

## « La Modélisation est désormais notre Mot Clé »

*« On a toujours cherché des explications,  
quand c'était des représentations  
qu'on pouvait seulement essayer d'inventer »  
P.Valéry<sup>1</sup>*

*N'est il pas significatif que l'éditorial du premier numéro (2003) de la revue COMPLEXUS que dirige Henri ATLAN ait été rédigé autour de cette formule : « La Modélisation est désormais notre Mot Clé<sup>2</sup> »*

*Le temps semble venu où il va nous falloir prêter une attention particulièrement exigeante à la légitimité des modèles que nous 'appliquons' ou que nous 'construisons' pour raisonner nos comportements ? Comment, pourquoi, pour qui ces 'modèles' ont-ils été élaborés, conçus, dessinés ou rédigés ?*

*N'est-il pas surprenant que nous consacrons si souvent encore tant d'effort à bien raisonner sans nous interroger sur la qualité et la pertinence par rapport à nos projets, des modèles de 'données' sur et par lesquelles nous raisonnons ?*

*La récente publication de l'ouvrage collectif dirigé par Frédérique Lerbet-Sereni, «**Expérience de la modélisation, Modélisation de l'expérience**»<sup>3</sup> peut nous aider à reprendre nos réflexions sur ce que nous postulons lorsque nous utilisons quelques modèles pour 'bien conduire notre raison. :*

*« Imaginer ce que l'on imagine lorsque je dis Modèle », juste après avoir écrit « La rigueur imaginative est ma loi » s'interrogeait le jeune P Valéry<sup>4</sup>, lorsqu'il rédigeait son 'Introduction à la méthode de Léonard de Vinci' (en 1894).*

*C'est à cette réflexion que nous pouvons nous exercer ici en reprenant quelques uns des arguments proposés en conclusion de ces témoignages d'expériences de l'infirmière, de l'agronome, du médecin, de la chef d'entreprise, de l'informaticienne, de la linguiste, de la biologiste, de l'enseignant et des formateurs, débattant lors d'une Conférence MCX organisée en novembre 2002 introduite par François Kourilsky et conclue par Edgar Morin*

\*\*\*

Dés lors que l'on est attentif à la légitimité socioculturelle des connaissances produites (la recherche scientifique), transmises ou re-produites (l'enseignement et la formation), et mise en œuvre dans les activités humaines, on se doit de s'interroger sur leurs fondements (ou plutôt sur leurs enracinements). Si l'on convient que « nous ne raisonnons que sur des modèles » (P.Valéry), il importe de comprendre comment sont 'construits' (ou par qui nous sont 'donnés') ces artefacts que sont les modèles des phénomènes perçus complexes, modèles sur lesquels nous raisonnons à fin d'intervention.

L'attention que les cultures scientifiques accordent à ce concept de modélisation (en anglais : "modelling") est récente<sup>5</sup>. Les dictionnaires usuels l'ignorent encore, lui préférant le concept de modèle dont l'usage dans le discours scientifique est centenaire. Comme toutes les disciplines l'ont adopté (le qualifiant par la désignation du phénomène qu'il est censé "modéliser", et souvent par le nom de son "inventeur" présumé), il devient un des mots de base du langage de

l'interdisciplinarité, qu'il contribue à rendre à la fois possible et plausible : Si l'on a les mots pour la dire, ne peut-on l'exercer ?.

Si le mot Modélisation se diffuse relativement rapidement au fil des vingt dernières années, ce sera souvent dans un sens réduit à celui du mot Modèle : Modélisation aura une allure plus noble, presque plus scientifique, sans que soit explicitée la différence étymologique et épistémologique entre les deux concepts. Un article intitulé par exemple «*La modélisation du traitement des déchets nucléaire*» présentera un modèle présumé scientifique de ce traitement industriel, mais ne nous dira rien des processus d'élaboration de ce modèle. En revanche, il décrira sommairement la programmation informatique (à fin de simulation) de ce modèle. Modélisation voudra de plus en plus dire 'programmation à fin de simulation' (voire de calcul d'optimisation) d'un modèle présumé 'donné', sans que l'on s'attache particulièrement à l'examen de l'élaboration et de la justification de ce modèle.

