

L'abeille et l'architecte

L'ineffable complexité du naturel et de l'artificiel : merveilleuse, et pourtant compréhensible.

PAR JEAN-LOUIS LE MOIGNE

L'Abeille surprend, par la perfection des ses cellules de cire, l'habileté de plus d'un architecte. Mais ce qui fait la supériorité de l'architecte le plus médiocre sur l'abeille la plus experte, c'est qu'il construit la cellule dans sa tête avant de construire dans la ruche"
(K.Marx *Le Capital* - Ed.Pléiade P.738)



D.F.

Dans l'introduction de ce manifeste de l'épistémologie des sciences de l'ingénierie qu'est "**Sciences des systèmes, Sciences de l'artificiel**", H.A. Simon rappelle l'étonnement de l'un des pionniers de la discipline, Simon STEVIN dit Simon de Bruges (1548-1620), inventant une démonstration expérimentale de la loi du plan incliné : "*Merveilleux, et pourtant compréhensible*". Formule qu'il fit graver sur la vignette représentant sa démonstration (1).

Magiques ?

Etonnement que les recherches contemporaines sur la compréhension et donc sur la modélisation des systèmes naturellement vivants et des systèmes artificiellement ingénieux, "*de l'animal à l'animat*" (2) nous incitent à retrouver. Etonnement, encore comme celui de D. Dennet, devant des comportements aussi irréductibles à quelques "*longues chaînes de raisons toutes simples et faciles*" (3) que ceux de l'oiseau feignant une patte cassée pour abuser un prédateur qui s'approche afin de le détourner du nid et des oisillons sans défense" qui commente (4) : "un *"trompeur"* à plumes peut-il être un système intentionnel doté d'une telle intelligence" ?

Comment alors comprendre cette intelligence, sinon en la comparant à celle de ces fusées, artifi-

cieuses machines, qui, se découvrant poursuivies par quelques missiles, les dissuadent en les détournant par quelques leurres ingénieux ? Peut-être est-il d'autres explications ? Sans doute, mais ne les tenons-nous pas pour mystérieux, voire magiques, ces phénomènes aussi ineffables, irréductiblement complexes, comme l'écriture d'un vers admirable, la composition d'une harmonie fugace, l'invention d'un "mat" lors d'une fin de partie d'échec tenue pour désespérée, l'émotion des regards qui s'échangent entre l'homme et le chien ? De tels phénomènes, à l'évidence inexplicables par "*l'ordre qu'il faut pour déduire les choses les unes des autres*" (5), nous sont pourtant parfois intelligibles, compréhensibles. N'est-il pas merveilleux que tant de systèmes, vivants ou artificiels, nous soient, non pas expliqués, mais compréhensibles, dotés de sens ?

Ne simplifions pas trop !

Sens et significations que certes nous construisons, et qu'il y aurait quelque outrecuidance scientiste à tenir pour "données". S'interrogeant il y a un demi-siècle sur la formation de l'esprit scientifique, (1938) G. Bachelard le rappelait déjà : "*Quoi qu'on en dise, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux mêmes ... Toute connaissance est une réponse et une question ... Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit*" (6).

Rien n'est donné tout est construit ... y compris l'intelligibilité de la complexité, qu'elle caractérise pour nous systèmes vivants, systèmes naturels, et plus fréquemment encore, systèmes artificiels imprégnant les systèmes naturels. Ainsi la conscience, naturelle, qu'imprègne sans doute cet artefact merveilleux qu'est le système de symboles et par lequel la conscience du conscient - et peut-être de l'inconscient - nous est communément intelligible.

Sans doute "*la connaissance scientifique fut-elle longtemps et demeure-t-elle encore souvent, conçue comme ayant pour mission de dissiper l'apparente complexité des phénomènes afin de révéler l'ordre simple auquel ils obéissent*" rappelle E. Morin, qui ajoute aussitôt : "*Mais s'il apparaît que les modes simplificateurs de connaissance mutilent plus qu'ils n'expriment les phénomènes dont ils rendent compte ... alors surgit le problème : comment envisager la complexité de façon non-simplifiante ?*"

1 Vignette reproduite page 2 dans "Sciences des Systèmes, Sciences de l'artificiel" de H.A. Simon (trad. franc, DUNOD 1991).

2 Titre d'une conférence internationale organisée par l'ENS à Paris sur la Simulation des Comportements adaptatifs, en sept. 1990.

