEINBRUNER, 1974, p. 11.)

## Le paradigme de la mécanique rationnelle

La construction intellectuelle qui incarne le plus fidèlement le discours cartésien est, sans conteste, le *paradigme de la mécanique rationnelle : il* a atteint, à la fin du XIX$^{e}$ siècle, un *caractère si achevé que Lord Kelvin croyait devoir déplorer que les jeunes scientifiques n'aient plus rien d'intéressant à trouver* (Th. Vogel, 1973, p. 35). Pour lui, tout objet est susceptible d'être *expliqué*, plutôt que décrit. Dette explication se fondera sur l'identification de la structure de l'objet, dont il est certain qu'elle existe, et qu'elle est unique et invariante. *(On supposera même de l'ordre entre les éléments qui ne se précèdent point naturellement !) Nous posons en axiome que la structure d'un objet détermine ses fonctions... sans structure, la fonction est impossible* (F. K. Berrien, 1968, p. 15). La structure seule est explicative, seule elle est permanente, sur elle seule se fonde *l'évidence* cachée de l'objet. Un objet qu'il importe d'isoler suffisamment de ses contextes souvent changeants, ne serait-ce que pour que l'on puisse *le reproduire toutes choses égales par ailleurs.* La structure est la cause, la condition nécessaire et suffisante de l'effet, et donc de la fonction assurée par l'objet. La connaissance de l'objet ne saurait se satisfaire de la description superficielle de cette

fonction : mieux vaut lui substituer l'analyse de sa structure. Si vous *ne comprenez pas une fonction, étudiez une structure* [1].

La fécondité exceptionnelle de ce paradigme — que symbolise la figure 2.1 — depuis trois siècles est telle qu'il semble encore souvent, sinon le seul, au moins l'idéal, le canon de toute qualité scientifique et donc intellectuelle ; il incarne la perfection dans l'ordre de la connaissance... en Occident, et au XX^e^ siècle ! Il semble même monopoliser les critères de rigueur et de probité intellectuelle par la subtile confusion qu'il implique entre la rationalité de l'homme pensant et *la compréhension de cette rationalité comme une explication par des causes mécaniques* [2]. Ainsi s'explique peut-être le surprenant monopole que s'attribuèrent les mécaniciens en faisant longtemps légitimer l'expression « mécanique rationnelle ». (La désignation — beaucoup plus correcte — « mécanique classique » est récente et pas toujours admise.)

On y perçoit même parfois un regret nostalgique. Si le premier livre de la Genèse s'était ouvert par la phrase : « Au commencement Dieu créa deux axes de coordonnées (cartésiennes), *ox* et *oy*... » (n'en avait-il pas besoin pour structurer son épure ?), ne disposerait-on pas de la preuve qui vaincrait les derniers *mécaniciens irrationnels ?*

## Le paradigme de la mécanique statistique

Avant même qu'il n'atteigne son apogée, le paradigme de la mécanique rationnelle allait connaître au cours du XIX^e^ siècle un premier défi : on ne caricature pas trop l'histoire de la pensée en identifiant le challenger par le label du paradigme de la *mécanique statistique :* la formule est due, semble-t-il, à L. Boltzmann qui sut percevoir l'originalité profonde des questions que posait la thermodynamique encore naissante : non plus l'examen de la *cinématique* — réversible et quasi horlogère — d'une structure présumée donnée, mais l'anticipation de la *cinétique puis* de la *dynamique* rendant compte des transformations irréversibles de cette structure au fil du temps.

« *La pensée scientifique du dix-neuvième siècle marque ainsi une réaction contre le point de vue qui voulait qu'en science les découvertes soient faites par des dissections microscopiques des objets. Elle introduit une alternative dans laquelle le centre d'intérêt passe des entités établies par l'analyse classique, aux qualités*

---

1. Proposition célèbre de Francis CRICK rappelée par A. BUSSARD, in *La recherche*, n° 31, févr. 1973 : « L'origine cellulaire des anticorps « ,. p. 124. L'auteur précise qu'en immunologie cette proposition lui semble aujourd'hui *inopérante.*

2. La citation est empruntée à Madeleine BARTHELEMY, dans une introduction (« La doctrine de Descartes ») au *Discours de la méthode*, Paris, Ed. de Cluny, 1943, p. 48. La commentatrice encourage d'ailleurs à cette confusion en fondant le *principe d'un monde rationnel* sur cette compréhension mécaniste.

*possédées par le système considéré comme un tout qui ne peut pas être décomposé...* » (Eddington, 1958. Cité par L. von Bertalanffy in A. Koestler et J. Smythies, 1969, p. 75.)

Ce passage du microscope au *macroscope* (cf. J. de Rosnay, 1975) pour connaître ou reconnaître les objets allait impliquer un changement drastique de perspective, et presque de priorité. Le fonctionnement, l'activité de l'objet deviennent contingents... Pour les mieux ignorer, on postulera même très explicitement la fermeture du système représentant l'objet. Dans un environnement vide, peut-on fonctionner ? (Les thermodynamiciens furent même, semble-t-il, les premiers à forger le concept de *système fermé.*) En revanche, l'évolution, la séquence des transformations internes de l'objet deviennent essentielles. On se libère de l'hypothèse contraignante de l'invariance de la structure en s'imposant peut-être celle de la neutralité (statistique) de l'activité par rapport à l'histoire de l'objet modélisé. A la dialectique structure-fonction du paradigme de la mécanique rationnelle, le paradigme de la mécanique statistique [1] substitue la dialectique structure-évolution (Cf. fig. 2.2). La cohabitation de ces deux paradigmes dans une profonde indépendance mutuelle se poursuivrait peut-être encore, séparant en deux castes — la grande et la petite — les physiciens et les mathématiciens et les ingénieurs qui les accompagnent, si les biologistes puis les chercheurs des sciences de l'homme n'avaient pris conscience de l'insupportable écartèlement intellectuel auquel les acculait cette dichotomie [2].

---

1. Paradigme que l'on pourrait tout aussi bien baptiser : Le *paradigme évolutionniste.* La théorie de l'évolution des espèces est de peu antérieure à celle de la thermodynamique, mais il fallut pratiquement attendre les années 1940 (I. Prigogine, E. Schrödinger, L. von Bertalanffy) pour que la rencontre des deux théories, celle des biologistes et celle des physiciens, s'amorce.

2. Parmi eux, ne faut-il pas citer Michel Serre... bien que son intervention soit historiquement fort postérieure, post-structuraliste pourrait-on dire ? *Michel Serre est le messager alchimiste d'une révolution dans la conception du monde... Formidable ébranlement qui, parti de Carnot (la théorie des machines à feu et le second principe de la thermodynamique), passe par Clausius et Boltzmann... Serre est le premier penseur qui ait tiré les conséquences épistémologiques de ce qu'on peut et doit appeler la « révolution carnotienne »* (J. GRINEWALD). *Bachelard lui-même a ignoré cette révolution ; les sciences de l'homme ont ignoré cette révolution... Or la thermodynamique concerne la machine vivante, machine humide et visqueuse qui s'auto-entretient et s'autoconsume en permanence, elle concerne la machine sociale...* L'avis est d'un orfèvre peu contesté, Edgar MORIN (in *Le Nouvel Observateur,* 9 février 1976). *Complément 1983.* — On ne disposait que de quelques textes épars d'E. MORIN en 1976, lors de la rédaction de ce chapitre. Avec la parution de *La Méthode* (1977, 1980...) on dispose désormais d'abondantes références qui étayent et développent l'argument : la modélisation peut et doit aujourd'hui rendre compte de la capacité d'un système à s'autonomiser dans son évolution tout en risquant l'uniformisation au sein de son substrat : auto-entretien, auto-consomption...

## La première épistémologie non cartésienne

Il semble en effet que les physiciens et les chercheurs en *sciences exactes* n'aient pas voulu entendre les objurgations et les arguments de G. Bachelard les appelant dès 1934 à une *épistémologie non cartésienne. Les coups de génie* qui venaient de *fonder la mécanique ondulatoire* (L. de Broglie) *et la mécanique des matrices* (Heiseinberg) rejetaient *au passé les mécaniques classiques...* (p. 180). En convenir, c'était il est vrai remettre en cause les préceptes de l'évidence et du réductionnisme, ce que G. Bachelard, avec audace, faisait volontiers (que l'on relise sa méditation sur l'évidence d'un morceau de cire pour Descartes, p. 171), et plus confusément les préceptes de causalité *(on arrive à penser à une sorte de construction en projets, de réels en plans...)* (p. 162) et d'exhaustivité *(c'est ce que souligne M. Louis de Broglie : « Au début du développement de la science moderne, Descartes disait qu'on devait s'efforcer d'expliquer les phénomènes naturels par figures et par mouvements. Les relations d'incertitudes expriment précisément qu'une telle description en toute rigueur est impossible puisqu'on ne peut jamais connaître à la fois la figure et le mouvement. » Ainsi les relations d'incertitude doivent être interprétées comme des obstacles à l'analyse absolue)* (p. 142). Ces remises en cause étaient sans doute trop inconfortables pour être acceptées par les physiciens qui préférèrent laisser éclater en quatre systèmes théoriques mutuellement irréductibles [1] notre connaissance de l'univers inanimé plutôt que de reconsidérer leur épistémologie de base (on dirait aujourd'hui leur *problématique*).

## Le paradigme structuraliste

Dans l'histoire de la pensée occidentale la résurgence du *paradigme dialectique* au cours de ce même XIX$^{e}$ siècle ne pouvait pas ignorer cette tension entre les deux mécaniques : structure-fonction et structure-évolution. La recherche d'un paradigme

1. POLYKAROV, in *Problèmes philosophiques des théories physiques modernes,* cité par Y. BAREL (1970, p. 111) propose le découpage suivant, assez généralement accepté : La mécanique rationnelle, la mécanique (ou la physique) statistique (ou la thermodynamique), la théorie des champs et la physique quantique. Cette pulvérisation en sous-paradigmes indépendants décourageait légitimement les sciences de la vie et les sciences de l'homme, qui durent alors se résigner à abandonner le sécurisant paradigme mécaniste et à explorer, loin des intolérances des physiciens et des expérimentalistes, des voies nouvelles de connaissance ([a]).

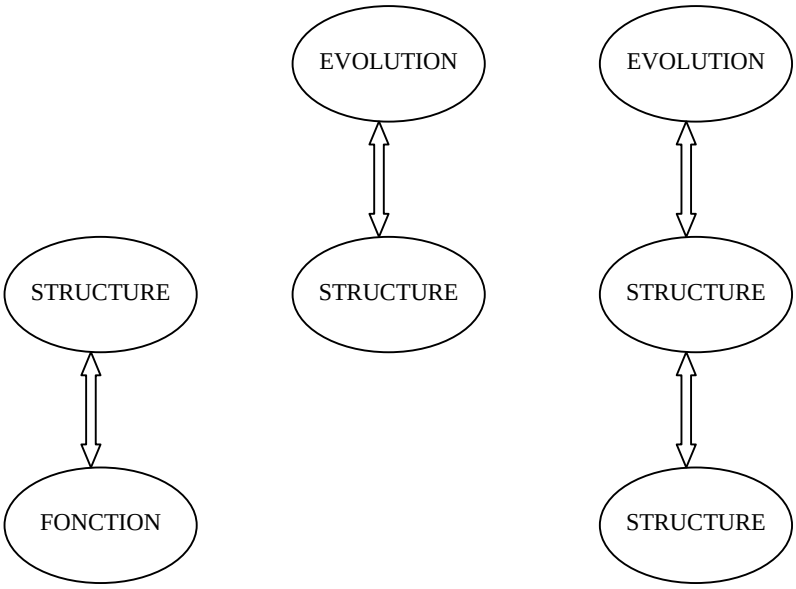


FIG. 2.1
*Le paradigme de la mécanique classique (ou paradigme cartésien)*

FIG. 2.2
*Le paradigme de la mécanique statistique (ou thermodynamique)*

FIG. 2.3
*Le paradigme structuraliste*

unificateur se déploie alors entre 1950 et 1970 selon deux inspirations, l'une plus européenne, que l'on propose de typifier par le paradigme structuraliste, l'autre plus nord-américaine, que l'on peut reconnaître par le paradigme cybernétique. On peut les caractériser en quelques mots [1].

Dans une effervescence intellectuelle exceptionnelle, la différenciation du *paradigme structuraliste* sembla un instant promettre un nouveau discours de la méthode. *Au total*, concluait J. Piaget (1968, p. 123), qui fut, entre autres, un de ses meilleurs théoriciens, *le structuralisme est bien une méthode et non pas une doctrine.*

---

1. *Complément 1983*. — La version 1976 ne présentait que la transition par le paradigme structuraliste ; on sous-estimait ainsi le rôle « culturel » du paradigme cybernétique dans l'histoire de la théorie de la modélisation ; il est vrai que, on va le lire, Jean PIAGET avait su, pour l'essentiel, ré-intégrer dans sa présentation de la méthode structuraliste (1968) l'essentiel des apports de la cybernétique. Ce qui dissimulait implicitement les apports spécifiques de cette dernière à la modélisation. Son importance conceptuelle nous semble, avec un peu plus de recul, devoir être plus explicitement mise en valeur par un paragraphe rédigé pour cette seconde édition : « Le paradigme cybernétique » (cf. p. 53).

Il proposait une démarche globale qui décrive en même temps l'objet dans sa *totalité,* fonctionnant *et* évoluant (cf. fig. 2.3) : *la nature du sujet est de constituer un centre de fonctionnement et non pas le siège* a priori *d'un édifice achevé* (J. Piaget, 1968, p. 123). L'objet ne peut-il être perçu comme un faisceau de transformations (*ibid.*, p. 124), opérant et évoluant du seul fait de ses opérations ? *Cette constante dualité, ou plus précisément bipolarité, de propriétés d'être toujours et simultanément structurantes et structurées* (*ibid*., p. 11) ; les structuralistes diront bientôt, redécouvrant les intuitions de l'illustre linguiste Ferdinand de Saussure, simultanément *diachronique et synchronique* [1] : la vérité synchronique paraît être la négation de la vérité diachronique et, à voir les choses superficiellement, on s'imagine qu'il faut choisir ; en fait, ce n'est pas nécessaire ; l'une des vérités n'exclut pas l'autre [2].

Nous percevons certes l'objet dans sa *totalité,* mais si nous l'acceptons structuré, ce n'est plus *par une forme statique quelconque mais par un système de transformation* (J. Piaget, 1968, p. 10).

Une telle démarche allait, explicitement, porter un coup mortel au précepte du réductionnisme. *Le caractère de totalité* propre aux structures va de soi [3]... *Une structure est certes formée d'éléments, mais ceux-ci sont subordonnés à des lois caractérisant le système comme tel... conférant au tout en tant que tel des propriétés d'ensemble distinctes de celles des éléments* (*ibid.*, p. 8.) Elle allait aussi atteindre par son talon d'Achille le précepte du causalisme, mais rares furent les chercheurs qui le perçurent et en convinrent ! Citons pourtant A. Lichnerovicz (in *ISEA*, 1972, p. 1507) : *Abandonnant le concept pseudo-scientifique de cause, le structuralisme vise, dans sa démarche dite synchronique, à dégager de l'ensemble des phénomènes un système apte à fonctionner et qu'il soit raisonnable d'isoler.* La cause, concept pseudo-scientifique ? Un tel blasphème semble encore insupportable ; avec une rare honnêteté, J. Monod (1970, p. 32), dont la contribution décisive caractérise exactement la charnière entre le paradigme de la mécanique statistique et le paradigme structuraliste, se refusera à franchir ce Rubicon de la pensée : *C'est de notre entendement, de l'intuition que nous avons du phénomène qu'il s'agit. Il y a là une flagrante* contradiction *épistémologique. La pierre angulaire de la méthode scientifique est le postulat de l'objectivité de la nature. C'est-à-dire le refus* systématique *de considérer comme pouvant conduire à une connaissance « vraie « toute interprétation des phénomènes données en termes de causes finales, c'est-à-dire de « projet ». On peut dater exactement la découverte de ce principe. La formulation, par Galilée*

---

1. Nous dirons souvent, restaurant le langage des physiciens, dynamique et cinématique (cf. R. THOM, 1972, p. 19).

2. Citation de F. de SAUSSURE par T. VION, in *Encyclopedia Universalis*, vol. 5, p. 526.

3. Il va sans doute de soi, mais il se heurte à de fortes résistances culturelles. La citation de P. DELATTRE (1971, p. 177) rappelée en n. 1, chap. 1, p. 35, en témoigne.