Ce relatif laxisme incitera nombre de chercheurs en mathématique et en informatique théorique à rappeler que pour eux, une modélisation (en pratique, un modèle) scientifique, devait être présentée en terme mathématique. Le mathématicien I Ekeland, définissait en 1995 la modélisation comme : "*la construction (intellectuelle) d'un modèle mathématique c'est-à-dire d'un réseau d'équation censé décrire la réalité*".

Définition sensiblement plus restrictive que celle que l'on pouvait alors proposer : "*Modélisation, processus de construction intentionnelle représentant par un système de symboles quelque perception d'une expérience de la réalité perçue par le sujet modélisant*".

Mais le sentiment de sécurité donné par les langages formels logico-mathématiques et déductifs semble si prégnant que, pour nombre de communautés scientifiques, il n'est de modèle (et donc - ?- de modélisation) scientifique que présenté en langage mathématique. L'expression 'modélisation mathématique' semblerait alors un pléonasme, puisque si elle n'était pas explicitement mathématique, une modélisation (en pratique bien souvent, un modèle), ne serait pas scientifique et ne devrait donc pas être considérée pour éclairer rationnellement les actions humaines.

Cette conception restrictive de la modélisation réduite à la seule formalisation mathématique ne peut-elle, à l'expérience, être insérée dans une autre conception que je crois non moins légitime, non moins scientifique, et au moins aussi rigoureuse et féconde, que l'on peut appeler la modélisation pragmatique, (ou selon les contextes, la modélisation heuristique ou la modélisation systémique) ,

Quelques textes célèbres de H.A.Simon, scientifique interdisciplinaire du XX<sup>e</sup> S. par excellence, la rappellent : l'esprit humain peut concevoir et construire des systèmes de symboles agencables en modèles interprétables, communicables, reproductibles et programmables, modèles sur lesquels il puisse intelligiblement raisonner.

Les systèmes de notations musicales ou chorégraphiques, tout autant que les systèmes de notations chimiques et idéogrammatiques, en constituent autant d'exemples familiers. Que ces raisonnements ne soient pas tous de type strictement déductifs ne les rend pas moins (ni plus) rigoureux que les raisonnements de type algorithmique que préfèrent les mathématiciens ou les informaticiens réduisant la computation symbolique à l'analyse numérique ou à la syllogistique parfaite !

Mais convenons en, jusqu'à ces dernières années, cette solide théorisation de la modélisation des phénomènes perçus complexes<sup>6</sup> ne suscitait pas une grande attention dans les communautés et les institutions scientifiques, même lorsqu'elles entendaient faire de l'étude interdisciplinaire des systèmes complexes leur nouvel objectif. Et, dans les pratiques comme dans

les enseignements, la modélisation restait réduite à la l'utilisation ou à l'application informatisée de "modèles" – de préférence formalisés dans des langages logico mathématiques formels – établis avant et ailleurs, et dont la légitimité scientifique était présumée acquise.

Les modes de conception – construction de ces modèles ne semblaient pas relever de la modélisation ni d'ailleurs d'aucune autre activité communicable : le produit de quelque intuition géniale ou le souvenir d'un rêve, tel celui de Kekulé qui, rêvant à la danse d'un serpent qui se mordait la queue, en aurait inféré le désormais célèbre modèle hexagonal de l'atome de benzène !

Ce diagnostic des deux conceptions de la modélisation des phénomènes perçus complexes, l'une restreinte à l'application de modèles (de préférence formulés en langage logico-mathématique), l'autre, générale, s'attachant au processus d'élaboration - construction de modèles par agencements heuristiques de systèmes de symboles computables (le *Disegno* léonardien) renvoie à deux options épistémologiques légitimant différemment la scientificité des modèles et de la modélisation.