3 Un des préceptes du "Discours de la méthode", de René Descartes, p.21 de l'édition originale.

4 D.C. Dennett : "La Stratégie de l'interprète. Le sens commun et l'univers quotidien", (trad. franc, GALLIMARD 1990) - cf p.334.

5 Suite du précepte causaliste du Discours de la Méthode de R. Descartes (1637) .

6 G. Bachelard. "La formation de l'esprit scientifique", Ed. VRIN 1938, nombreuses rééditions, p. 14.

CYBERNETIQUE

La science de la régulation

La Cybernétique est officiellement mise au monde par le mathématicien Norbert Wiener en 1948 comme *"la science de la commande et de la communication dans les systèmes vivants et les systèmes artificiels" ("in the animal and in the machine")*. Construction théorique formelle très originale à l'époque, la cybernétique naît de la coopération de N. Wiener avec un neurologue (A. Rosenbluet) et un ingénieur électronicien (J. Bigelow), sur trois hypothèses très fortes et fécondes : *La communication et la commande constituent un invariant conceptuel* que l'on peut reconnaître indifféremment dans les systèmes naturels et dans les systèmes artificiels. Les phénomènes peuvent être compris par la mise en *correspondance de leur comportement et de leur finalité* (téléologique), et donc être modélisé par des *"boîtes noires"*, cette correspondance implique que tout modèle soit doté d'un dispositif de *"feed - back"* par lequel il *régule son comportement au fil du temps* en le rapportant à ses finalités. L'Automatique, et dans une moindre mesure l'Informatique vont se déployer dès 1950 sur cette discipline originale, la première à se construire sur un projet plutôt que sur un objet de connaissance (la commande et la communication). Les tentatives d'applications de la cybernétique seront et sont encore innombrables. Elles buteront en général sur leur objectif de simplification, réduisant systématiquement et analytiquement la complexité d'une équilibration multidimensionnelle à la brutalité d'une boucle de feed-back. Le bio-informaticien M. Von Foerster parviendra à *"complexifier"* la *"Seconde cybernétique"* en proposant de modéliser à la fois les caractéristiques synchroniques et diachroniques du comportement des phénomènes.

Comment se représenter un arbre sans d'abord le réduire à un tas de sciure ("le diviser en autant de parcelles qu'il se pourrait" (8) ? Ce sont sans doute des interpellations de ce type qui ont conduit à la réémergence contemporaine des épistémologies constructivistes et de *"la Méthode"* de modélisation systémique des phénomènes perçus complexes, qu'ils soient naturels ou artificiels. Les sciences de l'ingénierie redevennent fondamentales ; les sciences de la conception redevennent une alternative féconde aux sciences d'analyse qui ont, pendant un siècle et demi, imposé le monopole du déterminisme réductionniste et de la déduction positiviste, à toutes les entreprises de modélisation de la complexité, présumée compliquée et donc simplifiable. (Puisque *"les gens ne sont jamais que des êtres humains"*, diront par exemple les chantres du *"Prix de l'Excellence"*, *"nec plus ultra"* de la gestion moderne des entreprises qui - réussissent, il faut *"pour mobiliser les hommes, simplifier les systèmes"* (9).

Si la systémique nous était contée...

L'histoire de la redécouverte contemporaine des ressources de la modélisation systémique, développée pour l'intelligence des situations complexes, mériterait d'autant plus d'être contée ici qu'elle s'enchevêtre sans se confondre avec l'histoire de l'invention de l'informatique et de la modélisation des raisonnements par programmation. Le cartésio-positivisme avait certes tant imprégné l'expérience techno-scientifique que l'on en était arrivé à se convaincre que la méthode scientifique devait être la méthode (de modélisation) analytique; en oubliant la formidable expérience modélisatrice accumulée d'Héraclite à Archimède par Aristote ou de Léonard de Vinci à Paul Valéry (10) par Simon Stevin ou G.B. Vico.

Mais déjà, en 1934, G. Bachelard annonçant *"Le Nouvel Esprit Scientifique"* proposait *"une épistémologie non Cartésienne"* (11). Et en 1943, N. Wiener posait les bases du paradigme cybernétique en restaurant le statut de la téléologie dans la modélisation scientifique des phénomènes complexes (naturels et artificiels) (12). Au même moment, H.A. Simon soutenait sa thèse qui allait lui valoir le prix Nobel d'Economie en 1978 et le prix Turing d'Informatique en 1975 : si la complexité des organisations humaines n'est pas réductible à des raisonnements syllogistiques (la *"rationalité substantive"*), elle est appréhendable par les raisonnements investigateurs, plausibles, tatonnants et intentionnels (*"heuristic search"*), que les *"systèmes de traitement de l'information"* (naturels et artificiels) peuvent représenter, mettre en oeuvre et reproduire. Les bases de la Systémique, science de la modélisation des systèmes complexes naturels et artificiels, étaient posées.