*et Descartes, du principe d'inertie ne fondait pas seulement la mécanique, mais l'épistémologie de la science moderne... Le postulat d'objectivité est consubstantiel à la science, il a guidé tout son prodigieux développement depuis trois siècles. Il est impossible de s'en défaire, fût-ce provisoirement... L'objectivité cependant nous oblige à reconnaître le caractère téléonomique des êtres vivants, à admettre que, dans leurs structures et Performances, ils réalisent et poursuivent un projet. Il y a donc là, au moins en apparence, une contradiction épistémologique profonde.*

## Le paradigme cybernétique [1]

Cette *contradiction épistémologique profonde* dont convenait Jacques Monod a sans doute toujours été reconnue et assumée par la science... Les interdits du positivisme ne contraignent que ceux qui, faute d'arguments, les érigent en dogme. Les réactions contre ces dogmatismes réducteurs sont périodiques et fécondes... Pour le XX^e^ siècle, on peut repérer l'événement que constitua la parution, en 1943, dans une revue internationale de philosophie des sciences, d'un article intitulé « Comportement, intention et téléologie » dû à celui qui allait être, en 1948, le fondateur officiel de la *cybernétique*, N. Wiener [2]. Cette restauration des concepts de *projets, de buts, de téléologie* pour l'étude des comportements des objets ou phénomènes naturels et artificiels allait s'avérer décisive : au début des années soixante-dix, à l'heure où se révélaient mieux les forces et les faiblesses du paradigme structuraliste [3].

---

1. Ce paragraphe, ajouté pour l'édition 1983, n'apparaissait pas dans l'édition originale.

2. La cybernétique naquit officiellement avec la publication en 1948 (chez un éditeur parisien) de l'ouvrage de Norbert WIENER portant ce titre ; titre que décodait un sous-titre : « Communication et commande chez l'animal et dans la machine ». La science de la communication *et* de la commande avait dès lors droit de cité dans les communautés scientifiques. (On trouve des inventions antérieures de la cybernétique... auxquelles les contemporains ne furent guère attentifs : le Polonais Trentowski en 1843, le Français Ampère en 1834). Outre le texte fondateur de N. WIENER (qui soulignait volontiers sa dette à l'égard de son compagnon A. Rosenblueth), on doit mentionner les deux ouvrages essentiels de Ross ASHBY et sans doute quelques textes des rencontres de la fondation Macy, dont le secrétaire était H. von Foerster (N. WIENER raconte la naissance de ces rencontres, au printemps 1946, dans son introduction à *Cybernetics*). On aura d'autres occasions de mentionner les contributions contemporaines exceptionnelles de H. von FOERSTER qui eut sans doute le premier la vision de la rencontre de la cybernétique wienérienne et du structuralisme piagétien au sein de la naissante systémique au début des années soixante.

3. Forces et faiblesses fort aisément diagnosticables par la lecture de deux ouvrages publiés en 1968 : coïncidence significative. Le « Que sais-je ? » de J. PLACET, *Le Structuralisme ;* et, du sociologue Raymond BOUDON, *A quoi sert la notion de structure ? Essai sur la signification de la notion de structure dans les sciences humaines.* Ce dernier concluait aisément : « La seule définition possible de la notion de structure est intimement liée à la notion de théorie des systèmes » (p. 95).

Le paradigme cybernétique allait en effet proposer une sorte de renversement de la perspective modélisatrice : au lieu de centrer l'attention du modélisateur sur les *mécanismes ou* les structures organiques, il va au contraire proposer de les ignorer en les enfermant dans des *boîtes noires,* tout en privilégiant l'interprétation des comportements ; si une cybernétique classique réduisait la modélisation des comportements à celle des *régulations de fonctionnement,* par la féconde introduction du concept de *boucle informationnelle de rétrocommande* (cf. chap. 5), une cybernétique plus originale allait se développer aux États-Unis, à l'initiative notamment des rencontres de la fondation Macy au fil des années cinquante [1] : des chercheurs éminents en sciences sociales (anthropologie et sciences politiques notamment) et en sciences de la vie (y compris la neuropsychologie cognitive) demandaient à la cybernétique un *cadre de représentation* entièrement fondé sur le concept de boîte noire : non plus *expliquer* les mécanismes en eux-mêmes, mais *comprendre ou interpréter* les comportements en référence permanente aux *projets* du phénomène modélisé, décrits par rapport aux *environnements* au sein desquels il *fonctionne* et il se *transforme : fonctionnement* et *transformation* (ou morphogénèse) entendus dans leur temporalité (cf. fig. 2.4). La notion de *structure* dès lors s'efface au profit de la notion d'*interface* : *l'interface* d'un *projet conçu* dans un *environnement perçu.* Ainsi, suggérera H.-A. Simon, définirons-nous plus judicieusement un ours blanc par la conjonction d'un projet — survivre en fonctionnant — et d'un environnement — le continent arctique [2] — que par l'anatomie structurale de cet ours !...

Les modes de modélisation cybernétique [3] achoppaient pourtant souvent sur leur difficulté à rendre compte, au sein du même modèle, de cette dualité que le structuralisme, notamment dans sa formulation piagétienne (cf. p. 51) tentait d'intégrer : la prise en compte simultanée du fonctionnement (l'activité) *et* de l'évolution morphogénétique (l'évolution) du phénomène modélisé. L'intégration de ces deux paradigmes complémentaires allait se construire explicitement à partir de 1968 en se fondant sur l'expérience modélisatrice des théoriciens de la biologie.

---

1. Rencontres auxquelles participaient notamment John von Newman, J. Morgenstern, K. Lewin, Norbert Wiener, A. Rosenblueth, Warren McCulloch, Gregory Bateson, M. Head et, bien que plus indirectement, semble-t-il, E. Ashby, puis H. Maturana.

2. La métaphore de l'ours blanc symbolisant l'interface entre un « environnement interne » s'adaptant, par projet, à un « environnement externe » qui le moule, est due à H.-A. SIMON dans La *science des systèmes* (1969-1974, p. 22).

3. L'expression « modélisation cybernétique » apparaît pour la première fois en 1964, titrant l'ouvrage de deux ingénieurs tchécoslovaques, publié en anglais, *Cybernetic modeling,* de G. KLIR et M. VALACH.

## 2. Du paradigme à la théorie du Système Général

### Le paradigme systémique

Ce pas, que le biologiste J. Monod n'osait pas franchir, un autre biologiste, quarante ans plus tôt, l'avait fait ; les intuitions de L. von Bertalanffy affrontant seul, vers 1930, le faux débat de la biologie théorique d'alors, entre un mécanisme intolérant et un vitalisme souvent puéril, allaient fonder le *paradigme systémique* [1] *:* la bannière de ce rassemblement porte un nom forgé par Bertalanffy, *la Théorie du Système Général,* dont l'exposé constitue le projet même de cet ouvrage. Il importait de le situer au préalable dans son histoire, et de repérer, fût-ce succinctement, les racines maîtresses de cet arbre de la connaissance telle que le reconnaît, parmi d'autres sans doute, la pensée humaine contemporaine.

SYSTEME : Structure — Activité — Évolution

« Il existe donc une relation circulaire entre les trois aspects de base des systèmes : les structures changent un instant lorsqu'elles fonctionnent, mais lorsque ce changement est si grand qu'il est nécessairement irréversible, un processus historique se développe, donnant naissance à une nouvelle structure.

(J. A. MILLER, 1971, p. 39.)

L'intuition fondamentale du paradigme structuraliste, la perception de la structuration de l'objet par son fonctionnement même, était déjà au cœur de la première vision du biologiste qui l'avait spontanément baptisée *organicisme : l'histoire de la biologie*

---

1. Assez curieusement, J. MONOD (1970), qui porte en une ligne un jugement sévère sur l'œuvre de Bertalanffy (*La vague théorie générale des systèmes*, p. 91), semble n'avoir pas connu l'œuvre de son devancier : il se réfère en effet à un seul article de ce dernier — papier de circonstance dans un recueil de KOESTLER et SMYTHIES (1969). *General System Theory,* qui rassemble les principaux matériaux de la vision de BERTALANFFY, était pourtant paru aux États-Unis en 1968, et *Les problèmes de la vie, essai sur la pensée biologique moderne,* publié en allemand en 1949, avait été traduit en français en 1961 : traduction qui passa, semble-t-il, presque inaperçue : coïncidence sans doute : un chapitre de ce dernier ouvrage s'intitule : « Le hasard et la loi ! ». Le *hasard et la nécessité* de J. MONOD aurait-il été le même livre s'il avait eu l'occasion de pratiquer la pensée de son devancier ? À moins que... ? J. Monod, curieusement, ne cite pas le titre de l'article de L. von Bertalanffy auquel il se réfère : son lecteur sera un instant songeur s'il se reporte au texte : *Chance or Law (Le hasard ou la loi).* Coïncidence ? ([b]).

*comportera sans doute demain un chapitre intitulé : « La lutte pour le concept organismique au début du XX^e^ siècle. « On y lira comment cette idée fut négligée sous l'influence de la philosophie cartésienne, comment une métaphysique mécaniste interdit même à la biologie de rêver que les organismes puissent être autre chose que des amas de petits corps solides ; comment la première apparition du concept organismique au début du siècle avorta du fait d'une formulation incorrecte, Driesch ayant simplement substitué à l'absurde notion d'une machine fonctionnant sans mécanicien celle d'un ingénieur métaphysique* (L. von Bertalanffy, 1949-1961, p. 258).

L'image de l'organisme vivant, fonctionnant *et* évoluant, fécondait quasi spontanément la synthèse. Mais elle acculait à deux hypothèses complémentaires, à la fois banales et insupportables, hypothèses que les déploiements successifs du discours cartésien avaient victorieusement tenté de fuir parce qu'elles contraignaient à renoncer aux quatre préceptes du premier discours, ou plutôt à les désacraliser en en proposant d'autres, tout aussi raisonnables, tout aussi contingents, ceux par exemple que nous avons recensés au chapitre précédent pour typifier le nouveau discours de la méthode !

— L'hypothèse *téléologique* [1] d'une part : comme l'organisme vivant, l'organe modélisant l'objet est supposé doté d'au moins un projet identifiable, par rapport auquel son comportement pourra être interprété. *Il ne se contente pas d'obéir* à d'éventuelles lois causales, *il les utilise, comme le ferait un bon ingénieur, pour accomplir le projet, le « rêve »* (cf. F. Jacob) *de l'organisme* (J. Monod, 1970, p. 32). *L'explication causaliste est beaucoup moins plausible en ce qui concerne l'origine des mécanismes organiques très compliqués* (L. von Bertalanffy, 1968-1973, p. 77). La structure n'est plus nécessairement explicative de la fonction ou de l'évolution. L'une et l'autre peuvent s'interpréter par les projets, lesquels s'exprimeront *a priori* par des structures possibles (y compris par la plus familière et la moins explicative : *la boîte noire*, cf. chap. 4). Elles ne seront plus dès lors *évidentes* mais, plus loyalement, *pertinentes* par rapport aux projets considérés.

— L'hypothèse de l'ouverture sur l'environnement d'autre part elle découle certes de la précédente (conséquence du fait caractéristique que l'organisme est un système ouvert, précise L. von Bertalanffy, 1968-1973, p. 77), mais elle la dépasse assez largement.

---

1. La littérature anglo-saxonne parle plus volontiers de *téléologie*, la littérature française de *téléonomie* pour désigner « l'étude des finalités d'un objet ». Je suggère de retenir une différenciation significative établie par A. WILDEN (1972, p. 363) ; *téléonomie* : étude des systèmes finalisés par une stabilité, recherche de la stabilité structurelle et non du changement (en anglais : *goal-seeking system*) ; *téléologie* : étude des systèmes finalisants, acceptant différentes plages de stabilité structurelles et capable en général d'élaborer ou de modifier leurs finalités (en anglais : *purposeful system*). Cf. divers compléments et nuances au chap. 9, et la note 1, p. 136.

Le paradigme structuraliste avait certes déjà fait sien le précepte globaliste (le caractère de totalité propre aux structures va de soi, J. Piaget, 1968, p. 8), mais il l'avait immédiatement délimité, borné : Ce caractère de conservation avec stabilité des frontières, malgré la construction de nouveaux éléments, suppose donc un autoréglage des structures (J. Piaget, 1968, p. 14).

En s'annexant brutalement la cybernétique [1], le structuralisme se fourvoyait dans l'impasse de la modélisation des systèmes fermés. C'est cette impasse que, avec une exceptionnelle intuition, L. von Bertalanffy avait perçue vers 1930 en proposant d'appeler « théorie des systèmes ouverts » la théorie supportant le paradigme organiciste qu'il conceptualisait alors pour sortir la biologie de l'alternative sans issue « mécanicisme-vitalisme » (cf. L. von Bertalanffy, 1968-1973, p. 124) [2]. Il soulignait d'emblée sa caractéristique essentielle : représenter les objets dans leur substrat, c'est les représenter ouverts sur leur environnement, même si cet environnement ne peut jamais être exhaustivement descriptible [3]. Quelque dix ans plus tard, percevant plus sûrement la généralité de la modélisation par système ouvert, il allait proposer de sortir du champ de la biologie théorique et forger le concept de Système Général pour en rendre compte. Cet historique nous importe aujourd'hui dans la mesure où il nous fait mieux percevoir l'intuition créatrice, l'ouverture de l'objet sur l'environnement, et par là même le clivage fondamental que provoque l'émergence du paradigme systémique par rapport au paradigme cartésien.

La prise en compte de ces deux hypothèses à partir du schéma de base du paradigme structuraliste (cf. fig. 2. 3) et du paradigme cybernétique (cf. fig. 2.4.) se traduit aisément de façon graphique (cf. fig. 2.5) : *La révolution systémique* (cf. R. L. Ackoff, 1974) est un dépassement et non un reniement. Le nouveau discours de la méthode

---

1. L'édition originale proposait ici un très bref développement de sept lignes introduisant le développement du paradigme cybernétique : développement que l'on présente plus soigneusement dans l'édition de 1983 (cf. p. 53). On l'évoquait en référence au paradigme mécanique classique, en mentionnant par une note quelques repères qu'il est utile de conserver. C'est précisément par cette forme limite que s'est fait, historiquement, le basculement du paradigme cartésien au paradigme systémique. Voir, entre autres, sur ce thème : A. WILDEN, 1972, p. 352 et p. 355 ; L. von BERTALANFFY, 1968-1973, p. 154, et R. RUYER, 1954, p. 25 : « En *rendant la cybernétique moins mécaniste, on ne l'éloigne pas, bien au contraire, du point de vision scientifique du monde.* »

2. Voir aussi p. VIII de l'édition 1968 en langue anglaise (G. BRAZILLER, Pub. NY). L'édition française reprend la préface de l'édition Penguin, 1971, qui est peut-être moins intéressante pour le lecteur soucieux d'interpréter les idées dans leur histoire.

3. De façon imagée, la célèbre école systémique polonaise (dont les principaux travaux furent publiés sous le règne de la cybernétique, avant l'émergence du paradigme systémique) utilise le concept de « système quasi isolé » pour traduire le concept de système ouvert, en accusant ainsi la différence avec les systèmes... familiers des modélisateurs : « les systèmes absolument isolés » (cf., p. ex., H. GRENIEVSKY, 1960-1965, p. I).

hérite non seulement de l'ancien, mais de quelques autres que l'Occident semblait oublier. Interpréter et représenter l'objet comme une intervention finalisante dans un environnement, n'est-ce pas le

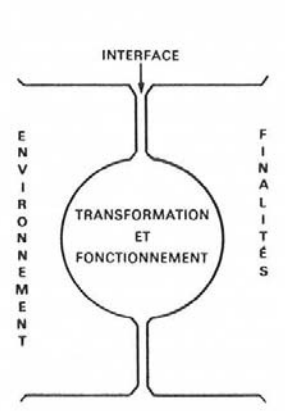


FIG. 2.4. — *Le paradigme cybernétique*

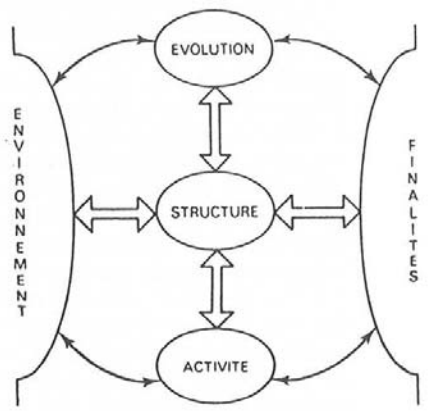


FIG. 2.5. — *Le paradigme systémique*

percevoir comme engendré par un conflit ? La redécouverte d'Héraclite *(le conflit est père de toute chose)* est l'œuvre de quelques grands systémistes contemporains (R. Thom), comme celle d'Aristote : *n'est-ce pas à la doctrine aristotélicienne selon laquelle structure et fonction sont reliées à une finalité ou à une intention qu'il importe de revenir si l'on veut interpréter le développement de l'organisme ?* (P. K. M'Pherson, 1974, p. 220.)

