

La Science des Systèmes transforme le Système des Sciences qui la forme

EPISTEMOLOGIE ET SYSTEMIQUE, QUARANTE ANS APRES

Par Jean louis Le Moigne

« 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 »

Cette formule d'Edgar Morin (la Méthode, T 1, p 101), publiée la même année que la première édition de la 'Théorie du Système général, Théorie de la Modélisation' 1977, éclaire une des principales raisons pour laquelle le livre différait par son titre complet de celui quasi homonyme de celui de L Von Bertalanffy traduit en français en 1973.

L'addition du corrélat 'Théorie de la Modélisation', exprimant le processus de conception en situation du modèle ('the modeling process') plus que son résultat ('le modèle à appliquer'), mit en valeur la nécessité de la réflexion sur 'Le concept de système' et par là, les questionnements épistémologiques suscités par l'émergence de la systémique. En mars 1980, se tenait un colloque CNRS sur le thème « La notion de systèmes dans les sciences contemporaines » débattant de l'examen conjoint de 'l'Epistémologie et de la Systémique'. Débat qu'allait puissamment généraliser la parution de « La Connaissance de la Connaissance », (le T3 de la Méthode 1986) et par là plus spécifiquement de 'La Modélisation des Systèmes Complexes' (1990).

Il semble aujourd'hui bienvenu de mettre en valeur les enjeux épistémiques et par-là pragmatiques de l'identification de cette dualité du comprendre et du faire qui s'était subrepticement amorcée avec la parution du « Nouvel esprit scientifique » (G Bachelard, 1934) invitant à l'émergence explicite de 'L'Epistémologie Non Cartésienne'. En 2004, lorsque paraît la quatrième édition révisée de 'La Théorie du Système Général, Théorie de la Modélisation', le glissement est suffisamment accusé pour qu'on s'attache à tenter de contribuer à son insertion au sein des multiples développements du Paradigme de la Connaissance Réflexive, Paradigme du Penser Complexe.

Pour éclairer ce mouvement, il a paru bienvenu de publier en accès ouvert aisé sur la toile l'essentiel du texte de l'Avant-Propos de la quatrième édition, 1994, qui s'attache à mettre en valeur les traits marquant de l'évolution épistémologique que l'on pouvait percevoir au terme de cette première période du 'Paradigme Retrouvé' 1970-1995. Le lecteur qui s'intéresse à cette évolution des paradigmes épistémologiques trouvera d'autres compléments en consultant l'avant-propos* de la cinquième édition (rédigée en 2006) accessible sur le site du Réseau Intelligence de La Complexité ((p I à XII).

* Voir sur le Site <http://www.intelligence-complexite.org/inserts/ouvrages/0609tsgtm.pdf>

Epistémologie et Systémique, quarante ans après

« On a toujours cherché des explications quand c'était des représentations qu'on pouvait seulement essayer d'inventer. »
P. Valéry, *Cahiers*, 1933, p. 837.

Tout développement de la Science des Systèmes conduit spontanément à une réflexion sur le Système des Sciences dans lequel elle se développe ; réflexion récursive, la science transformant peut-être le système qui la transforme. Avant même que la systémique ne s'institutionnalise au sein des disciplines, Jean Piaget avait déjà montré l'audace épistémologique dont elle allait avoir à faire preuve, en examinant (dans son Encyclopédie Pléiade sur la Connaissance Scientifique, 1967) les transformations qui se manifestent en permanence au sein du Système des Sciences, au grand dam des académies soucieuses de le stabiliser assez pour stabiliser leurs propres privilèges.