La première postule l'existence de "faits" donnés directement à la conscience, appartenant à "*la nature des choses et pas à l'esprit des hommes*". Le modèle n'est alors que la représentation plus ou moins correctement approximative ou simplifiée de tel ou tel agencement de ces "faits" si possible en «*longue chaîne de raisons toutes simple dont les géomètres ont coutume de se servir*». Le modèle est ainsi légitimé par la 'réalité' présumée objectivement observable ou expérimentable de ces faits, réalité présumée indépendante de l'observateur qui les décrit (objectivité). Cette conception '*ontologique*' du modèle (plus que de la modélisation) souvent dite 'platonicienne', est celle retenue par les épistémologies naturaliste, positiviste et réalistes (N.P.R.), lesquelles ne différeront qu'au-delà de cette conception initiale du 'fait' (souvent déclaré 'têtu') qui légitime le modèle qui le représente.

La seconde part de l'hypothèse duale que les 'faits', pour être faits, doivent avoir été faits. Ils ne sont plus tenus pour nécessairement «*donnés*», et le mode de leur construction appartiendra à leur définition et à leur interprétation. (Conception '*phénoménologique*' du modèle). Le modèle du fait est engendré par '*la modélisation du faire qui engendre le fait*'. Modélisation artificielle puisque le modèle n'est plus tenu pour donné par la réalité, mais construits intentionnellement, à partir de l'un des points de vue possibles du phénomène, à l'aide d'artefacts symboliques, par un modélisateur «*vivant, sentant-mouvant-pensant*<sup>7</sup>».

Cette étonnante capacité de l'esprit humain à concevoir des symboles, artifices d'une fascinante et intelligible complexité, garde sans doute encore sa part de mystère<sup>8</sup>, mais elle est d'expérience familière, et chacun sait s'accoutumer à l'usage de ces «*Formes (Syntaxe) qui à la fois, Informent (Sémantique) et Transforment (Pragmatique)*», que nous appelons symboles.

Symboles que, par computation reproductible (programmable), nous savons agencer en systèmes de symboles qui à leur tour deviennent symboles, à l'aide desquels nous savons souvent concevoir et construire intentionnellement des modèles intelligibles des phénomènes que nous considérons. Intelligibles et donc communicables, programmables et transformables. Par leur 'Conférence Turing' de 1975, H A Simon et A. Newell nous ont rappelé les bases épistémologiques robustes sur lesquelles s'assurent aujourd'hui ces processus de modélisation par ces artefacts que nous appelons communément systèmes de symboles<sup>9</sup>.

Les épistémologies de types constructivistes, génétiques, pragmatiques (C.G.P.) assurent un corpus correctement argumenté et enraciné dans nos cultures, légitimant intelligiblement cette conception cognitive de la modélisation par conception ('*Design*', ou '*Disegno*<sup>10</sup>') de modèles construits intentionnellement par systèmes de symboles. Corpus aussi correctement argumenté

que celui des épistémologies de type N.P.R. assurant la définition de la modélisation par application de modèles présumés donnés par les faits réels.

Elles permettent en outre d'ouvrir largement l'éventail de la production de connaissances scientifiques par intelligence modélisatrice, puisqu'elles peuvent sans exclusive tenir pour construits des modèles de 'faits' initialement tenus pour 'donnés' : ces derniers étant nécessairement exprimés en termes de systèmes de symboles.

Le principal intérêt que l'on doit aujourd'hui attribuer à cette conception inventive ou pragmatique de la modélisation, dès lors qu'elle est épistémologiquement correctement argumentée, est de nous inciter collectivement à être beaucoup plus attentifs qu'auparavant à la « qualité » des modèles sur lesquels nous raisonnons, afin d'élaborer des connaissances dans toutes les disciplines et dans tous les domaines de l'action humaine. Du modèle du gène présumé brevetable au modèle du Produit National Brut, nous savons que nous raisonnons trop souvent sans beaucoup nous interroger sur la qualité et la signification de la matière première (les données). Est-ce là une attitude aussi scientifique que nous le clamons en admirant seulement la qualité (ou l'élégance) formelle des raisonnements que nous conduisons? Suffit-il, lorsque nous nous rencontrons une difficulté due à la pauvreté de cette matière première, de nous décharger de nos responsabilités en les confiant à un comité d'éthique ou en demandant à un spécialiste en ergonomie ou en psychologie de résoudre 'ces questions de détail' ?