Il faut interrompre ici une méditation épistémologique qui se renouvelle chaque jour [1], si on pense l'avoir poussée assez avant : il importait, ayant interprété l'émergence d'un nouveau discours de la méthode au sein de la pensée contemporaine, de vérifier la disponibilité d'un paradigme épistémologique suffisamment formalisé pour supporter et mettre en œuvre ce nouveau discours. Le paradigme systémique a ces qualités. Son caractère opérationnel doit maintenant

1. Le remarquable tome I de La *Méthode* d'E. MORIN paraît à l'instant où j'achève l'ultime lecture des épreuves de ce livre : le renouvellement épistémologique s'accélère sensiblement en 1977, *Complément 1983. — On* maintient cette note de l'édition originale. La longue introduction à la seconde édition éclaire plus complètement ce qui n'était alors qu'une allusion *in extremis.*

s'exprimer en une théorie qui permette d'identifier les concepts de base, de vérifier leur cohérence et de révéler les conditions de leur mise en œuvre dans la pratique de la modélisation des objets ; une théorie qui couple une méthodologie sur une épistémologie.

## Les deux théories du système

### — *la théorie générale : une version stupéfiante*

« *De tout ce qui précède se dégage une vision stupéfiante, la perspective d'une conception unitaire du monde jusque-là insoupçonnée. Que l'on ait affaire aux objets inanimés, aux organismes, aux processus mentaux ou aux groupes sociaux, partout des principes généraux semblables émergent* » (L. von Bertalanffy, 1948-1961, p. 220).

L'immensité de cette ambition stupéfia tellement nos contemporains qu'ils ne s'aperçurent pas qu'ils avaient depuis longtemps accepté, après quelques prudences initiales, semblables *folies* lorsque Aristote ou Descartes les proposèrent à nos civilisations ? L'enjeu pourtant s'avère si fantastique — une conception unitaire du monde — que l'on a quelque scrupule à relever le défi. Il nous importait certes que quelques visionnaires, de P. Teilhard de Chardin à L. von Bertalanffy, s'y essayent, mais allions-nous ignorer leur acquis en regrettant une insuffisante argumentation, tel manque de rigueur (*la vie,* disait Paul Valéry, *n'a pas le temps d'attendre la rigueur*), telle *incomplétude* (cf. Pizzorno, 1975). L. von Bertalanffy avait eu, là aussi, l'intuition de cette alternative en proposant un titre bivalent pour la théorie dont il élaborait les fondements : *General System Theory* se traduit correctement par *Théorie Générale du Système* et *Théorie du Système Général,* et ces deux traductions rendent bien compte des deux ambitions [1].

La *vision stupéfiante* est celle d'une théorie générale de l'univers, du système universel. La tiendra-t-on pour *vague* (J. Monod, 1970, p. 91), pour *un ensemble syncrétiste d'idées théoriques* (E. Morin, 1974, p. 746), ou pour un vœu *pieux* (R. Thom, in *ENSTA*, 1976, p. 9), voire *pour une terminologie plutôt qu'une théorie* (Betz et Mirtroff, 1974, p. 1242), tout en confessant *le besoin désespéré d'une telle théorie ?* (F. K. Berrien, 1968, p. V.) Nous n'entrerons pas

1. Ce jeu de mots a déjà provoqué quelques débats, les uns de type byzantin, les autres cherchant à révéler 1 essentiel sous l'accessoire. On a repris en Annexe 3 certaines de ces considérations pour mieux justifier auprès des experts sourcilleux le choix de la formule que l'on a retenue pour présenter la Théorie du Système.

aujourd'hui dans ce débat ouvert en proposant à la réflexion et à l'action intelligente un autre terrain.

— *la théorie de la modélisation*

La théorie du Système Général est *la théorie de la modélisation des objets* (naturels ou artificiels, compliqués ou complexes) à l'aide de cet objet artificiel peu à peu façonné par la pensée humaine, que L. von Bertalanffy proposera d'appeler *le Système Général : le système est un modèle de nature générale* (L. von Bertalanffy, *in* Klir, 1972, p. 31). C. W. Churchman définira en une ligne, dès 1964, la nature de cette théorie : la *théorie du Système Général est la méthodologie de recherche du Système Général* (*in* M. Mesarovic, 1964, p. 175).

Cet objet artificiel peut être défini ; il est possible de le doter de propriétés, il est possible de s'assurer de la cohérence de ces propriétés, il est possible enfin de l'utiliser pour représenter (nous dirons bientôt pour *systémographier :* cf. chap. 3) d'autres objets, quels qu'ils soient. La théorie du Système Général est — et n'est que — l'exposé d'une théorie de la modélisation : l'exposé des propriétés cohérentes de l'objet Système Général, outil de modélisation.

L'objectif ainsi délimité ne nous conduit pas à un vague syncrétisme, mais à une construction intellectuelle que l'on prétend rigoureuse (ou susceptible de le devenir), mais nullement totalitaire elle tire sa force de sa contingence.

## La description de l'objet Système Général

*Il y a une dizaine d'années, toute étude sur les systèmes généraux devait commencer par une explication de cette expression, car personne n'en avait jamais entendu parler. Il en va de même aujourd'hui, pour une raison diamétralement opposée,* plaisantent D. Ganse et G. Weinberg (*in* G. S. Y., 1973, p. 137).

Le premier paradoxe de la théorie tient à ce qu'elle est présumée définir une méthode de recherche d'un objet qu'on aurait au préalable, sinon déjà trouvé, au moins su définir, de telle façon qu'on puisse le reconnaître ultérieurement !

Sur ce paradoxe ont achoppé la plupart des traités : contraints : d'initialiser le processus par une définition et une seule, ils inhibent leur progression ou se contraignent à des contorsions intellectuelles qui dégradent la théorie en une collection d'éphémères recettes. Convenons à leur décharge que L. von Bertalanffy lui-même ne les a

pas directement mis en garde, en proposant à l'occasion une définition du système aussi pauvre que possible : *il semble en premier lieu que la définition des systèmes comme « ensemble d'éléments en interaction » est si générale et si vague qu'on ne peut pas en tirer grand-chose. Ceci n'est cependant pas vrai* (L. von Bertalanffy, 1968-1973, p. 37). Hélas ! Car on montrerait sans peine que cette définition analytique et ensembliste a fourvoyé bien des chercheurs qui ne perçurent pas le passage qu'elle autorisait avec d'autres définitions, au moins aussi fécondes [1].

Pour échapper à cette contradiction formelle, nous avons suivi, quasi spontanément, un autre itinéraire que celui de « la définition d'abord » : plus détourné sans doute, mais peut-être plus « public ».

En partant de l'histoire d'une intention, celle de la recherche des *méthodes pour bien conduire sa raison* et donc pour représenter honnêtement le monde connaissable, nous avons progressivement fait émerger un paradigme qui s'exprime correctement par un idéogramme (celui de la figure 2.5). Il nous est loisible alors de baptiser *Système Général* la description de ce schéma qui a semblé typifier les articulations essentielles du discours auquel on se référait. Cette description (plutôt que cette définition) est sans doute générale et intentionnelle, mais son exposé devrait nous suffire à reconnaître un tel objet artificiel lorsque nous le rencontrerons : un objet qui, dans un environnement, doté de finalités, exerce une activité et voit sa structure interne évoluer au fil du temps, sans qu'il perde pourtant son identité unique.

De façon plus triviale, mais peut-être plus mnémonique [2] :

— quelque chose (n'importe quoi, présumé identifiable)

— qui *dans* quelque chose (environnement)

— *pour* quelque chose (finalité ou projet)

— *fait* quelque chose (activité = fonctionnement)

---

1. R. THOM (1974, p. 130) a fort clairement souligné cette difficulté : *on définit en général un système comme un ensemble d'éléments en interaction. Ce qui conduit à deux questions délicates :*
1) *il peut n'être pas clair de définir les éléments du système et cette définition peut impliquer un choix arbitraire ;*
2) *inversement, si les éléments sont morphologiquement définis, on ne sait pas caractériser si un ensemble d'éléments forme un système ou non.*

2. *Complément 1983*. — Le paragraphe qui suit reprend en la complétant la rédaction initiale de cette définition du système général et de sa justification historique.

— *par* quelque chose (structure = forme stable)

— qui *se transforme* dans le temps (évolution)

ou encore, en acceptant une définition passe-partout du mot objet :

Un objet *actif*
et *stable*
et *évoluant*
} dans un *environnement*, et
par rapport à
quelque *finalité*

Cette définition par congruence de cinq concepts communément entendus constitue une construction suffisamment formalisée pour être communicable et intelligible. Elle se justifie par sa généralité (elle est compatible avec toutes les définitions usuelles du concept de système) et par son objectif avoué : fournir un support explicite à un mode normatif de *conception de modèles* de phénomènes perçus par un observateur (concrets ou abstraits, tangibles ou intangibles). Elle se reconnaît directement héritière d'une pratique scientifique fort développée depuis le XVII^e^ siècle, pour laquelle le mot système caractérisait un mode de représentation (un modèle, donc) général et pourtant spécifique (image d'enchevêtrements et de combinaisons multiples) [1]. Il est plus de cent désignations d'objets ou de phénomènes fort divers qui s'introduisent par le préfixe « système » sans que celui-ci les uniformise : il révèle quelques traits communs à tous, confusément perçus, celui par exemple de leur *complexité* présumée. Cette invariance n'est-elle pas significative ? C'est sans doute par l'examen des histoires du mot système que l'on trouvera la plus sérieuse légitimation de ce concept et de sa définition contemporaine. Ce sera précisément en faisant œuvre d'historien des sciences, des philosophies et des arts et techniques que les systémiciens contemporains parviendront à rassembler les *traits* permanents associés à la *conjonction* exceptionnelle que l'on nomme désormais le *système général.*

1. L'article Système de *l'Encyclopédie* de DIDEROT et d'ALEMBERT comporte 45 pages ; il accumule les présentations des systèmes métaphysiques et théologiques, des systèmes d'astronomie, des systèmes mécaniques, des systèmes anatomiques, des systèmes poétiques et fabuleux, des systèmes mythologiques, des systèmes de fortifications (art militaire) et des systèmes harmoniques (de notation musicale) : « Les systèmes généraux, que les Anciens appelaient communément diagrammes, étaient formés de la somme de tous les systèmes particuliers et comprenaient tous les sons employés dans la mélopée. C'est de ceux-là qu'il me reste à parler... ». Je dois à Alain Gire, que je remercie ici, cette redécouverte d'un des plus étonnants articles de *l'Encyclopédie.*

## 3. Le plan de la Théorie du Système Général

### La définition est une triangulation

Toute description, pour devenir construction intellectuelle rigoureuse, doit, à son tour, convenir des intentions de son auteur et ambitionner des paternités multiples ! Une vieille expérience a appris à la pensée humaine les trois pôles à partir desquels elle pouvait définir les objets... et la commodité qu'il y avait à n'en retenir qu'un seul. Commodité bien illusoire, trois siècles de culture occidentale et cartésienne nous le confirment aujourd'hui : en privilégiant trop la définition *ontologique*, analytique, aux dépens de la définition *fonctionnelle*, physiologique et de la définition *historique*, morphogénétique.

*La « révolution » cartésienne commit l'erreur cruciale, absolue et analytique (selon nous) de conférer, sans justifications, un statut ontologique privilégié aux entités (ou aux substances, ou aux objets) aux dépens de leurs relations, de leurs attributs, de leurs accidents* (A. Wilden, 1972, p. 215). À cette *description formelle (la forme décrite du point de vue de ce qu'elle est)*, il importe d'ajouter, rappelle l'urbaniste Ch. Alexander (1964-1971, p. 75), *le point de vue de ce qu'elle fait lorsqu'elle est mise au contact de son environnement : on appelle cela, parfois, la définition fonctionnelle ;* nous pourrions dire tout aussi bien : la définition *expérimentale*, ou peut-être la définition *praxéologique*, celle que nous construisons par la pratique de l'objet à définir, indifférents à sa composition, mais attentifs à son comportement ou à son utilisation.

Cette dialectique de l'expérience et de l'essence ne suffit pas pourtant à rendre compte de l'aptitude à définir : avec un peu d'outrance dans l'expression, le mathématicien C. P. Bruter (1973, p. 22) soutiendra : *il faut aller plus loin (que Darwin) et affirmer que toute explication vraie est généalogique, génétique* [1]. Le propos est essentiel, bien qu'il ait quelque difficulté à être accepté encore par nos cultures occidentales engluées de cartésianisme. P. Teilhard de Chardin fut sans doute le premier des grands penseurs du XX$^{e}$ siècle à le redécouvrir avant les anthropologues, les biologistes, puis — mais surtout — J. Piaget ($^{c}$), qui sut forger les fondements de

1. Il est significatif que ce troisième point de vue ait été *oublié* par l'urbaniste Ch. Alexander : n'est-ce pas un des drames de l'urbanisme contemporain que cette inaptitude à convenir qu'il inscrit des formes actives non seulement dans l'espace mais aussi dans le temps, dans une histoire : une imbrication de projets.

*L'épistémologie génétique* (1970) : définir l'objet, c'est le connaître dans son histoire (son hérédité), et donc son projet (son devenir) [1].

La trialectique de *l'Être*, du *Faire*, du *Devenir*, est sans doute le sésame de la représentation, sinon de la connaissance de l'objet.

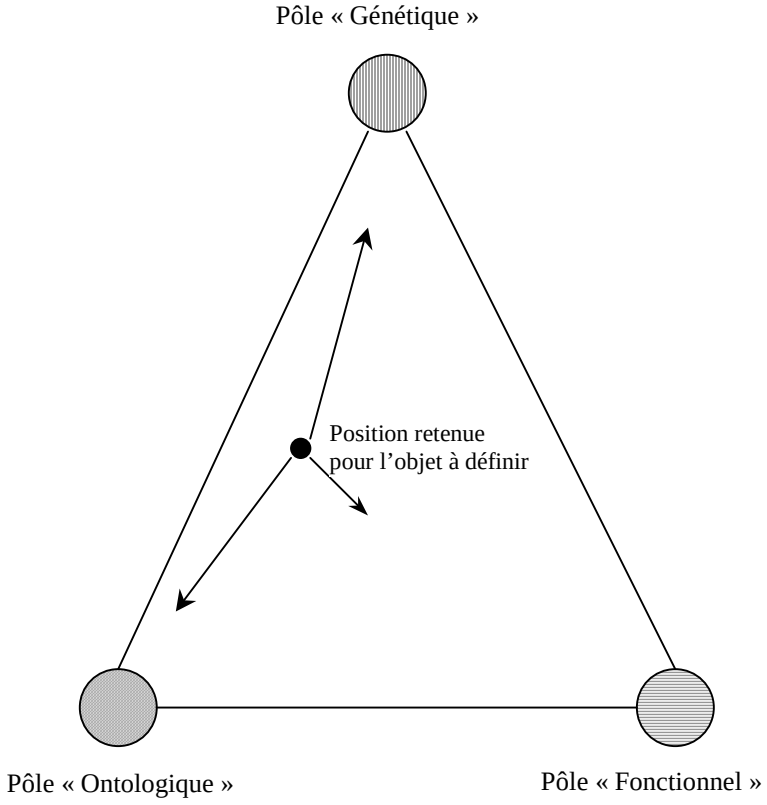


FIG. 2.6. — *La définition d'un objet se fait par triangulation :*
*elle pondère une définition fonctionnelle* (ce que l'objet fait)
*une définition ontologique* (ce que l'objet est)
*et une définition génétique* (ce que l'objet devient)

Chaque modélisation est pourtant une nouvelle entreprise. Il est, dans ce triangle, bien des barycentres possibles, qu'il importe surtout de localiser loyalement. Mais nos définitions devront toujours être telles que le même objet ne sera représenté que par un seul point dans cette triangulation. Et plus le barycentre retenu sera équilibré, plus nous percevrons notre modèle comme *harmonieux* (cf. fig. 2.6).

1. Le dernier peut-être des grands mécaniciens le pressentait sans doute lorsqu'il écrivait : *Les systèmes héréditaires menacent le caractère achevé de la dynamique de 1890 à laquelle il ne manquait rien d'essentiel* (Th. VOGEL, 1973, p. 35).

LA DEFINITION GENETIQUE

On peut lui donner différents noms, génétique, phylogénétique, ontogénétique ; Platon, dans le *Timée*, la qualifie de « naturelle ». C'est la méthode que nous suivrons.

Tout objet possède une vie propre, et l'espèce à laquelle il appartient, une longue histoire.

Les événements façonnent avec le temps l'objet, le cours de son évolution. Connaître véritablement l'objet, c'est avant tout avoir percé les secrets de son histoire, de la lignée dont il est à la fois l'aboutissement et une projection.

(C. P. BRUTER, 1976, p. 17-18.)

## Les descriptions du Système Général : sa théorie [1]

Cette rapide évocation des trois attitudes du modélisateur — ou de l'observateur, le *sujet* actif procédant à une description communicable de ce qu'il *perçoit* et de ce qu'il *conçoit* — *suggère* le cadre dans lequel viendra s'inscrire la description de *l'objet* à modéliser (l'observé) : ces trois visions, la fonctionnelle, l'organique et l'historique, devront se *joindre* et s'imbriquer, révélant par leur compatibilité mutuelle la légitimité de l'hypothèse initiale : ce que l'on modélise est bien modélisable ; pour cet observateur, il dispose d'une *identité* spécifique et spécifiable.