Quelques épistémologues avant lui, qui ne se percevaient pas particulièrement attentifs à l'émergence d'une science des systèmes, avaient déjà pressenti cet ébranlement prévisible d'un Système des sciences positives (si solidement construit depuis plus d'un siècle qu'il semblait inébranlable dans la forme hiérarchique que lui avait donnée le tableau synoptique des sciences dressé par Auguste Comte en 1828) : « le Nouvel Esprit Scientifique » de G. Bachelard (1934) autant que « la Structure des Révolutions Scientifiques » de T. Kuhn (1963) en témoignent. Sans-doute les premiers chercheurs engagés dans les années quarante et cinquante dans les explorations des premières îles de l'Archipel de la Systémique (alors inconnue, le nom n'existait pas plus que la discipline) pressentaient-ils les enjeux épistémologiques sous-jacents à leurs investigations. On cite volontiers aujourd'hui des textes révélateurs écrits par N. Wiener en 1943 (le fondateur de la Cybernétique avec A. Rosenblueth J. Bigelow), par W. McCulloch et J. Pitt, également en 1943 (les pionniers des connexionnismes contemporains), par W. Weaver en 1948 (le premier héraut d'une science de la complexité), par le biologiste L. von Bertalanffy en 1950 et par l'économiste K. Boulding qui cofondèrent à partir de 1955 la Society for General Systems Research (SGSR).

Sciences des Systèmes : un langage pour exprimer l'Interdisciplinarité

Mais aucun de ces textes fondateurs, dont la portée épistémologique apparaissait alors plus potentielle qu'immédiate, ne considérait explicitement les conséquences induites implicitement par l'émergence d'une science des systèmes sur le statut du système des sciences dans lequel elle s'insérait. Prudence tactique vis-à-vis des académies certes : il fallait appliquer le principe systémique de la niche écologique. Si le système des sciences parvenait à supporter ce modeste parasite, il serait temps alors d'élaborer une stratégie plus offensive ! Mais aussi sans doute, conscience de la grande difficulté du défi épistémologique qu'on allait devoir affronter puisque le système des sciences positives interdit, par sa définition même, une recherche scientifique effectivement *interdisciplinaire*.

Or la science des systèmes, qui se définit volontiers par son projet et son expérience modélisatrice (et donc par son métalangage capable d'assurer la communication entre plusieurs langages disciplinaires), ne peut s'entendre que dans et par *l'inter (ou la trans) disciplinarité*. Pour se développer, elle devait donc reconsidérer les fondements des positivismes, et pas seulement le détail de telle ou telle arborescence du grand arbre des sciences positives.

En l'affirmant, avec une tranquille audace (audace justifiée par une exceptionnelle expérience

modélisatrice), Jean Piaget ouvrait en 1967 une brèche considérable dans le système des sciences alors dominant et proposait une nouvelle carte de « *l'Archipel Scientifique* » (P. Weiss, 1974) que les fondateurs de la systémique contemporaine, et surtout le premier d'entre eux, Edgar Morin, vont à leur tour explorer et construire à partir des années soixante-dix.

On ne peut manquer d'être impressionné par les contributions épistémologiques générales parfois « éloignées » des développements spécifiques de la science des systèmes encore en construction, que l'on trouve dans les œuvres contemporaines d'H. von Foerster (1983), d'I. Prigogine (1979), de F. Varela (1979 et 1992), d'H. Atlan (1972, 1979, 1991), d'Y. Barel (1979, 1989), d'H. A. Simon (1962, 1969, 1981, 1983, 1997) et d'E. Morin (1977, 1980, 1986, 1990, 2001), pour ne citer que quelques-uns des chercheurs dont les œuvres sont les plus fréquemment citées dans les recherches en systémique et en épistémologie.

Systémique, Autonomie, Cognition

Ce phénomène est sans doute devenu de plus en plus visible au fil des années quatre-vingt, du fait du soudain effet d'audience des « nouvelles sciences de la cognition » : Nécessairement interdisciplinaires, ces nouvelles sciences requièrent un langage qui permet les co-modélisations que seuls le paradigme Simonien du *Système de Traitement de l'Information* et celui, plus réducteur, du *connexionnisme* peuvent aujourd'hui leur proposer. L'un et l'autre se sont construits au cœur de la systémique au moment où elle s'interrogeait sur ses propres fondements épistémologiques. (Il n'est pas surprenant que le Collège français de Systémique de l'AF CET se soit auto transformé symboliquement en 1990 en s'appelant « Systémique et Cognition » avant de devenir en 2001 *L'Association Française de Science des Systèmes Cybernétiques, Cognitifs et Techniques, AFSCET*).