Le rapide désintérêt de N. Wiener pour la Cybernétique qu'il venait de fonder conduira sans doute cette trop jeune discipline à se déliter dans les contraintes de l'analytisme. Mais le fondement téléologique qu'il avait restauré se révélait stable, et sur ce

socle J. Piaget, G. Bateson, H.A. Simon, E. Morin et tant d'autres allaient développer les problématiques de la modélisation systémique ; *"la méthode de complexité"* dira E. Morin (12), pour qui *"la complexité est un mot problème et non un mot solution"* (13).

Un projet actif

C'est probablement ce basculement épistémologique de l'algorithmique résolutoire à la problématique intelligente qui constitue aujourd'hui l'argument le plus caractéristique de la modélisation systémique, lorsqu'on se propose de la comprendre en se référant à la trop familière (en Occident) modélisation analytique. Plutôt que de s'acharner à déduire de quelques axiomes oubliés (qui se souvient des axiomes fondateurs de la logique des propositions ?) la solution d'un problème supposé bien posé (mais posé par qui ?), la modélisation systémique va s'attacher à l'organisation des compréhensions concevables et possibles que l'on peut se construire d'un phénomène perçu complexe; **complexe, c'est-à-dire irréductible à un modèle, aussi compliqué soit-il.**

Pour les tenants du seul raisonnement syllogistique, autrement dit la plupart des *"logiques formelles"*, cette définition de la modélisation de la complexité est paradoxale ou inadmissible (*chassons cette complexité des temples de la science, en chargeant quelque Dieu - qui - ne - joue - pas - aux dés de la simplifier !*) Comment en effet construire un modèle de ce qui n'est pas réductible à un modèle ?

La modélisation systémique va précisément se pro-

7 Edgar Morin : *"Introduction à la pensée complexe"*, Ed. ESF, 1990, p.9.

8 Le deuxième précepte du Discours de la Méthode, R. Descartes, P.21.

9 Titre et argument d'un article de C. Joven, PDG du CCF, dans le Monde du 6 avril 1986, présentant "le Prix de l'Excellence".

10 La première oeuvre publiée par Paul Valéry en 1894 est précisément une *"Introduction à la méthode de Léonard de Vinci"*.

11 Titre du quatrième chapitre du *"Nouvel Esprit Scientifique"* de G. Bachelard (PUF, 1934).

12 E. Morin, *"la Méthode"* tome 1 (1977), p.251.

13 E. Morin : *"Introduction à la pensée complexe"*, 1990, p.20.

poser de partir de cette question. Ce n'est pas le "modèle" final qui va l'intéresser, mais le "comment" de cet exercice de modélisation : "la Méthode" dira E. Morin, parce que le modèle (ou "la connaissance") est lui même méthode, ou plutôt processus, dira J. Piaget. La modélisation systémique **est le projet** actif du modélisateur réfléchissant ("problématisant") le phénomène qu'il perçoit complexe, multidimensionnel, intentionnel, actif dans ses contextes, s'exerçant irréversiblement au fil du temps.

L'obstinée rigueur

Exercice qui se doit bien sûr de s'attacher, par une "**obstinée rigueur**" (la devise de Léonard de Vinci), au bon usage de la raison par lequel il se développe. Le modélisateur raisonnant son projet de raisonnement sait qu'ainsi il se garde du délire onirique tout autant que du délire syllogistique auquel nous acculait le paradoxe d'Epiménide le Crèteois affirmant que tous les crêteois sont des menteurs. Exercice qui dès lors se doit d'identifier et d'exprimer les axiomes ou les croyances auxquelles il se réfère pour guider l'inférence sans la contraindre à la déduction formelle. La riche expérience accumulée depuis la Rhétorique et la Dialectique Aristotélicienne nous rappelle les trois "croyances" par lesquelles nous percevons et modélisons un phénomène complexe :

- Il est **action, téléologique ou intentionnelle** (ni aléatoire, ni prédéterminée par quelque causalité, a priori), et non pas chose sans nécessité.

- Il s'exerce au **fil du temps, irréversiblement** excluant que pour lui, le temps puisse être "une variable comme les autres".