Cette *conjonction* des trois définitions — ou des trois *modes de modélisation* — est sans doute propre à l'observateur. Il doit pouvoir la communiquer en des termes intelligibles *(son modèle)*, il ne peut l'imposer en arguant de son *évidence ou* de son *objectivité.* Chaque définition dépend non seulement des trois *instruments d'observation* — les trois viseurs (fonctionnel, organique, historique) — mais aussi du rapport de cet *observateur* modélisant avec *l'observé* modélisable

1. La rédaction de la première partie de ce paragraphe est modifiée pour l'édition 1983, afin de présenter plus explicitement, bien que succinctement, l'option épistémologique dite de « l'interaction objet-sujet » par laquelle on a légitimé le plan théorique.

| Le PARADIGME SYSTEMIQUE | **LA THÉORIE du SYSTEME GENERAL** | L'OBJET, PROJETS DANS UN ENVIRONNEMENT | | |
|---|---|---|---|---|
| | | en **A**CTIVITE | se **S**TRUCTURE | en **E**VOLUTION |
| **Chapitre 3**<br><br>Systémographie<br>et Système<br>de Représentation | Définition<br>**F**ONCTIONNELLE<br>de l'OBJET | **1**<br>**Chapitre 4**<br><br>L'environnement, tapissé de *processus* Boîte noire, flux et champ | **4**<br>**Chapitre 7**<br><br>Le *programme* de succession d'états calendrier, trajectoires et équation d'état | **7**<br>**Chapitre 10**<br><br>*Dynamique* :<br>chronique<br>de la fonction d'état,<br>Entropie et variété |
| **Chapitre 2**<br><br>Le paradigme systémique<br>Concevoir l'objet<br>Système Général | Définition<br>**O**NTOLOGIQUE<br>de l'OBJET | **2**<br>**Chapitre 5**<br><br>Un *réseau* borné de processeurs élémentaires : arborescence et rétromettance | **5**<br>**Chapitre 8**<br><br>L'organisation :<br>structure<br>plus programmes mémorisés | **8**<br>**Chapitre 11**<br><br>La dualité<br>*différenciation-coordination* |
| **Chapitre 1**<br><br>Discours de la méthode<br>L'ancien et le nouveau | Définition<br>**G**ÉNÉTIQUE<br>de l'OBJET | **3**<br>**Chapitre 6**<br><br>Des projets emboîtés d'*intervention* :<br>les neuf niveaux | **6**<br>**Chapitre 9**<br><br>*Équilibrations* morphostatiques : régulation et adaptation | **9**<br>**Chapitre 12**<br><br>*Évolution créatrice*<br>de l'organisation<br>dans un champ<br>de finalisation |
| *(1ère partie)* | | *(2e partie)* | *(3e partie)* | *(4e partie)* |

FIG. 2.7 — *Le plan de la Théorie du Système Général*

dont il a fait élection. Sur cette *interaction objet-sujet,* bien des réflexions se sont accumulées depuis que René Descartes a proposé de la récuser en introduisant cette fatale *disjonction* de la Science (des objets) et de la Philosophie (des sujets). Proposons loyalement de faire nôtre l'interprétation contemporaine de Jean Piaget restaurant les épistémologies constructivistes et génétiques, en fondant sur *l'interaction sujet-objet* [1], sur la *conjonction première*[2], le mode privilégié de *construction des représentations et donc des connaissances :* au lieu de nier arbitrairement sa légitimité, assumons sans arrogance sa commodité, heureux de trouver dans l'Histoire de la connaissance, d'Héraclite à Prigogine, bien des traces de cette Alliance[3] toujours renouvelée, qui nous confortent dans cette liberté de penser avec assez de rigueur.

Interaction particulièrement aisée à explorer et à reconnaître dès lors que nous savons archétyper ses grandes composantes : la familière représentation matricielle des *trois conceptions* de la modélisation (fonctionnelle, organique, historique), se croisant sur *les trois perceptions* du phénomène modélisé, constitue la trame dont nous avons besoin pour présenter *la théorie du modèle* de ce phénomène. Puisque ici l'objet de notre modélisation est précisément cet artefact que nous avons collectivement reconnu ou construit sous le nom de *Système Général,* le *plan de sa théorie* s'architecture sur cette matrice tramée : chacune des trois grandes caractéristiques que nous retenions du Système Général : *Actif, Stable, Évoluant* (dans ses *environnements,* par rapport à ses *finalités*) pouvant être perçue et représentée par chacune des trois conceptions de la représentation que nous venons de retenir (cf. fig. 2.7). Ainsi par cette imbrication s'organise quasi graphiquement *l'interaction objet-sujet* que nous souhaitions (re)connaître pour « présenter, dans ses multiples *traits,* le Système Général que l'on se propose d'instrumenter pour d'ultérieures modélisations : *le modèle du modèle* [4].

---

1. La présentation la plus élaborée qu'en donne Jean PIAGET est celle qu'il a rédigée pour l'encyclopédie Pléiade, *Logique et Connaissance scientifique* (p. 1240 +). On a mis en valeur quelques-unes des raisons qui justifiaient cette présentation dans l'article Systémique et épistémologie publié dans J. LESOURNE (1982), *La notion de système.*

2. On emprunte la formule, dans ce contexte, à A. BOGDANOV (1920-1989, p. 80).

3. On aura reconnu la référence au bel essai de I. PRIGOGINE et I. STENGERS, intitulé *La nouvelle alliance* (1979) *:* « Nouvelles alliances entre l'histoire des hommes, de leurs sociétés, de leurs savoirs, et l'aventure exploratrice de la nature » (p. 296).

4. Edgar MORIN aboutit, dans *La Méthode* (t. II, 1980, p. 351 *+)* à un « modèle du modèle » qu'il appelle *l'incompressible paradigme ou, plus* loin, le *paradigme de l'hypercomplexité : l'argumentation* et l'itinéraire de sa construction pourraient être entièrement repris pour étayer notre propos (moins ambitieux certes que celui de *La Méthode ;* mais les convergences sur les concepts d'appui constituent des repères rassurants). Pour le lecteur soucieux d'établir des correspondances, je suggère de reconnaître dans la triade morinienne « Eco-Auto-Ré-Organisation », notre définition ternaire du Système « Actif, Stable, Evoluant » ; et dans sa triade « Phéno-Ego-Géno » notre triangulation « fonctionnelle, organique, génétique ».

Les neuf cases de cette grille (cf. fig. 2.7) constituent les neuf modules du plan d'exposition de la théorie. Si une lecture exclusivement horizontale (ligne par ligne) ou exclusivement verticale (colonne par colonne) de ces neuf chapitres ne révèle pas d'incohérentes notables ni de contradictions implicites, il semble que nous disposerons d'un exposé de la théorie qui satisfasse aux canons de rigueur intellectuelle dans la construction que nous nous étions proposés. On disposera alors, par surcroît, de l'énumération des principales propriétés (ou des principaux concepts) dont l'intrication constitue la substance même de la théorie.

Si le lecteur identifie un itinéraire qu'il reconnaisse comme une sorte de spirale hélicoïdale convergente [1], peut-être aurons-nous atteint notre objectif le plus cher, qui était, en déployant le tissu de la théorie, d'en faire apparaître les lignes maîtresses de reploiement, et de ne pas détruire l'harmonie des fronces lors de la mise à plat qu'impose l'écriture et qu'atténue le schéma.

## Sur la validation de la théorie

Avant de faire la preuve de la théorie par l'exposé de la théorie elle-même, il importe pourtant de répondre à deux objections légitimes : celle des hommes de science (la validité) d'une part, celle des hommes d'étude et d'action (l'utilité) de l'autre.

L'objection de la validité de la théorie n'est pas nécessairement byzantine. Elle inhibe, actuellement, le développement de la Théorie Générale du Système (dans les termes où on la définit plus haut). Dans le cas de la Théorie du Système Général, on se trouve devant une situation épistémologique relativement familière pour les sciences de l'homme et que bien des praticiens des sciences exactes gagneraient à pratiquer loyalement : nous avons le droit de créer un objet artificiel — ici l'objet Système Général —, de le doter — toujours artificiellement — de propriétés et de nous assurer de la cohérence interne de l'ensemble des propriétés rapportée à l'objet. Cette vérification peut se faire par la construction argumentée de la théorie de cet objet. L'utilité de l'objet et de sa théorie n'est pas encore à ce stade mise en question.

Nous devons ensuite déclarer notre intention d'appliquer ladite théorie à un phénomène : ici, la modélisation des objets. La valeur marchande de cette théorie découlera sans doute de l'effectivité de cette application. Satisfaisante en pratique, nous déclarerons la théorie utile. Peu ou pas satisfaisante, nous ne la déclarerons pas fausse, mais simplement moins ou pas utile. Sa qualité, en tant que construction théorique, se valide en amont de son utilité immédiatement perçue.

---

1. Voir p. ex. R. W. GERARD, un des cofondateurs, avec L. von BERTALANFFY et K. BOULDING, de la *Society for General Systems Research, in* WHYTE *et al.*, 1969, p. 227.

Quelques lignes du grand anthropologue anglais A. R. Radcliffe Brown (1952-1968, p. 72) éclaireront plus spécifiquement le propos : *Une théorie, c'est-à-dire... un schéma d'interprétation applicable à une classe déterminée de phénomènes en vue de la comprendre. Cette théorie peut être exposée au moyen de trois concepts fondamentaux logiquement liés de processus, structure et fonction. Elle prend ses origines dans des œuvres d'écrivains antérieurs...* Surtout si on la complète par cette déclaration d'humilité de R. Thom (1974, p. 132) : *Une théorie modeste puisque son seul but est (non pas d'expliquer, mais) d'améliorer la description*.

Puisque c'est probablement sur les tables de la loi du discours cartésien que l'on nous demandera le plus souvent de fournir les preuves de la Théorie du Système Général, reprenons enfin une profonde observation de C. W. Churchman (1971, p. 18-22)

Le paradigme cartésien est-il lui-même prouvé ? Comment se fait-il même que cette méthode ne soit pas programmable (comment programmer *l'impression d'évidence ?).* Ne disconvenons certes pas de son utilité tant qu'il fallut interpréter les *simplicités organisées* [1], mais invitons-le à convenir de sa contingence, dès lors que l'esprit humain affrontait les *complexités chaotiques* par l'émergence du paradigme de la mécanique statistique, puis les *complexités organisées,* par l'émergence du paradigme systémique.

## Sur l'utilité de la théorie

L'objection de l'utilité de la théorie est si fondamentale en revanche qu'il paraît nécessaire de lui consacrer un chapitre spécifique (chap. 3), non pas tant pour « faire la preuve de l'utilité » en narrant quelques anecdotes probantes ou en organisant un référendum de praticiens expérimentés, qu'en décrivant, avec quelques détails, *le mode d'emploi* de la théorie ; nous avons proposé de l'intituler : la *systémographie,* pour échapper à la contradiction sémantique de l'expression usuelle : l'analyse *de système*.

*
* *

1. La distinction des trois grandes phases de la pensée scientifique depuis quatre siècles : simplicité organisée, complexité chaotique, complexité organisée, est due à W. WEAVER, par un article, depuis très fréquemment cité, de *American Scientist,* n° 36, 1948, p. 536-544.

## u Relecture

On a mentionné au fil du texte les additions et substitutions au texte initial de ce chapitre, relativement nombreuses, auxquelles on a procédé pour l'édition 1983. Il n'est donc pas nécessaire de les reprendre ici, sinon pour préciser que la plupart de ces modifications ont été suggérées par l'expérience de divers enseignements et par la conscience des inconvénients des présentations trop cavalières ou expéditives des théories de la connaissance.

### *Notes complémentaires pour la deuxième édition*

([a]) Quelques très riches réflexions de grands physiciens contemporains sont devenues accessibles depuis 1976, date de la rédaction de ce chapitre. Les ouvrages de B. d'ESPAGNAT (1979 et 1982) et d'I. PRIGOGINE et I. STENGERS (1979) suggèrent de notables développements d'un argument introduit ici de façon peut-être un peu trop prudente.

([b]) Il faut mentionner aujourd'hui la contribution, peut-être également décisive, d'au moins un autre biologiste dans cette progressive conceptualisation de la systémique : on doit à P. Delattre d'avoir introduit en France l'œuvre de P. A. WEISS (1974) qui révèle l'origine de cette entreprise : « Dès ma thèse de doctorat (1922) qui portait sur le comportement animal considéré comme réaction de systèmes, j'avais abandonné la vieille doctrine mécaniste pour étudier les organismes à partir de la méthode plus souple des « Systèmes »…. » (p. 10).

([c]) Cette conjonction de la structure ontologique et de la fonction s'interprète précisément, selon Piaget, par leur relation, qui est genèse pour le philosophe, histoire pour le sociologue (voir par exemple l'étude de L. GOLDMAN dans le recueil *Psychologie et épistémologie génétiques.*

CHAPITRE 3

| | | A | S | E |
|---|---|---|---|---|
| **3** | **F** | 4 | 7 | 10 |
| 2 | **O** | 5 | 8 | 11 |
| 1 | **G** | 6 | 9 | 12 |

# *la systémographie et les systèmes de représentation*

## 1. Représentation et connaissance

Connaître l'objet ? Reconnaître un même être sous l'infinie diversité de ses aspects... Un des problèmes centraux posés à l'esprit humain... Quelle que soit la nature ultime de la réalité (à supposer que cette expression ait un sens), il est indéniable que notre univers n'est pas un chaos ; nous y discernons des êtres, des objets, des choses que nous désignons par des mots (R. Thom, 1972, p. 17). Ainsi les connaîtrons-nous : parce que nous avons pu les désigner par des mots. En créant le mot constellation, l'astronomie primitive reconnaissait des combinaisons stables d'étoiles ; le nom créé, la connaissance de l'astronomie allait pouvoir progresser à pas de géant [1]. Mais comment connaître l'objet ? Comment l'identifier ? (le reconnaître identique à autre chose ?). Comment le définir ? N'est-ce pas pour répondre à de telles questions que l'intelligence humaine écrit de temps en temps quelque nouveau discours de la méthode ? Pour s'assurer au moins qu'elle garde raison et qu'elle sait encore différencier délire onirique et connaissance raisonnée.

1. Exemple cité par R. W. GERARD, *in* L. WHYTE *et al.* (1969, p. 219,). R. W. Gérard a introduit pour sa part le mot *entitation : l'identification* des entités. La science par laquelle l'homme reconnaît un même être, et lui donne existence en le dotant d'un nom, unique et reconnaissable.

Même si cette connaissance raisonnée doit se fonder sur une tautologie humiliante pour la raison : *Définition : un objet est un objet... Ce premier postulat est une affirmation d'existence. Les mathématiciens aiment bien énoncer ce genre d'assertion ; elle laisse rêveur, car prononcer le nom même d'un objet implique l'existence de cet objet, dans notre pensée tout au moins* (G. P. Bruter, 1974, p. 14).

Ainsi connaîtrons-nous l'objet dit « couteau de Jeannot », dont on avait changé le manche et remplacé la lame, et qui restait pourtant le même objet, le couteau de Jeannot.

Cette méditation sur la connaissance, longtemps perçue comme devant être l'analyse de la nature ultime d'une réalité objective, conduit aujourd'hui l'intelligence contemporaine à plus de modestie : connaître devient représenter, et plus exactement même, se représenter : le concept de représentation devient central dans la théorie de la connaissance. Dans sa bivalence étymologique, il va se révéler d'une extrême fécondité : *Le concept de représentation tel qu'il est utilisé dans la théorie de la connaissance repose sur une double métaphore, celle de la représentation théâtrale et celle de la représentation diplomatique.*

*La première expose devant le spectateur sous une forme concrète une situation signifiante.*

*La seconde (exprime) cette sorte de transfert d'attribution en vertu duquel une personne peut agir en lieu et place d'une autre...*

*Les deux sens sont liés...*

*Il y a dans la représentation comme une superposition de deux types de présence : la présence effective d'une personne, d'un objet, d'une action, et la présence indirecte, médiatisée par la première, d'une réalité qui n'appartient pas au champ de l'appréhension directe* (J. Ladrière, in Encyclopedia Universalis, t. 14, p. 88).

## Connaissance : concevoir le modèle au lieu d'analyser l'objet

Ainsi au lieu de *déchiffrer pas à pas de façon analytique* (H. Atlan, 1972, p. 118) chercherons-nous pour connaître l'objet à le concevoir (et donc à le représenter) comme *objet signifiant et comme organisme fonctionnant* (A. Lichnerovicz, in *IRIA*, 1971 [1].