Le questionnement épistémologique de la science des systèmes interrogeant le système des sciences dans lequel elle se formait allait dès lors se généraliser et par-là devenir de plus en plus plausible. Ce n'était pas seulement, comme on l'avait cru un instant dans les années quatre-vingt, une question de maturation interne des disciplines n'affectant pas leur substrat, l'arbre des sciences dont elles seraient les branches plus ou moins grosses et ramifiées, par générations successives, disait-on : une *Seconde Cybernétique* prenant en compte les processus de transformation interne, en sus d'une *Première* qui ne considérait que les fonctionnements externes ? ; ou une *Deuxième Systémique* qui assimilait les théories de l'autonomie (autopoïèse et auto-organisation) que semblait méconnaître une *Première* attentive surtout aux régulations homéostatiques et homéorhésiques; voire une *Troisième Systémique* intégrant les modèles de la Cognition qu'ils soient connexionnistes ou computationnels.

L'auto-construction épistémologique de la systémique

Ces modèles générationnels peuvent se lire un instant, « à la surface » en quelque sorte ; mais ils ne permettent pas de rendre compte de la crise paradigmatique dont ils ne sont que de fugaces occurrences. Jean Piaget avait raison de nous inviter à reconnaître sous les apparences des glissements dans le discours des sciences et de leurs pratiques, des transformations profondes du Système des Sciences, et donc des conditions de production et de légitimation des énoncés scientifiques enseignables. Les fondements ontologiques, réductionnistes et syllogistiques des positivismes, sur lesquels reposait de façon exclusive le système hiérarchique des sciences, peuvent désormais être reconsidérés.

Les 'enracinements épistémologiques' sur lesquels se développe la Science des Systèmes, et

avec elles toutes les « Nouvelles Sciences¹ », des sciences de la cognition à l'architecturologie par la nouvelle dialectique, l'écologie humaine ou les mathématiques non standard, se forment dans les terreaux constitués au fil de ces développements même : « *Fait nouveau et de conséquences incalculables pour l'avenir* », écrivait déjà Jean Piaget en 1967, ce sont les sciences elles-mêmes qui, dans leur activité propre, construisent leur propre épistémologie... au lieu d'aller interroger un grand maître qui leur révélerait les secrets des fondements de la scientificité.

Si bien que notre lecture des développements de la systémique contemporaine peut et doit se faire dans cette interaction permanente qu'elle subit et qu'elle suscite : interactions avec toutes les « nouvelles sciences » auxquelles elle emprunte leur expérience modélisatrice, et qui lui empruntent son langage modélisateur en permanente reconstruction.

Cette interprétation épistémologique de la formation et du mûrissement de la Science des Systèmes ne corrobore-t-elle pas la thèse fondatrice que l'on proposait en 1977 en présentant *la Théorie du Système Général comme et par une Théorie de la Modélisation* (et non « une théorie générale des modèles² »), puis celle que l'on argumente ici, de la stabilité conceptuelle de cette théorie de la modélisation. Si l'on peut, vingt-cinq ans après sa première parution, rééditer ce livre sans modifications notables, sinon par quelques développements additifs qui n'affectent pas son organisation, n'est-ce pas parce que les fondements épistémologiques de la modélisation systémique et l'interprétation pragmatique des expériences modélisatrice à partir desquels on l'a élaboré, le définissent comme un *génotype* : non pas le modèle *phénotypique* contingent de tel ou tel système (physique, chimique, urbain, spatial, dynamique, économique...), mais le processus cognitif de conception-construction des représentations symboliques par lesquelles l'esprit raisonne, relie, conjoint, distingue et relie encore.