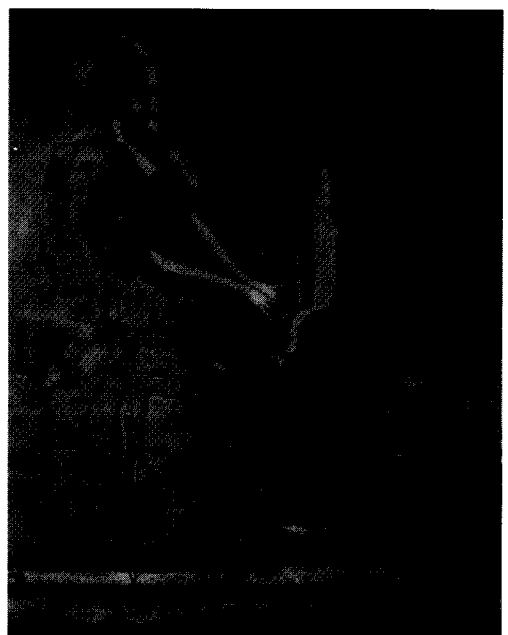
- Il est **récuratif** enfin, susceptible d'être producteur de lui-même, **à la fois opérateur et opérande**, organisant, et organisé, processus et résultat, observant et observé inséparablement conjoints.

Croyances sans doute familières au commun des mortels qui s'approprie fort intelligiblement ces caractéristiques de la complexité, et qui peut, sur elles, fort bien raisonner ... en raisonnant son raisonnement. (*Le sens commun de l'univers quotidien* dira D.C Dennett (4)).

LA SYSTÉMIQUE

en quelques références

- L'article "Système" (sciences des) de la nouvelle édition (1990) de l'Encyclopedia Universalis.
- "La Modélisation des Systèmes Complexes" (Dunod, 1990), de J.L. Le Moigne.
- La "Théorie du Système Général" (3ème édition complétée PUF, 1990) de J.L. Le Moigne.
- "La Méthode", (3 tomes parus Ed. du Seuil - coll Point), d'Edgar Morin.
- "Sciences des Systèmes, Science de l'Artificiel". (Dunod, 1991) de H.A. Simon (traduit de l'anglais).



D.R.

Mais croyances insupportables au syllogisticien qui épris de vérité formelle, veut d'abord pouvoir disjoindre le vrai et le faux, le bon grain et l'ivraie, le zéro et le un; et qui dès lors s'interdit et tente d'interdire aux académies toute autre forme de raisonnement et de modélisation que celle qui ne connaît que les choses éternelles (telles que la vérité) et qui exclut que les signes puissent produire quelque sens sur lesquels on pourra, aussi, raisonner. La modélisation analytique, en épousant les logiques disjonctives va s'interdire de modéliser la complexité qui la contraindrait à abandonner l'axiome du tiers-exclus ("A est ou B ou non B") et à ignorer le projet du modélisateur sur le phénomène modélisé.

C'est en assumant ce changement de référentiel épistémologique quasi sacralisé par le cartésiano-positivisme depuis cent cinquante ans, que la modélisation systémique peut aujourd'hui se développer méthodologiquement : en faisant son projet de la compréhension ("constituer du sens en "adaptant" quelques projets conçus à quelques phénomènes perçus). Les procédures instrumentales de la modélisation systémiques peuvent alors se déployer, de "la systémographie" (14) à l' "investigation heuristique" (15) par les ressources redécouvertes de "la logique naturelle" (16).

"Concevoir rappelait déjà Plaute, c'est chercher ce qui n'existe pas et pourtant le trouver". Nous pouvons aujourd'hui pratiquer, développer et enseigner des sciences de la conception, sciences fondamentales de l'ingénierie des systèmes complexes. Est-il surprenant qu'on les entende aujourd'hui comme les sciences des systèmes, naturels et artificiels, les expériences modélisatrices du vivant et de l'artefact se fécondant mutuellement : les unes et les autres s'entendent par leurs desseins que nous leur proposons autant que par les dessins que nous en construisons. *Le Disegno* disait Léonard de Vinci *est d'une excellence telle qu'il ne fait pas que montrer les oeuvres de la nature parce que les formes élémentaires de la Nature sont limitées, tandis que les oeuvres que l'oeil exige des mains de l'homme sont illimitées* (17).

Est-il plus convainquante définition contemporaine de la modélisation systémique ? : "*Construire dans sa tête concevoir, avant de construire dans la ruche*".