Non plus *analyser* la réalité, mais *concevoir* le modèle, et l'agencement de signes par lequel nous sera *signé* l'objet (la

1. Le Pr LICHNEROVICZ applique, dans le texte en référence, le propos aux « produits de l'architecture ». On ne déforme pas sa pensée, me semble-t-il, en la généralisant.

représentation diplomatique) et que nous tiendrons pour *signant* l'objet (la représentation théâtrale). Le mot clef de la connaissance était hier l'analyse ; il devient aujourd'hui la conception. Concevoir, donc modéliser (ou représenter). Ainsi se resserre le champ de notre question initiale : Comment identifier l'objet ? devient : Comment concevoir un modèle de l'objet ? *Je soutiens,* proclame H. Simon (1969-1974, p. 76), *qu'une science de la conception est possible, et qu'elle est aujourd'hui en train de prendre cors.* La modélisation est, peut-être paradoxalement, une idée neuve dans la démarche scientifique (et donc dans la démarche de la connaissance et de l'action réfléchie). Mais elle est, depuis la proclamation de H. Simon, une idée de plus en plus populaire et féconde, non seulement dans le domaine des sciences sociales et des sciences de l'homme (lesquelles, fautes d'autres ressources sans doute, la pratiquaient tel M. Jourdain la prose !), mais aussi depuis peu, dans les domaines des sciences de la vie *(ces difficultés ont conduit à se tourner vers la méthode des modèles...* reconnaît le biophysicien H. Atlan, 1972, p. 118) et des sciences physiques (témoin le titre de l'excellent ouvrage des automaticiens J. Richalet *et al. : L'identification des processus par la méthode du modèle...* En 1971, lorsqu'il parut, un tel intitulé paraissait presque inintelligible. Cinq ans après, rares sont les ingénieurs qui l'avoueraient !) [1].

## De l'explication à l'interprétation

Ce passage de l'analyse à la conception dans la connaissance implique un changement plus subtil des finalités de la connaissance : là où il fallait hier *expliquer* l'objet pour le connaître, il faut aujourd'hui le connaître assez, *l'interpréter* donc, pour *anticiper* son comportement : *un modèle d'un phénomène ou d'un processus est essentiellement un mode de représentation tel qu'il permette, d'une part, de rendre compte de toutes les observations faites et, d'autre part, de prévoir le comportement du système considéré dans des conditions plus variées que celles qui ont donné naissance aux observations* (P. Naslin, 1974) [2]. Qui récuserait cette définition opérationnelle du modèle, représentation par laquelle la raison humaine connaît les objets qu'elle considère, qu'ils soient *naturels ou conceptuels, concrets ou abstraits ?* (cf. J. A. Miller, 1971, p. 34).

Elle ne révèle pas pourtant le subtil passage de la représentation structuraliste à la représentation systémique que l'on a discuté au

---

1. Voir par exemple un article d'Y. ALAIN, Un apport décisif à l'identification de processus : le temps réel, in *Minis et Micros,* n° 22, 19 mars 1976, p. 8.

2. In *Rapport de conjoncture du CNRS, Automatique,* 1974, p. 164.

chapitre précédent, et on comprend que les cartésiens mal repentis, que nous sommes tous, se soient laissés prendre à la bivalence potentielle de cette définition de la modélisation : forme appauvrie de *la structure — éternelle,* invariante et analysable — de l'objet, ou représentation d'un *système* dont on méconnaît la ou les structures pour mieux connaître le *comportement ?* R. Boudon (1968, p. 95) démontrera certes *que, dans tous les cas où elle apparaît dans ce Type de contexte, la structure sera associée à une théorie de l'objet considéré en tant que système.* Mais cette différenciation de l'unique structure accessible à force d'analyse, et du modèle contingent conçu et construit artificiellement... en tant que système général, ne sera que lentement perçue et acceptée. On pourrait, sans le trahir, présenter ce livre comme un plaidoyer chaleureux pour soutenir cette cause... épistémologique.

## Les systèmes ne sont pas dans la nature

L'objet considéré en tant que système ? *Nous ne savons pas comment naît la conviction qu'un objet donné est un système déterminé ou paradéterminé* (H. Greniewsky, 1960-1965, p. 7). Mais nous ne pouvons être insensibles au fait que, *dans ce monde, le « Système » est immédiatement perceptible à n'importe quel observateur de la nature. L'arrangement des parties de l'univers a toujours été pour les hommes un sujet d'émerveillement* (P. Teilhard de Chardin, 1955, p. 38). *Les systèmes pourtant ne sont pas dans la nature, mais seulement dans l'esprit des hommes :* l'illustre Claude Bernard (1865, p. 297) interprétait certes sa formule de façon négative, mais l'enthousiasme communicatif des systémiciens n'obère pas sa portée : aussi longtemps que la théorie générale des systèmes n'aura pas été universellement formulée et validée (cf. chap. II, p. 239), nous devrons en convenir [1] : le système est un produit artificiel de *l'esprit des hommes.* Ce qui ne l'empêche nullement d'être un objet particulièrement utile et commode, non pas pour expliquer mais pour *représenter* les objets que l'homme veut connaître. Cette universalité du mot même de système recouvre intuitivement une profonde expérience que transforment en conscience les modélisateurs contemporains : *Ici pas de reproduction du même motif, à l'échelle différente. L'ordre, le dessin n'apparaissent que dans l'ensemble. La maille de l'univers est l'univers lui-même*

1. En ce sens, la déclaration de L. von BERTALANFFY (1968-1973, p. 10) faisant de CI. Bernard un grand précurseur de la « conception organique » et donc de la théorie du système est quelque peu annexionniste. Il est probable que Bertalanffy n'eut que quelques accès anecdotiques à la pensée de Cl. Bernard, curieusement peu diffusée dans le monde anglo-saxon.

(P. Teilhard de Chardin, 1955, p. 39). Système métrique, système solaire, système respiratoire, système politique... voire système D : le langage humain rendait compte d'un même mode de représentation en nommant par ce même substantif des objets qu'il reconnaissait pourtant comme différents.

SYSTEMES ET MODELES [1]

« ... Quiconque conduit un travail d'analyse destiné à acquérir une vision organisée d'une classe de phénomènes, que ce soit en cherchant à bâtir une représentation formelle aussi explicite que possible, ou au contraire en s'imprégnant d'une représentation mentale laissée délibérément implicite, doit prendre une foule d'options souvent délicates qui réclame de sa part une compréhension profonde de ce qu'est un modèle et des rapports qui lient modèles et réalités... »

(B. ROY, juin 1975, p. 4,
*in* Vers une méthodologie générale d'aide à la décision
Rapport *METRA international* n° 87.)

C'est ce mode de représentation qu'il nous faut maintenant expliciter si nous le voulons communicable et, par là même, loyal et donc raisonnable.

## 2. La systémographie, mode de représentation

### Le lien profond entre forme et fonction

Modéliser, c'est concevoir puis dessiner une image à la ressemblance de l'objet. Rien n'est plus confus, hélas, que cette notion de ressemblance. La caricature outrée par laquelle nous enrichissons si puissamment notre connaissance de tel sujet est-elle plus — ou moins — ressemblante que la photographie fidèle ?

Nous savons certes reconnaître la ressemblance maximum. Cette superposition parfaite que nous baptisons parfois abusivement identification. Nous savons aussi désigner une ressemblance que nous tenons pour appauvrie : l'analogie.

1. Emprunt involontaire mais significatif au titre de l'ouvrage de B. Walliser qui paraît à l'instant où je signe le fatidique « bon à tirer » du présent ouvrage (1977).

GRAPHISME ET SYSTEMOGRAPHIE

« ... N'allons pas nous imaginer que de tracer des traits soit une opération facile, anodine, arbitraire.

Seuls les héros peuvent déplacer les lignes, modifier les surfaces qui visualisent, véhiculent les forces. On peut évidemment écrire n'importe quoi, conjuguer à sa guise des droites et des courbes, mais qui oserait confondre ce gribouillage avec une œuvre, un texte ?

L'intellectuel, le sculpteur, le prêtre et le peintre, l'homme politique parfois et le planificateur — tous méritent d'être rapprochés : ils cherchent à inventer d'autres « morphologies », d'autres découpages et modalités de liaison... »

(F. DAGONET, 1975, p. 188.)

Pendant longtemps, l'analogie fut victime d'un violent ostracisme de la part de la pensée scientifique ([a]). Il fallut attendre L. Couffignal (1966, p. 73, et *in* Royaumont, 1964, p. 351) puis et peut-être surtout C. P. Bruter (1976, p. 24) pour restaurer son crédit scientifique : Percevoir, *tel est le maître mot, et l'analogie est affaire de perception.* Mais percevoir quoi ? Nous ne percevons que des formes, des éléments morphologiques ; est-ce bien ce que nous voulons représenter ? Ne serait-ce pas plutôt les comportements, les activités, les fonctions de l'objet que nous observons ? Sans doute postulons-nous un *lien profond entre forme et fonction* (C. P. Bruter, 1976, p. 44.) : *Je pense que le bond le plus important qui puisse être fait dans la plupart des domaines scientifiques est le passage de l'élément morphologique à l'élément fonctionnel*, affirme même R. Gérard (in L. Whyte et al., 1969, p. 218). Mais ce passage est aujourd'hui encore plus auguré que formalisé. Nous savons reconnaître et comparer des formes, non des fonctions, et pour modéliser, il nous faut présumer que le même signifié s'associe au même signifiant, dans le réseau des signes qui tisse nos modèles. L'intention seule du modélisateur sera notre garantie, comme elle nous sert lorsque nous rencontrons des homonymies lors de ces analogies présumées parfaites que sont les identifications.

## Correspondances : iso, homo, poly... morphisme

L'intérêt de cette correspondance entre forme et fonction sur laquelle le modélisateur fonde sa démarche mérite pourtant d'être souligné. Il le libère en effet des contraintes parfois intolérables qu'imposait l'hypothèse d'une correspondance biunivoque structure-

fonction (cf. chap. 2, p. 47). L. Couffignal (*in* Royaumont, 1964, p. 351) l'avait perçu lorsqu'il montrait la fécondité des *analogies fonctionnelles* en contraste avec la pauvreté des *analogies structurelles :* il fallait cependant dépasser ce carcan cartésien : en dégageant le concept d'analogie formelle (iso – homo – poly morphisme), quelques mathématiciens-physiciens apportaient au modélisateur un repérage précieux.

On peut les définir, pour la commodité de la présentation, sous une forme ramassée qui, si elle caractérise la nature de la correspondance, ignore sa qualité, ou son intensité ([b]) :

— *Isomorphisme : Correspondance* bijective, telle qu'à tout élément de l'ensemble d'arrivée (le modèle) correspond un élément et un seul de l'ensemble de départ (l'objet) ; et réciproquement : la correspondance est transitive, réflexive et symétrique.

— *Homomorphisme : Correspondance* surjective telle qu'à tout élément de l'ensemble d'arrivée corresponde un élément au moins de l'ensemble de départ, sans que la réciproque soit vraie : correspondance transitive et réflexive, mais non symétrique.

— *Polymorphisme : Correspondance* injective telle qu'à tout élément de l'ensemble de départ corresponde un élément au moins de l'ensemble d'arrivée (pas réciproquement). Ce dernier cas (le *many - to - one - mapping*) concernera évidemment moins le modélisateur soucieux de caractériser la qualité de la correspondance pour lui unique, qu'il établit entre l'objet et le modèle [1].

L'isomorphisme apparaît ainsi au sommet de la hiérarchie des correspondances objet-modèles, et on n'est pas surpris de la vénération que lui expriment les mathématiciens : *Ce qui importe, c'est la possibilité de ces « dictionnaires parfaits », et l'isomorphie correspondante des structures étudiées. L'identité, pour le mathématicien, est remplacée par l'isomorphie et, pour faciliter son langage, le mathématicien identifie sans scrupule des objets de nature différente lorsqu'un isomorphisme l'assure qu'il ne fait que dire la même chose dans deux langues différentes...* (A. Lichnerovicz, *in* J. Piaget, 1967, p. 478). Sans scrupule, et parfois peut-être sans assez de scrupules. Car s'il est probable que *l'isomorphisme entre les phénomènes naturels explique seul le pouvoir opératoire que les mathématiques donnent à l'homme* (C. P. Bruter, 1973, p. 26), on peut

1. On est surpris de la rareté des définitions sérieuses de ces concepts pourtant essentiels à toute évaluation honnête de la fidélité d'un modèle. Citons pourtant R. W. ASHBY (1956, p. 94-109), qui fut sans doute le pionnier, et J. KLIR et M. VALACH (1965-1967, p. 109). Dans L. Whyte *et al.* (1969), voir aussi R. ROSEN (p. 195) et H. PATTEE (p. 163-165). La réflexion la plus fouillée et la plus précise sur la notion d'équivalence fonctionnelle est probablement due à H. SIMON (1969-1974, p. 24 +).

craindre qu'un trop grand laxisme dans l'identification de ces isomorphismes n'explique aussi l'incroyable impuissance des mathématiques à servir dans tant de situations que connaissent les hommes ! *S'il fallait dire en peu de mots ce qui nous a semblé faire le plus cruellement défaut à une connaissance économique, nous nous bornerions à... un style mathématique nouveau, peut-être une mathématique de la qualité* (G. G. Granger, 1955, p. 401) [1]. Cette mathématique de la qualité n'est-elle pas celle qu'écrivent les topologistes contemporains ? On songe à C. P. Bruter définissant courageusement *la mathématique comme une science d'observation* (1973, p. 5).

Ainsi s'entendrait la belle conclusion d'A. Lichnerovicz au terme d'une méditation sur « les mathématiques et la réalité » : *Nos modes de connaissance sont bien mathématiques : à eux sont indissolublement liés nos pouvoirs* (*in* J. Piaget, 1967, p. 484).

Cette discussion discursive sur la modélisation, mode de connaissance, était justifiée pour assurer notre prise et pour éclairer et étayer les propositions opératoires auxquelles l'expérience aujourd'hui nous conduit : Comment modéliser ? devient : Comment représenter par un système un objet identifiable par un observateur ?

## Photographie et systémographie

Autrement dit : Comment établir une correspondance entre un objet identifié (une table, un groupe social, le concept de liberté... !) et un système général ? Comment représenter l'objet à travers le système ? De même que nous établissons une représentation de l'objet appelée photographie (ou radiographie) à l'aide d'un appareil dont les caractéristiques sont explicitement exposées à tous ses manipulateurs potentiels, nous établirons une « systémographie » de l'objet à l'aide de l'appareil « Système Général » [2]. Le mode d'emploi en est

---

1. G. G. GRANGER ajoute : *et une base sociologique précise.* Son propos date de 1955, mais il demeure aussi actuel, vingt ans plus tard.

2. En intitulant *Le macroscope* son ouvrage populaire sur l'approche systémique, J. de ROSNAY (1975) proposait un appareil aux qualités apparemment peu différentes de celles que nous attribuons au « systémographe » : *Microscope, télescope : ces deux mots évoquent les grandes percées scientifiques vers l'infiniment petit et l'infiniment grand. Aujourd'hui nous sommes en outre confrontés à l'infiniment complexe, confondus et déroutés par le fonctionnement des grands systèmes dont nous sommes les cellules. Pour observer et comprendre l'infiniment complexe il nous faut donc un nouvel outil : le macroscope.* Ce macroscope est hélas assez peu défini et son mode d'emploi n'est guère précisé. En outre, s'il satisfait au « nouveau deuxième précepte », en réaction contre les *dissections microscopiques des objets* (cf. chap. I, p. 14), il n'a guère d'autres ambitions : l'évidence est une certitude, comme le déterminisme causaliste, et le globalisme n'exclut pas l'exhaustivité. Aussi a-t-il paru préférable d'accuser loyalement l'option différente, plus radicale et par là plus rigoureuse que l'on préconise ici en donnant un autre nom... à un autre outil !

relativement simple : la représentation que construit l'observateur sera à la fois :

*1*/ Isomorphe du Système Général.

*2*/ Homomorphe de l'objet à représenter.

La vérification de l'isomorphie sera facile puisque le Système Général, construction artificielle, est doté de propriétés connues par construction : en les balayant une par une, il doit être possible de s'assurer que les propriétés dont on dote le modèle sont bien en correspondance bijective avec celles du Système Général : un objet qui, doté de finalités, fonctionne se structure et évolue dans un environnement.

L'homomorphie du modèle et de l'objet sera difficile et *a priori* jamais parfaitement validée (pour qu'elle le soit, il aurait fallu que *les systèmes soient dans la nature* et que nous en ayons la preuve !). On ne pourra que s'assurer de l'existence d'une correspondance entre chacun des traits [1] dont on a doté la systémographie de l'objet et d'un trait identifiable que l'observateur déclarera percevoir ou anticiper au sein de l'objet à représenter.

Il sera donc *a priori* toujours possible de concevoir et de construire bien des systémographies différentes du même objet, toutes homomorphes de cet objet et toutes isomorphes du Système Général. (De même, si l'image peut éclairer, que l'on peut, à l'aide d'un même appareil photographique ou radiographique, établir bien des photos ou des radios différentes d'un même objet, photos ou radios qui seront cependant dotées de caractéristiques, prédéterminables et ne dépendant que de l'appareil utilisé, l'interprétateur, chirurgien ou détective, sait d'avance qu'il raisonnera en postulant ces permanences, techniques ou méthodologiques, dans l'examen ou la comparaison du ou des clichés... du ou des modèles.)