La Théorie du Système Général, Théorie de la Modélisation se conçoit dès lors comme une méta-modélisation satisfaisante du 'Système de Représentation' par lequel s'exerce l'acte modélisateur. Cette stabilité conceptuelle est-elle suffisante pour permettre effectivement les innombrables exercices modélisateurs qu'appellent l'action et la cognition humaines ? Il nous semble aujourd'hui encore que la réponse est affirmative, dès lors qu'on l'entend dans sa nécessaire incomplétude. Autrement dit dès lors que l'on prête attention, en permanence, à toutes les expériences que la modélisation systémique suscite dans tous les domaines. L'analogie avec la rhétorique peut ici éclairer. Par bien des aspects, la modélisation systémique peut être considérée comme une forme moderne de *l'Inventio* rhétorique³ ; une rhétorique que l'on peut certes développer et enseigner, mais dont la fécondité n'apparaît que dans son exercice. C'est en observant la systémique en exercice que l'on peut sans doute percevoir la pertinence de l'exigence intellectuelle qu'elle requiert (une rigueur qui s'intéresse au fond plus qu'à la forme, qui ne disjoint pas les fins et les moyens, les projets et les actes, les intentions et les modèles).

En se développant, la systémique active les nouvelles sciences

On peut- alors, pour illustrer ce propos, évoquer succinctement bon nombre de ces exercices modélisateurs développés dans les champs très divers, par des chercheurs et des praticiens qui en

¹ Voir J.L. Le Moigne, « Le Constructivisme, Tome II », chapitre 2, Ed. L'Harmattan, Coll. Ingenium, 2001.

² C'est le sous-titre de l'ouvrage devenu 'classique' de René Thom, « Stabilité structurelle et morphogenèse, Essai d'une théorie générale des modèles », 1972, qui m'avait incité, dès 1977 à sous-titrer « La théorie du système général » par l'expression alors inédite : 'Théorie de la modélisation', ceci pour bien marquer la différence entre les produits découpés (les modèles) et le processus reliant (la modélisation).

³ Dans un essai original « Connaissance, rhétorique et science dans l'œuvre de G.B.Vico », (PUF, 2003), D. Luglio proposera de l'appeler « La méthode topico- critique » mariant heureusement ainsi la topique, la rhétorique et le critique.

retour, enrichissent de leur propre réflexion les pratiques de la modélisation systémique : je m'étais livré à cette évocation en rédigeant la postface de l'édition de 1994. Énumération que le lecteur risquait de tenir soit pour fastidieuse (d'autant plus que ces références dataient des années 84-94), soit pour irritante par ses omissions ou ses préférences ? La seule mention d'une trentaine de références très diverses (et pour l'essentiel francophone) ne permet pas de « faire voir » la possibilité d'un langage de modélisation qui ne contraigne pas à l'usuelle réduction disciplinaire et qui permette l'intelligibilité non plus seulement multi, mais aussi inter et parfois transdisciplinaire.

Difficulté paradoxalement aggravée depuis par la relative popularisation du vocabulaire sinon des concepts de la systémique dans les cultures scientifiques au fil de dix années suivantes (1994-2004). Bon nombre des manuels, essais et traités que furent publiés pendant ces années laissent un sentiment d'insatisfaction : Suffit-il de remplacer le mot *Objet* par le mot *Système*, et le mot *Interrelation* par le mot *Interaction* tout en persistant à appliquer scrupuleusement les procédures de la modélisation analytique (à l'abri en général de l'expression fourre-tout « analyse de système »), et de l'interprétation syllogistique parfaite (excluant le tiers avant même qu'on l'ait cherché !), pour modéliser un processus perçu complexe dans ses contextes ? On comprend la motivation initiale de ces glissements sémantiques : La complexité des phénomènes perçus - que ce soit par les sciences de l'univers, de la nature, de la vie, des sociétés ou des humains - , ne peut aisément s'appréhender en « les découpant en autant de parcelles qu'il se pourrait », ni en « les reliant en longues chaînes de raisons toutes simples ». Le vocabulaire de la modélisation systémique permet alors de contourner apparemment cet obstacle. Mais ce nouvel habillage ne suffit pas à masquer les difficultés d'interprétation : Si l'on remplace un clou par une vis, est-il sage de persister à enfoncer cette vis à l'aide d'un marteau ? ne vaut-il pas mieux développer un 'nouvel instrument' adapté au nouveau projet d'action que l'on se propose, par exemple ici, un tournevis ?

J'emprunte volontiers au « Schéma stratégique 2002⁴ » du CNRS français la réponse à cette question lorsque le projet est celui de la modélisation des systèmes perçus complexes : « *La seule prise en considération des 'interactions entre les éléments' ne suffit plus. Il faut développer de nouveaux instruments de pensée, permettant de saisir les phénomènes de rétroaction, des logiques récursives, des situations d'autonomie relative. Il s'agit d'un véritable défi pour la connaissance, aussi bien pour sur le plan empirique que sur le plan théorique* ». Un 'nouvel instrument de pensée, qui fasse « de la modélisation son mot clé » selon le mot heureux d'Henri Atlan, un instrument qu'Edgar Morin nous invite à appeler 'la pensée complexe'.

Sciences de la complexité : La modélisation devient notre 'mot-clé'

L'argument pivot de la modélisation systémique est là : il s'agit de reconnaître que le modèle d'un phénomène n'appartient pas au phénomène ; il n'est pas indépendant des modélisateurs qui l'interpréteront, ni des contextes dans lesquels ceux-ci le tiendront pour intelligible. La modélisation est une projection qui dépend du projecteur, et donc du projet du modélisateur, et de l'écran (le '*pattern*' dit-on en anglais⁵) sur lequel le modèle du phénomène considéré est ainsi projeté, et donc du contexte de la modélisation.

⁴ Projet d'Établissement du CNRS 2002, Paris, p.12, § intitulé « Défis et enjeu de la complexité ». On trouvera des extraits de ce document sous le titre « Interdisciplinarité et stratégie scientifique » (sous la signature de G.Mégie) dans F.Kourilsky, dir., « Ingénierie de l'interdisciplinarité, un nouvel esprit scientifique », ed. L'Harmattan, coll. Ingénium, 2002, p.131-141.

⁵ L'ouvrage de l'épistémologue américain, N Hanson, « Patterns of Discovery », Cambridge University Press, 1958. ('Modèles de la découverte, une enquête sur les fondements conceptuels de la science', traduit et présenté par N Emboussy Editions Dianoïa, 2001), met bien en valeur le rôle du '*pattern*' (« modèle structurant, organisateur, configurateur ») dans la perception de ce que nous appelons habituellement les faits ou les données et a fortiori dans la conception-construction des modèles.

Le schéma stratégique 2002 du CNRS explicite cet argument : « *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* ».

Un 'point de vue pris sur le réel', et non la représentation authentique de ce réel, point de vue téléologique qui vise l'intelligibilité plutôt que l'objectivité, la compréhension plutôt que l'explication, l'intelligibilité plutôt que la simplification. Point de vue, relatif, toujours dépendant du contexte et parfois contingent, qui prive en effet le modélisateur de l'ivresse de la prédictibilité. N'est-il pas sage d'en convenir ? Sage, mais sans doute difficile encore dans une culture scientifique qui s'est longtemps légitimé par la présumée fiabilité de ses prévisions factuelles ; autrement dit, par la rigueur formelle des raisonnements déductifs par lesquels elle interprète les modèles qu'elle a établis, sans s'interroger d'abord sur les modèles des données à l'aide desquels ces modèles des phénomènes à interpréter sont construits. Modèles des faits, de 'ce qui est fait', faits présumés têtus, évidents et clairs et net ; trop rarement encore, modèles de 'ce qui fait', modèle de l'action, de l'opération, du processus, par lesquels le modélisateur a l'expérience de sa relation avec le réel, expérience qu'il peut décrire en s'aidant de ces artefacts mystérieux que sont les systèmes de symboles. L'Encyclopédie de Diderot - d'Alembert illustre le concept de 'système général' (qui apparaît là sans doute pour la première fois) par l'exemple du système symbolique de notation musicale qui permet de modéliser l'expérience d'un ineffable.