Qu'il s'agisse d'une lame de verre (cf. Th. Vogel, 1965, p. 2) représentée par des systèmes optique, élastique ou diélectrique, ou d'une organisation sociale représentée par des systèmes institutionnalo-politiques, socio-affectifs ou économico-politiques, chacun des modèles possibles présente ainsi deux caractéristiques fondamentales de conception :

Il doit être isomorphe d'un autre objet-modèle, donné à l'avance, et soigneusement défini : le Système Général.

---

Exemple significatif des options du modélisateur et de sa réflexion sur les seuils à partir desquels une analogie devient un homomorphisme.

1. Le concept de *trait* d'un objet à modéliser a été judicieusement formalisé par G. Krix (1968, p. 51) en particulier.

Il doit être homomorphe de l'objet à représenter : on doit donc pouvoir faire correspondre à chacun des traits dont on le dote un trait perçu ou anticipé de l'objet considéré.

## Le mode d'emploi du systémographe (l'analyse de système)

La figure 3.1 illustre la démarche de base de la conception des systémographies. Il semblera sans doute trivial à beaucoup de lecteurs ; on voudrait attirer leur attention sur son originalité : il rend compte de la seule nécessité imposée à la modélisation systémique. Elle peut — la différence de la modélisation cartésienne — laisser divaguer l'imagination de l'observateur à sa guise, dès lors qu'il assure en permanence de la validité de ces deux correspondances : isomorphie avec le Système Général, homomorphie avec l'objet considéré. Soulignons à nouveau que cette démarche n'impose nulle

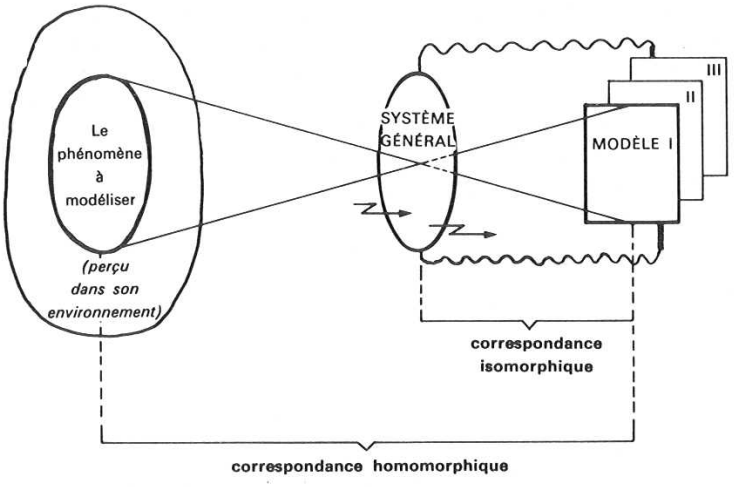


FIG. 3. 1. — *La SYSTEMOGRAPHIE :*
*Le modèle homomorphe de l'objet à modéliser est isomorphe du Système Général et est donc doté de toutes ses propriétés*

nécessité naturelle au système : il n'est que *dans l'esprit des hommes.* Mais il importe qu'il y soit explicitement, publiquement, loyalement. La communication sociale, et donc la probité intellectuelle, exigent ce prix.

Ce mode d'emploi du Système Général reçoit souvent, dans la langue contemporaine un nom populaire aux connotations hélas malheureuses : la conception systémique des modèles est fréquemment baptisée « analyse de système », voire « approche système » [1]. Ultime tentative de récupération de *l'analyse* cartésienne qui, cédant sur le précepte du réductionnisme, se confortait ainsi tacitement sur les trois autres préceptes ? On peut le présumer, et bon nombre des difficultés des communications en matière de modélisation (pour les uns, de résolution pour les autres) reposent sans doute sur cette ambiguïté de l'analyse de système considérée comme un cas particulier (et appauvri) de l'analyse cartésienne. L'enjeu pourtant n'est plus d'analyser, mais de *concevoir* des modèles. Il importe de le faire en minimisant les ambiguïtés et en annonçant au mieux les *a priori* de cette conception : un nouveau discours de la méthode, un paradigme systémique, un objet artificiel de référence, le Système Général, que nous doterons de propriétés articulées en une théorie [2]. L'expression « analyse de système » est sans doute aujourd'hui entrée dans le langage. À son abri, il est temps encore d'en faire accepter une définition loyale, celle que nous avons proposée de la systémographie : *La conception de modèles isomorphes du Système Général.*

## Objectifs et niveaux de résolution en systémographie

L'analogie photographie — systémographie permet incidemment une remarque utile en pratique, relative aux vertus simplificatrices du choix des « niveaux de résolution » ... ou encore du choix des *objectifs : les* deux sens de ce mot (le photographique et le philosophique) sont particulièrement révélateurs de l'intention. En fonction de ses propres *objectifs,* l'observateur choisit... son *objectif* pour mieux se représenter la réalité dans laquelle il intervient. De nombreux chercheurs ont tenté en vain de cerner les considérations

---

1. B. et M.-A. LEBLANC ont proposé une heureuse traduction de l'anglo-saxon *System approach* en intitulant *L'analyse par les systèmes* leur traduction du célèbre ouvrage de C. W. CHURCHMAN (1968-1975). G. A. SEILER (1967, p. 194) a proposé « système d'analyse » à la place d'analyse de système, mais sans grande conviction. Il ne semble pas que son message ait été entendu.

2. Ainsi commentera justement G. KLIR (1969, p. 93) : *Le Système Général n'aura pas en tant que tel d'interprétation concrète, mais il satisfera à toutes les exigences du modèle à considérer.*

intrinsèques pouvant guider le choix de ce niveau de modélisation [1]. Ils furent tous conduits à cette reconnaissance élémentaire : Il dépend des objectifs du modélisateur ! Ce dernier, étant habituellement économe sinon paresseux, recherche volontiers les résolutions les plus simples et, pour ce faire, il cherche à repérer les zones qu'il perçoit comme faiblement tissées (ou interconnectées). Elles guideront habituellement la différenciation des niveaux de résolution possible, sans imposer la sélection de celui ou de ceux que le modélisateur retiendra.

## 3. Les systèmes de représentation

### La conception du SR

En différenciant, dans la démarche modélisatrice, la ressemblance en une isomorphie exhaustive avec un objet précis mais arbitraire et artificiel, et une homomorphie nécessairement partielle avec l'objet perçu à modéliser, nous avons rendu plus explicite le rôle discrétionnaire de l'observateur : c'est lui qui sélectionne les traits qui, par homomorphisme, dessineront le modèle. Il ne peut pas, dès lors, proclamer comme Descartes : « *Ma pensée n'attribue aucune nécessité aux choses* » [2].

Percevoir un objet c'est nécessairement lui attribuer quelques nécessités (nous dirons bientôt : quelques *finalités*).

Le nier est illusoire : chaque objet, chaque trait de chaque objet, pour nous, n'est pas évident, mais pertinent par rapport à l'intention que nous lui prêtons [3]. Implicitement sans doute, mais qui interdit au

---

1. Cf. p. ex., G. KLIR, 1969, p. 40 ; M. MESAROVIC *et al.*, 1970, p. 40 ; G. M. WEINBERG, 1975, 13- 157 ; J. Van GIGCH, 1974, p. 25.

2. In *Méditation*, V, cité par G. RODIS-LEWIS, 1966, p. 74, qui reproduit quelques autres commentaires de DESCARTES, révélatrice de l'intuition qu'il eut du caractère insoutenable de cette proposition.

3. C'est sans doute cette remarque que voulait mettre en valeur un des plus fins théoriciens de la systémique par une définition laconique et déjà ancienne que je tiens pour une des meilleures du concept de système avant que ne soit différencié le concept de Système Général : *Toute forme agencée (pattern) d'activités dans un réseau tenu pour cohérent par quelque observateur est un système* (G. PASK, in *Cameron-Yovit*, 1960, p. 233).

modélisateur d'expliciter ses intentions. Puisqu'elles seules permettent une perception identifiable, n'est-il pas plus fécond de les rendre publiques, et de les exposer avant même d'exposer le ou les modèles auxquels elles nous auront conduit ?

N'y sommes-nous pas acculé par une autre considération l'observateur modélisant doit pouvoir lui aussi être systémographié comme tout autre objet, fût-ce par lui-même ? Il se construit ainsi un modèle systémique de lui-même, qu'il doit pouvoir identifier et dont il doit donc décrire les finalités et l'environnement : ce modèle de l'observateur, isomorphe à son tour du Système Général, sera le Système de Représentation inhérent à toute systémographie [1]. Un tel Système de Représentation se conçoit et donc se construit, se modifie, se perfectionne [2]. On peut s'étonner que cette entreprise, si évidemment essentielle pour chaque observateur, soit encore si tacite, si peu explicite, si aliénée par une culture ancienne. Quel enseignant, quel journaliste se considère comme responsable de l'apprentissage de la conception des innombrables systèmes de représentation que chaque être humain, chaque groupe social met — ou pourrait mettre en œuvre, pour observer, et donc pour modéliser [3].

L'engouement que connaît aujourd'hui le concept de *problématique* est sous ce rapport relativement salubre. Que traduit-il d'autre que la volonté d'une réflexion plus exigeante sur la façon de « poser les problèmes », autrement dit de percevoir et de représenter les perceptions des objets que l'on considère ? H. Simon (1960, p. 3) est particulièrement bien fondé à nous proposer d'appeler

---

1. Ainsi, commentera P. DELATTRE (1971, p. 180), *on peut dire que tout ce qui touche à l'entendement est système, à commencer par le système le plus élémentaire, mais non le plus simple, que constituent le sujet connaissant et l'objet qu'il appréhende globalement*.

2. C. W. CHURCHMAN, 1971, en publiant : *The design of inquiring systems*, a probablement été le premier à tenter une formalisation explicite de la « conception des systèmes de représentation » (cf. en particulier p. 47). Parmi ses exégètes, MASON et MITROFF (1973, p. 480) ont bien mis en évidence l'intérêt des cinq grands archétypes que furent les systèmes de représentation préconisés par les cinq penseurs sélectionnés par Churchman : Locke, Leibniz, Kant, Hegel... et son maître Singer. On montrerait sans peine que les principes directeurs de la conception des systèmes cognitifs de représentation avaient été peu auparavant déjà formalisés par H. A. SIMON dans *La Science des systèmes, science de l'artificiel* (1969-1974), en particulier au chapitre II : Plus et mieux que Churchman, Simon prend en compte, pour dessiner notre système de représentation, l'ensemble des connaissances que nous apporte aujourd'hui la psychologie cognitive, en particulier les limitations fonctionnelles de la physiologie cérébrale. N'avait-il pas, dès 1958, révélé les nécessaires limites de l'exercice de la rationalité dans les organisations (MARCH et SIMON, 1958-1964, p. 163).

3. J.-L. RIGAL (1974) montre ainsi de façon très convaincante l'appauvrissement de la représentation systémique d'une économie nationale provoquée par l'inconscient concepteur de ce Système de Représentation qui a engendré le modèle du « Produit national brut ». Que d'hypothèses fortes sur les finalités de la nation dissimule ce modèle qui se présente naïvement comme un simple mode de calcul ! Que de finalités à jamais inaccessibles par le seul exercice de ce modèle !

*intelligence* [1] ces phases de la pensée raisonnante qui précèdent nécessairement les phases de *conception :* Ainsi cherche-t-on à se faire « l'intelligence d'une situation » : à se construire le Système de Représentation par lequel on la modélisera. *L'intervention sur un système doit, elle-même, être conçue comme un système,* précise J. Mélèse (1972, p. 79) en une formule heureuse.

## L'utilisation du SR

Par conception même, le Système de Représentation *intervient* donc dans toute systémographie : ce médium, isomorphe d'un Système Général, entre l'objet et le modèle systémique doit être perçu

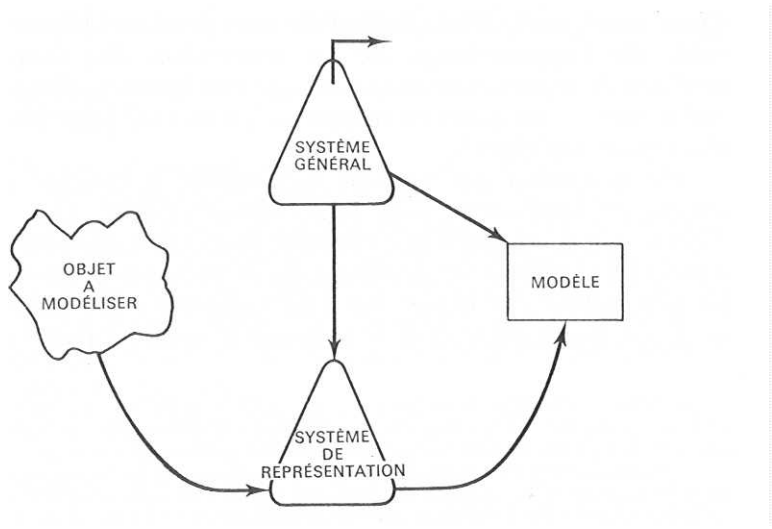


FIG. 3.2. — *Le SYSTEME DE REPRESENTATION Lui-même isomorphe du Système Général transforme l'objet à modéliser en un modèle communicable*

explicitement (dans sa subjectivité, *l'artificiel imprégnant le naturel* (H. Simon, 1969-1974, p. 39)) dans son intervention. Sa considération

1. H. Simon précise qu'il emprunte le mot au vocabulaire militaire anglo-saxon, en privilégiant ainsi cette interprétation « investigatrice » de l'intelligence. (L'humour veut *qu'Intelligence Service* se traduise en français par « SR » (Service du Renseignement des Armées) : les initiales restent celles de Système de Représentation ! On se gardera bien de pousser plus avant l'analogie, en lui demandant seulement une assistance mnémotechnique !)

nous conduit à modifier le schéma de base de la systémographie (cf. fig. 3.1), au profit de celui de la figure 3.2 : l'intervention de l'observateur se percevant comme un système va exprimer *l'intentionalité* de la connaissance. Là où nous postulions hier une existence de l'objet, il nous faut convenir aujourd'hui de son *axistence.* Le jeu de mots peut aider à souligner l'intentionalité d'une perception qui privilégie quelques axes (quelques valeurs, disent les axiologistes : nous ne récuserons pas cette référence philosophique pour étayer l'argument).

Cette intentionalité pourtant n'est pas désincarnée : dans un traité méthodologique à l'usage des hommes d'étude et d'action, nous n'échappons pas sans doute à quelques méditations sur les fins. Elles nous ramènent toujours à l'action, à ses enjeux à ses audaces et, parfois, à sa modestie :

*Connaître ne consiste pas en effet à copier le réel, mais à agir sur lui et à le transformer* [1]*, aux moyens d'actions manifestes ou intériorisées... Connaître c'est agir sur l'objet en l'assimilant à un schéma* (C. Florès, 1972, p. 33).

Cette action de connaissance n'est neutre ni pour l'objet, ni pour l'observateur, condamné à toujours re-concevoir ses modèles. Nul ne l'a mieux perçu que le grand biologiste Th. Dobszhansky (1961-1966, p. 391) :

> *En changeant ce qu'il connaît du monde*
> *l'homme change le monde qu'il connaît ;*
> *En changeant le monde dans lequel il vit,*
> *l'homme se change lui-même.*

Saurons-nous retrouver quelques convergences dans cet éternel enroulement spiralé de la conception des concepteurs et de leurs modèles ? Ce livre prétend y contribuer.

Il lui faut pour cela développer maintenant « ces lois de la conception et de la construction des modèles d'objets » qui guideront le modélisateur qui *seul sait que le monde évolue et qu'il évolue avec lui...* comme il sait *qu'il n'est pas le centre matériel de l'univers* (T. Dobzhansky, 1961-1966, p. 391).

Ces lois seront les propriétés du Système Général, que détaillent les trois autres parties de ce livre. Sauront-elles nous garantir l'accès à *une pensée qualitative rigoureuse* (cf. R. Thom, 1972, p. 22). Telle est en tout cas l'intention du Système de Représentation qui conçoit et rédige le modèle systémique que veut être ce livre !