Pour illustrer cette distinction entre la modélisation analytique des 'faits' (ou des objets, présumés invariants) et la modélisation systémique des 'faire' (ou des actions), j'aime prendre la comparaison entre les descriptions de deux machines : celle de la machine à tisser les bas (sans couture) dont on trouve le très analytique modèle (décomposés en quelques 200 pièces élémentaires) dans les planches de l'Encyclopédie de 1750, et celle de la rôtissoire automatique dont on trouve le fort systémique modèle dans les carnets de Léonard de Vinci. On ne voit pas très exactement de quoi est faite cette rôtissoire, mais on comprend aisément ce qu'elle fait et comment elle le fait. On comprend notamment pourquoi la vitesse de rotation de la broche varie avec l'intensité du feu qui propulse dans la cheminée l'air chaud qui fait tourner l'hélice, laquelle entraîne la rotation de la broche. En revanche, si l'on peut voir de quoi est faite cette étonnante machine à tisser les bas, on ne parvient pas aisément à comprendre comment s'articulent ces multiples pièces toutes différentes ni comment et à quelle conditions cette machinerie sophistiquée peut fonctionner effectivement.

C'est cette production d'intelligibilité en situation perçue *a priori* complexe qui justifie me semble-t-il l'ambitieux projet de la Science des Systèmes : développer des langages conceptuels qui visent la compréhension du sens plutôt que l'explication de la forme. L'*ingenium* (G. B. Vico, 1708, 1710) qui relie et qui ouvre, plutôt que l'Analyse qui découpe et enferme. Projet qui sans doute la conduira à osciller en permanence entre les *deux formes de rationalité* la 'substantive' qui déduit, qui démontre, qui vérifie, et la procédurale, qui infère, qui argumente, qui élabore ou qui invente. Le programme de recherche algorithmique que développe depuis une dizaine d'années les divers *Institut des Sciences de la Complexité*⁶ (Celui de Santa-Fé aux USA fut le pionnier, dès 1984) illustre bien la première (celle des « sciences dures »). Ne peut-on proposer que se développe aussi des programmes plus attentifs aux heuristiques de modélisation systémiques, privilégiant la seconde voie ? Voie

⁶ En Europe le Réseau Exystence <http://www.complexityscience.org/index.php>, par exemple

possible et souhaitable dès lors qu'elle s'assure sur une réflexion épistémologique exigeante dont G. Vico, P. Valéry, J. Piaget, H. A. Simon et E. Morin nous ont, avec bien d'autres, proposé les fondements et dont on peut et doit désormais poursuivre les transformations⁷.

Vers La Science des systèmes complexes, Sciences de Conception, Sciences d'Ingénierie

On ne sera pas surpris en conclure par une réflexion quasi prospective: en s'exerçant, la science des systèmes devient *Sciences de Conception* (*science of design*, dira H. A. Simon, 1969), élaborant le premier manifeste épistémologique des sciences des systèmes entendus comme *science de l'artificiel*, puisqu'elles s'expriment par les seuls artifices de la représentation symbolique ; *Sciences d'Ingenium* (G. B. Vico), *sciences du génie ou nouvelles sciences d'ingénierie*, dira-t-on plus volontiers aujourd'hui ; puis, s'enrichissant de toutes ces transformations, *Sciences de la complexité*.

Non plus seulement les complexités du chaos ou du non-linéaire, trop inattentives encore à la complexité des données sur lesquelles elles s'exercent, mais aussi et peut-être d'abord les complexités de l'intelligence, de l'illimité, les complexités des possibles qui peuvent émerger et que l'homme peut vouloir sans devoir les prévoir.

En nous attachant collectivement à ces exercices de modélisation ingénieuse de la complexité (ou des systèmes perçus complexes), à cette 'Intelligence de la Complexité'⁸, ne contribuerons-nous pas à transformer nos expériences en science avec conscience pour élaborer ce que seront nos prochains pas ?

⁷ Mes articles « Système » et « Complexité » dans 'Le dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences' (D .Lecourt, Dir.), PUF 1999, et mon article « Systèmes (sciences des), dans l'Encyclopédia Universalis, vol 21, documentent ces arguments.

⁸ Edgar Morin & J.L. Le Moigne, « L'Intelligence de la complexité », ed. L'Harmattan, 1999.