*
* *

1. C. Florès emprunte cette formule à J. PIAGET (1967).

## u Relecture

À l'exception du graphisme du schéma représentant « l'appareil à systémographier » (fig. 3.1), on n'a ajouté que des modifications très minimes au texte initial de ce chapitre. On aurait peut-être pu proposer une rédaction plus prudente, ou plus complète, du paragraphe consacré aux systèmes de représentation ? Ce concept, en effet, n'est pas encore très stabilisé, et se prête à diverses interprétations (en linguistique, en psychologie, en sociologie, en intelligence artificielle, etc.). Les spécialistes correspondants se considèrent en conséquence comme seuls propriétaires de sa définition. L'interprétation très générale qu'on avait retenue ne devrait pas, à la réflexion, contraindre ou appauvrir celle des spécialistes : il n'y a pas de modélisation sans modélisateur, et il est loyal que ce dernier se reconnaisse comme tel, en convenant qu'il sera lui-même considéré par un autre modélisateur travaillant à l'aide d'un des modèles qu'il avait conçus ! La règle du jeu systémique de cette *boucle étrange* du modélisateur modélisé ne gagne-t-elle pas à être exploitée ? On a par ailleurs suffisamment insisté sur la modélisation et sur son instrumentation dans l'Introduction à la seconde édition, pour qu'il ne soit pas nécessaire d'y revenir à nouveau ici, sinon pour mentionner une étude récente de H. von Foerster qui conforte et argumente richement la thèse que l'on a retenue ici : « Pour une épistémologie constructiviste » [1].

### *Notes complémentaires pour la deuxième édition*

([a]) On dispose maintenant d'une riche étude sur le thème *Analogie et connaissance* publiée en 1980 (sous ce titre, deux tomes) sous la direction de A. LICHNEROWICZ, F. PERROUX et G. GADOFFRE, qui rassemble des travaux fort pertinents. Il ne semble pas cependant que la supériorité conceptuelle de l'analogie fonctionnelle sur l'analogie organique ait été mise en valeur dans ces recueils.

([b]) La discussion de la « qualité » d'un modèle peut sans doute être développée à partir de la notion d'« échelle » (« Le problème de l'échelle est le problème fondamental de toute connaissance », assure E. MORIN, 1982). On doit à Philippe BOUDON (1971, 1977, p. 51 +) une réflexion très riche sur le caractère fondamental du concept d'échelle en architecturologie (et donc, je crois, en modélisation en général).

1. Dans les *Cahiers de la Fondation Archives Jean-Piaget*, n° 2/3, 1982, p. 89-216.

*DEUXIEME PARTIE*

# le système général, modèle de l'objet ACTIF

« L'essentiel est de reconnaître que le sens d'une action ne se réduit pas à l'adaptation de l'acteur à un système. »

(A. TOURAINE, 1965.)

« Nous raisonnons toujours sur des modèles. »

(Paul VALERY, *Cahiers.*)

« Si l'œil perçoit l'ossature ogivale comme une structure, ce n'est pas tellement parce qu'elle laisse pressentir de l'ordre constructif caché, mais parce que cette ossature apparente a été délibérément conçue comme modèle, et comme modèle constructif, destiné non pas aux seuls spectateurs que nous sommes, mais aux bâtisseurs eux-mêmes. »

(Claude LEVI-STRAUSS, 1964.)

« La boue sémantique au-dessus de laquelle nous voltigeons salubrement d'algorithme en algorithme, accrochés à des cordes de mots, me paraît mériter d'être connue de plus près. Il faudra bien y plonger pour forger les concepts nouveaux qui manquent. »

(Miora MUGUR-SCHLACHTER, 1979.)

« Les méthodes logiques qui sont utilisées, faute de mieux, en cybernétique appartiennent à la vieille tradition ontologique ; elles ne sont pas assez puissantes pour rendre compte des aspects actuels de la Réalité. »

(G. GUNTHER, 1962.)

« Un système est une grosse boîte noire dont on ne peut ouvrir les fermoirs. Tout ce que l'on peut indiquer le concernant est ce qui en sort, et ce qui entre dedans. »

(K. BOULDING, 1972.)

CHAPITRE 4

| | | A | S | E |
|---|---|---|---|---|
| 3 | **F** | **4** | 7 | 10 |
| 2 | **O** | 5 | 8 | 11 |
| 1 | **G** | 6 | 9 | 12 |

# *l'environnement tapissé de processus temporels*

## 1. La décomposition triadique de toute fonction

### Accorder la suprématie au temps

L'objet existe dans le temps. Nous lui accordons au moins cette *nécessité* dès lors que nous nous proposons de nous le représenter par quelques *traits.* Il nous faut donc disposer de concepts assez familiers pour rendre compte commodément de cette hypothèse fondamentale. *La concorde et la discorde, la guerre et la paix, la justice et la lutte, l'écoulement du fleuve et la mélodie de la lyre ont lieu dans le temps* (K. Axelos, 1971, p. 54.). C'est le service que nous demandons à la notion de *processus* qui connaît depuis quelque dix ans une mode durable et compréhensible : Représenter et communiquer des représentations sans pouvoir *accorder la suprématie au temps* (K. Axelos, 1971, p. 55) devenait un exercice quasi impraticable à l'aide des concepts analytiques classiques qu'avaient forgés les mécaniques rationnelles ou statistiques qui guidaient hier nos démarches modélisatrices.

Il n'est pas surprenant que ce soit les chercheurs en sciences sociales qui, de A. R. Radcliff-Brown (1968, p. 264, texte original, 1935) à T. Parson (1960, et plus généralement dans G. Rocher, 1972, p. 216) aient les premiers déployé le concept de processus en lui donnant une autre envergure que celle retenue initialement par les physiciens trop inhibés encore par le concept de fonction qui leur était familier. Ainsi le caractère beaucoup trop restrictif, strictement causaliste et réversible de la définition initialement formulée par l'automatique : *nous appellerons processus... un ensemble physique susceptible d'évoluer en fonction d'une variable indépendante*

*appelée temps* (J. Boudarel *et al.*, 1967, p. 5). Le biologiste J. Miller (1965, p. 209) libérera la définition de sa restriction causaliste en proposant : tout changement dans le temps de matière, d'énergie ou d'information est un processus. Et il fera percevoir l'ambiguïté d'une définition faisant du temps l'explication du changement en mentionnant le caractère factice, bien que parfois commode, de la notion limite de processus réversible : si l'équation décrivant un processus dans le temps est la même, que la variable temporelle soit positive ou négative, le processus est réversible. Sinon il est irréversible. Nous nous épargnerons la précision : le temps a une flèche, la même flèche ; pour modéliser, nous posons le principe universel de l'irréversibilité (O. Costa de Beauregard, 1963, p. 103).

## Le référentiel Temps-Espace-Forme

Le *changement* irréversible dans le temps ? N'avons-nous pas substitué deux abstractions, et joué une fois encore avec les mots, changement remplaçant processus. sans lui apporter précision ou nuances ? On voudrait montrer ici qu'il n'en est rien et que ce concept de changement (nous dirons bientôt : de *processement*) véhicule une aptitude à l'opératoire qui s'avère féconde et quasi permanente pour le modélisateur.

Parler de changement, c'est considérer le changement de quelque chose par autre chose : explicitement nous postulons l'existence de deux familles d'objets identifiables et différents dès lors que nous évoquons un quelconque changement : l'objet changé (nous proposerons : *processé*) et l'objet changeur (nous proposerons *processeur*).

Qu'il s'agisse de matière, d'énergie ou/et d'information, l'hypothèse du changement dans le temps implique une vision du monde dichotomique ([a]) : les processés d'une part, les processeurs de l'autre, les contenus et les contenants, les actionnés et les acteurs. Et nous convenons volontiers que nous connaissons (donc que nous nous *représentons*) le changement par les modifications que nous observons, ou que nous pressentons, ou attribuons, ou anticipons dans les *formes* des objets processés.

La puissance modélisatrice du concept de processus tient à l'étonnante simplicité de la typologie des changements : un objet (ou une famille d'objets) processé étant identifié, son processement pourra toujours être repéré sans ambiguïté dans un référentiel triadique permanent. Agir, ou intervenir, sur un objet donné c'est affecter sa position dans le *temps* toujours, puis souvent dans *l'espace* (le transport ou la transmission) et/ou dans ses *formes*, dans sa morphologie (la transformation). Faire, agir, traiter, intervenir, fonctionner, changer donc, c'est toujours affecter la position d'au

moins un objet dans un *référentiel* TEF : *Temps, Espace, Forme.* Le processus se définit ainsi de façon quasi concrète et bien des complications dans l'examen disparaissent : l'ensemble ordonné des changements affectant la position dans le temps, dans l'espace, dans leur forme, d'une famille au moins d'objets identifiés (cf. fig. 4.1.).

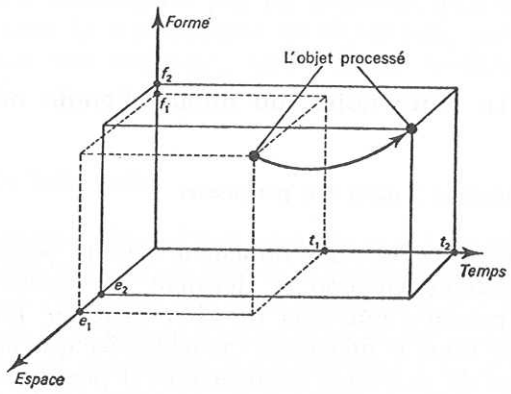


FIG. 4.1. — *Le référentiel TEF (Temps, Espace, Forme) permettant de repérer la position des objets soumis à des processus (décomposition triadique des fonctions)*

Étant donné un phénomène dont on fait l'hypothèse qu'il doit pouvoir être représenté par un processus, la question du modélisateur devient : Comment affecte-t-on la position des objets processés sur un référentiel triadique TEF ? S'agit-il d'un stockage (ou d'une mémorisation), d'un transport (ou d'une communication), d'une transformation ou d'un traitement ou d'une combinaison de ces trois types d'interventions ? Quiconque s'exerce à reprendre dans ces termes quasi naïfs bien des présentations de phénomènes complexes s'étonnera souvent du pouvoir descriptif de la modélisation des processus dans le référentiel TEF. C'est à elle en particulier que l'on doit la fécondité modélisatrice de la systémographie. Elle propose un *art de diviser* les difficultés, qui manquait souvent à nos schémas traditionnels d'analyse (elle accuse, en même temps, l'importance d'une autre difficulté : celle de *l'identification* de l'objet à modéliser, dont la solution est bien moins *évidente* encore que celle de son éventuelle réduction en *parties*).

Que l'on parle de processus intellectuel, ou cognitif, ou relationnel, de processus économique, ou politique, de processus énergétique, ou biologique, ou informationnel, on évoque toujours à la fois une dualité : objets processés — objets processeurs, et une description des changements affectant, dans le temps, dans l'espace ou dans leur forme, les objets processés. L'exercice est simple dès lors que les règles en sont posées et le lecteur poursuit aisément pour lui-même ses premiers travaux pratiques de systémographie.

## 2. La boîte noire, ou mieux, l'engin noir

### Le Système Général : dans les processus

Ces rappels en effet nous ramènent à notre propos : les propriétés du Système Général se devaient de rendre compte, en priorité, du principe universel de l'irréversibilité temporelle sur lequel s'appuie toute la démarche modélisatrice que l'on préconise.

Le concept de processus étant acquis, il permet le développement de la théorie de la modélisation quasi spontanée : *une hypothèse fondamentale de la Théorie du Système est que tout modèle d'un objet dans son contexte, autrement dit tout modèle du « comportement », peut être conceptualisé comme un processus* (F. Betz et I. Mitroff, 1974, p. 1243). La formule ne précise pas si *l'objet dans son contexte* doit être considéré comme l'objet processé ou l'objet processeur, si le comportement est subi ou exercé, et cette imprécision va obérer la rigueur d'expression de bien des auteurs qui se référeront à cette représentation *behavioriste* des objets. Si, en revanche, cette dualité est expressément prise en compte, la modélisation par un processus s'avérera féconde : « *la notion centrale, ici, est celle d'activité, et toute activité peut être conçue comme un processus... Il n'y a pas de différence en ce sens entre les objets animés et les objets inanimés* » (F. Betz et I. Mitroff, 1974, p. 1244.). Représenter l'objet inanimé dans une activité ? Tel est le paradoxe délibéré de la modélisation systémique. Il n'est pas inactif puisque nous le considérons comme changeant au moins sa position dans le temps, donc comme soumis à un processus temporel. La considération plus générale des objets animés nous conduira simplement à les tenir à la fois comme soumis à un processus et comme actifs dans un autre processus, habituellement différent. J. Miller (1965, p. 209) développera cette dualité lorsqu'il

précisera : *le processus inclut l'activité d'un système* [1]*... et son histoire, autrement dit les changements qui en ont altéré la structure.*

L'action exercée par l'objet (par laquelle il est présumé avoir altéré le reste du monde (son contexte)) et l'action subie par l'objet (exercée par quelques autres objets du reste du monde) ont altéré sa forme sinon sa nature, irréversiblement selon la flèche du temps ; le concept de processus implique cette dialectique dans la représentation de l'objet. Il ne nous intéresse plus d'abord par ce qu'il *est* mais par ce qu'il *fait* et ce qu'il *subit*, donc par ce qu'il *devient ;* nous le connaissons par les processus qu'il affecte ou qui l'affectent ; nous le représentons de l'extérieur, par ses comportements, dans son contexte ; nous dirons bientôt : dans son *environnement* [2].

## La règle de la boîte noire

Nous disposons alors d'une règle de représentation de l'objet dans un processus qui s'est révélée d'une exceptionnelle fécondité depuis que les cybernéticiens l'ont restaurée il y a plus de trente ans, en la dotant d'ailleurs d'un nom malheureux par les connotations de statisme, d'inaction, qu'il implique : la règle de la *boîte noire* (cf. fig. 4.2), dont G. Klir (1969, p. 268) considère fort justement qu'elle constitue un des aspects épistémologiques les plus fondamentaux de la théorie du Système Général.

Son énoncé est succinct : tout objet identifiable l'est *a priori* dans des processus, et on le représentera au sein de ces processus (qu'il y soit acteur ou agi, ou les deux), par ses transactions à chaque instant avec ces processus ; non pas une boîte noire passive et fermée, mais un *engin noir*, recevant, ou prélevant, d'autres objets actionnés par les processus : *les intrants* [3] à l'instant $t$[IN($t$)], et les émettant ou

---

1. Je traduis par activité : *on-going function*, J. Miller notant soigneusement quelques lignes plus loin qu'il importe de ne pas confondre le mot *function* tel qu'il l'utilise avec celui dont l'usage est courant en mathématique. Le mot activité permet d'éviter bien des connotations de fonction, tout en rendant compte de l'image centrale : celle du fonctionnement, de l'action, du processement.

2. Environnement ou situations ? Citons H. OZBERKHAN (1975) : « *Récemment le mot environnement a été tenu comme trop statique. On se réfère de plus en plus à des situations pour décrire des environnements changeant constamment, cette expression connotant un environnement dynamique fait d'une conjoncture d'événements.* »

3. Entrée et sortie traduisent l'anglais : *Intrance* et *Exit*, et non pas Input et Output que les Canadiens français proposent de traduire par *Intrant* et *Extrant*. Je tiens ces expressions pour très satisfaisantes parce qu'elles s'abrègent par *IN* et *EX* et qu'elles rendent bien compte du *mouvement* impliqué par *Input-Throughput-Output* : l'intrant, le traversant et l'extrant (à la différence d'entrée, sortie, qui imagent la porte statique, plutôt que le flux).

les restituant après processement : les *extrants* [1] à l'instant *t*[EX (*t*)]. L'imagerie mécanique ne sert ici qu'à stimuler l'imagination : cette règle de la boîte noire se prête indifféremment à la modélisation d'un objet conceptuel et abstrait, ou d'un objet concret, voire d'un Système de Représentation. Par son universalité et sa compatibilité avec les fondements épistémologiques que l'on a retenus, la règle de la boîte noire va devenir la première règle de la systémographie : c'est elle qui va nous fournir la définition phénoménologique de l'artefact Système Général que nous devons caractériser.

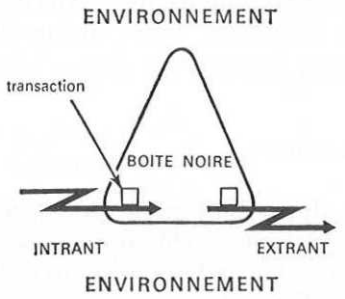


FIG. 4.2. — *La boîte noire, outil de représentation universel des objets identifiables dans un processus*

Le Système Général a un comportement dans un environnement. Il reçoit et émet, au fil du temps, d'autres objets qu'il processe (changement TEF) et il est lui-même objet soumis à des processus temporels environnementaux. (Il n'est donc pas nécessairement invariant dans un référentiel TEF.)

## Le système fermé, cas limite

Le Système Général possède un cas limite très (trop ?) fréquemment utilisé. Le cas où l'environnement est vide, où le système englobe le processus ; le cas où l'engin noir devient la boîte noire ; autrement dit le cas où le système est fermé, servant alors à représenter un objet ou un phénomène considéré comme n'extériorisant aucun comportement et comme parfaitement et

1. *Ibid.*

uniformément stable. La tentation de proposer cette convention afin de bénéficier des facilités modélisatrices du système fermé a été et est encore très forte dans la plupart des entreprises de modélisation. Elle s'était en effet révélée féconde en physique en particulier.

C'est en butant sur ses limites en biologie que L. von Bertalanffy fut conduit vers 1930 à identifier d'abord le concept complémentaire de *système ouvert* puis, vers 1940, à en universaliser la portée en introduisant le concept de *Système Général* (qu'il envisagea d'ailleurs de baptiser : système universel). L'école systémique polonaise proposera la désignation de *système quasi isolé* [1], qui n'est restrictive qu'en apparence, pour mieux accuser la spécificité de l'intervention de l'objet dans ou sur quelques processus identifiés. *Par système quasi isolé, on entend tout système qui possède les deux caractéristiques suivantes : 1/ il est influencé par le monde extérieur, mais seulement selon certains processus déterminés que l'on appelle intrants ; 2/ il exerce une influence sur le monde extérieur, mais seulement selon certains processus déterminés que l'on appelle extrants* (H. Greniewski, 1960-1965, p. 1. Voir aussi O. Lang, 1960-1965, p. 18) [2].

Le modèle fondamental de la boîte noire fut, rappelle G. Klir (1969, p. 99), porté sur les fonts baptismaux par le plus puissant peut-être des cybernéticiens, R. W. Ashby (1956, p. 86). Ce parrainage contribue à l'obérer quelque peu, dans la mesure où l'interprétation correspondante fut aussi *causaliste q*ue possible (ce dont G. Klir, p. 270, se félicite au demeurant !). Il faudra attendre A. Wilden, 1972, p. 359, pour disposer d'une critique sévère de ce point de vue dans la littérature anglo-saxonne. Mais grâce à J. Melèse qui fut le principal introducteur de la pensée de R. Ashby en France, cette contrainte potentielle de modélisation semble moins vivace en environnement francophone qu'anglophone. Après avoir retenu une même définition du concept de système que celle que nous avons proposée ici : un *système est quelque chose qui opère une transformation entrée-sortie* [3] (J. Melèse, 1972, p. 55), il précise en effet (p. 58) : il se peut que *l'on ignore la correspondance entrée-sortie : le système se présente comme une boîte noire* (black-box), *c'est-à-dire une boîte munie d'entrées et de sorties, mais dont on ne sait pas prédire les valeurs des sorties à partir de la valeur des entrées.* Le psychologue américain F. K. Berrien (1968, p. 32) proposera une définition

---

1. Je crois que l'on traduirait plus correctement en parlant de système *relativement* isolé.

2. La littérature professionnelle tente de proposer des distinctions plus fines entre, par exemple, les systèmes fermés (qui n'interdiraient que les échanges de matière) et les systèmes isolés, qui interdiraient tout échange (de matière, d'énergie ou d'information). Cf., p. ex., L. NIKOLAÏEV, 1973, p. 10. Il ne me semble pas que ces distinctions soient très opérationnelles.

3. Dans la formulation que nous avons retenue, il vaudrait mieux dire : un processement intrant-extrant, en réservant transformation au processement affectant exclusivement les formes.

pragmatique qui conforte notre propos : les systèmes qui défient les descriptions habituelles, ou qu'il n'est pas commode de décrire, peuvent être traités comme des « boîtes noires » sans invalider l'analyse. La formule est quelque peu négative et révélatrice de l'interprétation de type « moindre mal », voire « inavouable », de la systémographie telle que la tolèrent les derniers cartésiens, mais elle assure au moins un garde-fou minimal pour le bon usage de ce concept.

## 3. La dualité flux-champs

### Les processus : flux et champs

La représentation de l'objet intervenant à la fois *sur* et *dans* divers processus légitimait une différenciation *a priori* des processus, qui prenne en compte cette dualité et qui permette le cas échéant de privilégier celui des termes que le Système de Représentation préférait privilégier : le fonctionnement, l'activité immédiate quasi visible, l'intervention active, intentionnelle, ou plutôt l'évolution, les transformations internes, voire les mutations, les ruptures d'équilibres qui, bien que n'affectant pas la nature, l'unicité de l'objet représenté, peuvent concerner ses formes et ses comportements.

La physique livrait aux systémiciens les concepts complémentaires de flux [1] et de *champ* de force qui rendent compte de façon imagée de la complémentarité des changements intervenant *sur ou dans* un milieu. A l'un, la physique associe les notions de *tension* (*ou différence de potentiel*), représentant le flux comme un *écoulement* entre une *source* et un *puits*, entre deux *réservoirs* (le *tout s'écoule* héraclitéen) [2] ; à l'autre, elle associe plus volontiers des notions d'extensité (cf. M. Dodé, 1965, p. 98) représentant les champs comme une *orientation*, une *capacité d'influence*, un tapis ordonné permanent de *forces d'intensité variable.*

La notion de force est particulièrement abstraite, objectera-t-on. Certes, mais depuis Kepler et Newton, elle s'avère particulièrement commode pour rendre compte de ces influences sans écoulement

---

1. Cette contribution de la physique à la théorie du Système Général doit cependant être considérée avec prudence. L. NIKOLAÏEV (1973, p. 35) rappelle très loyalement, mais lucidement : *Il est impossible d'interpréter les flux au moyen des notions de la thermodynamique classique. Pour caractériser les flux, le temps est nécessaire. (C'est une grandeur que la thermodynamique n'utilise pas.)*

2. Cf. p. ex. : *Pour qu'un système puisse être le siège d'un processus... il est nécessaire qu'il soit en relation avec un système particulier appelé réservoir ou source*. N. BOCCARA (1968, p. 45).

tangible, de ces orientations permanentes et fluctuantes par lesquelles nous nous représentons ces invariants suffisants que sont les objets ou les phénomènes modélisés : équilibres fugaces entre forces d'action et forces de réaction, entre force motrice et force d'inertie, entre force d'attraction et force de répulsion (magnétique ou non). Influences sans écoulement, mais en opposition, ou plutôt en conflit *(le conflit est de tous les êtres le père ; tout devient dans la lutte et la nécessité).* Nous devons aussi à Héraclite l'obscur, ces « observations premières » que C. P. Bruter (1974, p. 17), brillant disciple de R. Thom, a récemment reformulées avec une acuité extrême et bienvenue à l'heure ou s'élabore une théorie de la modélisation.

Intervenant activement sur des flux qu'il contribue à processer dans le temps, et activé plus ou moins intensément par des champs qui, fluctuant dans le temps, lui vaudront parfois des ruptures de stabilité (des *catastrophes*, dira R. Thom), l'artefact Système Général s'adaptera aisément à une représentation fidèle de tous les objets, de tous les phénomènes, que nous nous proposons de connaître, sur ou dans lesquels nous nous proposons d'agir. Il nous suggère une interprétation permanente des univers à décrire comme *tapissés d'objets appelés champs de force* (cf. C. P. Bruter, 1974, p. 17) et de phénomènes appelés flux d'objets en processement. Cette description *a priori* des environnements dans et sur lesquels intervient l'objet modélisé constituera en quelque sorte le sésame de toute systémographie. Quels flux, quels champs, donc quels environnements, dans quelle durée, sont concernés ?

## Système et événement : transactions et catastrophes

Il reste à détailler les modalités de mise en œuvre de ce sésame. L'expérience anticipe souvent sur la théorie et la recette vaut souvent mieux que le corps de concepts par lequel on parviendra parfois, sinon à la justifier, au moins à lui valoir quelque généralité.

Peut-être pourtant peut-on mettre en valeur le concept *d'événement ?* Le phénomène identifiable par lequel le Système de Représentation *connaît* l'intervention de l'objet sur les flux qu'il processe ou dans les champs qui le processent : cette *différence* perceptible, qualitative ou quantitative, de telles caractéristiques des intrants ou des extrants, par lesquelles sera modélisée l'activité de l'objet (cf. notamment E. Morin, 1972).

S'agit-il d'un événement associé à un flux ? On parlera volontiers de *transaction de* l'objet avec son environnement, et l'identification ou l'observation de ces transactions servira de guide sûr à la représentation de l'objet, processeur de flux d'autres objets.

S'agit-il d'un événement dont on considère qu'il est provoqué par une fluctuation des champs, par une rupture des équilibres

engendrant l'objet ? On parlera plus volontiers de *catastrophe ou*, si le mot paraît trop fort malgré la remarquable théorisation qu'en a proposée R. Thom (1972), de *mutation*, voire de *trans-formation interne ou* de morphogenèse. Là aussi le diagnostic, ou l'anticipation de ces événements-catastrophes, assistera le modélisateur dans sa tâche initiale : le repérage des champs qui processent l'objet considéré.

## Les typologies usuelles des processus

L'expérience millénaire de la modélisation a bien sûr contribué à forger quelques typologies opérationnelles des flux et des champs, qui assistent dans leurs tâches les systèmes de représentation. On se borne ici à rappeler les plus fréquemment utilisées dans la modélisation des objets sociaux, en insistant sur le pragmatisme de ces *listes.*

Tous les systémiciens soulignent d'abord l'intérêt de la typologie des flux établie par les thermodynamiciens ou les biologistes (cf. p. ex. J. Miner, 1965, p. 193) : un objet peut processer des flux d'objets eux-mêmes constitués de *matière, d'énergie* et/ou d'*information*. Les systémiciens sociaux sont souvent conduits à différencier plus finement les flux d'information en distinguant d'une part les *signaux* porteurs de *commandes* d'action (les ordres), des autres (les données) et en distinguant, dans ce dernier groupe, les signes caractérisant les transactions du système considéré avec son environnement, des autres, significatifs d'événements extérieurs (cf. fig. 4.3).

Les mêmes systémiciens sociaux préfèrent souvent privilégier une typologie plus opérationnelle, proposée en particulier par J. Forrester (1961) et par R. L. Ackoff (1970) : les transactions d'un objet social avec son environnement peuvent concerner des individus et des outils (au sens large du terme) d'une part (les flux structurels), et des matériaux ou produits et services et des artefacts monétaires d'autre part (les flux d'activité, ou de performance. Cf. B. Gross, 1966, p. 179, *in* R. Bauer).

Les transactions spécifiquement informationnelles s'ajoutant évidemment aux quatre flux précédents (voir un développement de ce « modèle des quatre flux » dans J.-L. Le Moigne, 1973 et dans Grochla-Szyperski, 1975, p. 324).

La transition des flux processés aux champs processeurs de l'objet modélisé peut être aisément mise en valeur par une image familière. De même, nous le verrons, qu'il *n'y a pas de communication sans mémoire* (cf. A. Wilden, 1972, p. 375), il n'y a pas de flux sans stock : le flux implique un processement de type TEF ;

| | |
|---|---|
| M | Matière<br><br>(matériaux et objets tangibles) |
| E | Énergie<br><br>(sous toutes les formes énergétiques concevables) |
| I<br>SIGNES OU SYMBOLES | SIGNAUX de COMMANDE d'ACTION<br><br>**---Information----------**<br>SYMBOLES<br><br>représentant les transactions du système et de l'environnement<br><br>autres SIGNAUX<br><br>SYMBOLES<br><br>représentant les autres événements (extérieurs) |

FIG. 4.3. — *La typologie des flux MEI : classification universelle de tous les objets susceptibles d'être processés par un Système Général intervenant dans un processus*

le concept de stock rend compte du cas particulier où les positions dans l'espace E et la forme F restent invariantes pendant que le temps T, seul, progresse. L'image du stock implique celle de deux stabilités suffisantes : celle du réservoir d'une part, donc d'un élément de la structure susceptible d'être à son tour affecté par un champ ; celle, moins nécessaire, du *niveau* qui permettra de diagnostiquer éventuellement les paramètres structurels d'une régulation fonctionnelle (cf. chap. 7), autrement dit d'une *stabilité engendrée par le mouvement* (cf., p. ex., J. de Rosnay, 1975, p. 118, qui parle incorrectement d'équilibre dynamique au lieu de stabilité cinématique). Les typologies des événements pouvant affecter les formes des réservoirs, et donc plus généralement la stabilité structurelle des formes des objets, sont celles que l'on peut proposer pour les champs de force (Ch. Alexander, 1964-1971, p. 17, rappelle l'image féconde de d'Arcy-Thomson, 1917-1969 : *la forme est un diagramme de force*). Elles se réfèrent usuellement au concept de *sphère* pour rendre compte du caractère *englobant* des champs

affectant l'objet et renvoient habituellement aux classifications retenues par Milsum (1968, dans Beishon *et al.*, 1971, p. 187-199) que

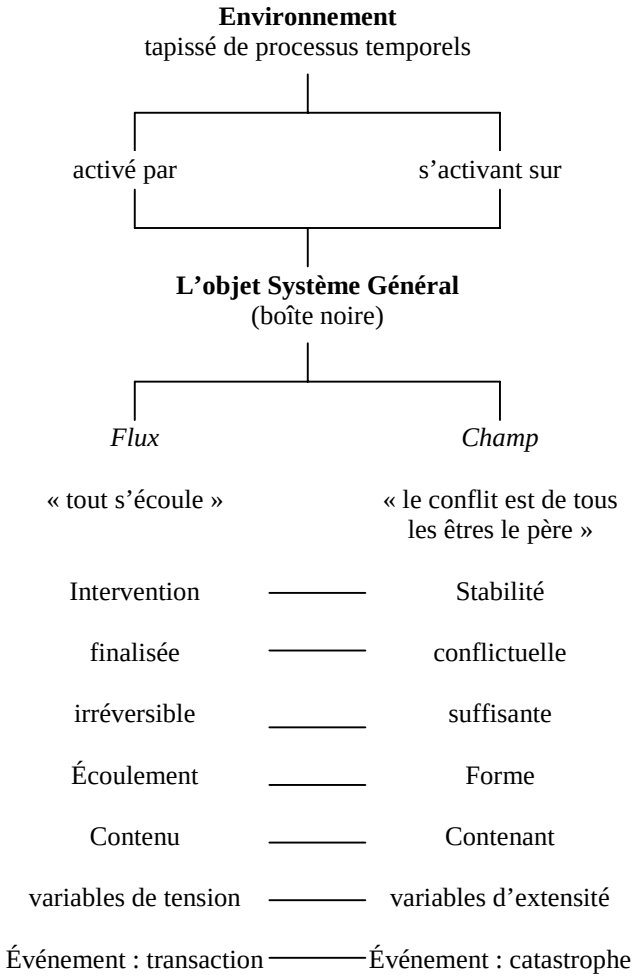


FIG. 4.4. — *La dualité « flux-champ », base de la systémographie de l'environnement du Système Général*

l'on peut nuancer par celles plus innovatrices conçues par P. Teilhard de Chardin. La *géosphère* rassemble les processus physiques naturels, la *biosphère* les processus vivants ou biologiques, la *technosphère* les processus physiques artificiels, la *sociosphère* les processus physiques naturels et artificiels intervenant dans les relations entre les hommes ; *la noosphère* permet de rendre compte de *l'enveloppe pensante de la*

*biosphère*. Il apparaît souvent commode, dans la modélisation des objets sociaux, d'agréger en une *écosphère*, géo, bio et technosphères.

De telles typologies ne peuvent évidemment garantir l'exhaustivité dans la description, et il serait vain de leur demander une universalité automatique. Leur balayage constitue pourtant la deuxième étape indispensable dans toute systémographie, une fois identifié l'objet à modéliser. La figure 4.4 récapitule de façon cavalière les étapes en dualité de toute représentation des environnements qu'oriente irréversiblement le temps. Elle résume implicitement les développements de ce chapitre.

*
* *

## u Relecture

« Ça fait quoi dans quoi ? » Le caractère brutal et cavalier de la question a le mérite de son économie mnémotechnique. C'est peut-être en effet par la priorité explicite donnée à la perception d'une activité dans un environnement que la modélisation systémique accuse le plus nettement son originalité... et sa fécondité. Au lieu de prendre un bistouri, de découper pour tenter de découvrir l'hypothétique mécanisme explicatif, attendre et décrire des comportements, des activités : au lieu du « de quoi c'est fait ? », partir du « qu'est-ce que ça fait ? ». Pour conduire cette description, les concepts d'environnement, d'irréversibilité, de processus, de processeur, d'intrant/extrant, de flux, de champ... s'avèrent commodes et souvent familiers en pratique. L'inconvénient de cette présentation quasi énumérative est de retarder l'explicitation des concepts de projets et de téléologie par lesquels, en pratique, passe toujours le modélisateur : pour amorcer des hypothèses de réponse à la question : « Quoi dans quoi ? », il faut se demander en même temps : « Pourquoi ? ». Bien avant de se demander « Par quoi ? »

### *Note complémentaire pour la deuxième édition*

([a]) Cette dichotomie ne doit pas être contraignante : elle n'interdit nullement les relations récursives : le processeur peut être lui-même processé, et le processé pourra être reconnu pour un processeur. On montrera précisément que la fécondité du concept de Système Général réside dans sa capacité à rendre compte à la fois de la conjonction et de la disjonction du processeur (ou de l'opérateur) et du processé (ou du résultat).