Ce rappel du contexte dans lequel s'inscrit aujourd'hui notre intelligence collective de la modélisation dans la production et l'enseignement des '*connaissances actionnables*', et des débats épistémologiques qu'elle suscite, nous donne peut être l'occasion de reconsidérer et de développer les arguments que l'on mobilise pour assurer une solide théorie de la modélisation des systèmes complexe. Ne constitue-t-elle pas une des conditions d'une ingénierie intelligente de l'interdisciplinarité ? Une interdisciplinarité qui exprime aujourd'hui « *l'idéal de complexité de la science contemporaine ...s'attachant à ...restituer aux phénomènes toutes leurs solidarités*<sup>11</sup> »

*«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 ouvert en permanence, dans le travail d'explication scientifique lui-même, la reconnaissance de la dimension de l'imprédictibilité »<sup>12</sup>.*

Cette reconnaissance récente du caractère central de la modélisation dans toute activité scientifique n'est-elle pas un événement ? Les modèles sur lesquels nous raisonnons ne sont donc plus banalement (ou 'trivialement', nous aurait dit H von Foerster) 'donnés', et il importe de s'attacher à leur discussion critique et à leur légitimation socioculturelle ? Qui se plaindra ce changement d'attitude ?

Puis je synthétiser symboliquement cette note par une formule emblématique de G Vico? La méthode (de modélisation) sur laquelle s'interroge explicitement G.Vico dans son '*Discours sur la méthode des études de notre temps*' de 1708 est la méthode de modélisation analytique que commençaient à populariser en Europe les 4 préceptes du *Discours de la Méthode* sur lesquels repose encore la conception platonicienne de la modélisation par application de modèles formels.

Retrouvant une grande tradition de la pensée critique en Occident, qui va des rhéteurs de la Grèce antique à la prodigieuse expérience modélisatrice de Léonard de Vinci par les Topiques d'Aristote, G.Vico nous invite à restaurer dans nos cultures une modélisation ingénieuse assurée par une argumentation épistémologique argumentée et explicitée, celle qui fonde les sciences

d'ingenium. : « *L'Ingenium, cette étrange faculté de l'esprit qui est de relier* ». par lequel nous pouvons nous exercer à « *la méthode Topico-Critique*<sup>13</sup> » sans nous restreindre à la seule méthode analytique .

J.L. Le Moigne

<sup>1</sup> P. Valéry, *Cahiers 1*, ed. Pléiade, p. 837

<sup>2</sup> “Modelling is now the key word. How are we going to design an intelligible picture of a cell or an ensemble of different cell populations by assembling their known constituents (organelles, macromolecules, chemical reactions, transports) in such a way that the model would reproduce their observed behavior?": extrait de l'éditorial d' Henri Atlan intitulé : 'The Living Cell as a Paradigm for Complex Natural Systems', (Editorial du n° 1 de la Revue *ComplexUs* 2003; 1:1-3) .Le texte complet est accessible sur le site de l'Editeur , Karger, :  
<http://content.karger.com/ProdukteDB/produkte.asp?Aktion=ShowPDF&ProduktNr=227088&Ausgabe=228806&ArtikelNr=67478> v

<sup>3</sup> Frédérique Lerbet-Sereni, « *Expériences de la modélisation, modélisation de l'expérience* », Ed. L'Harmattan - Coll. Ingénium., ISBN : 2-7475-7040-1, septembre 200, 174 pages .

Voir <http://www.mcxapc.org/ouvrages.php?a=display&ID=64>

<sup>4</sup> P. Valéry, 'Cahiers 1894-1914 » Tome 1, ed. Gallimard, 1987, p.69.

<sup>5</sup> Le mot 'Modelling' apparaît en anglais à partir de 1965 («*Cybernétique Modelling*» de Klir & Valach, traduit du tchèque, est publié en 1967 ). 'Modélisation' apparaît semble t il en français à partir de 1975 («*La théorie du système général, théorie de la modélisation* » est publiée en 1977) ;

<sup>6</sup> Proposée par nombre de textes de H.A. Simon (depuis 1965), et plus modestement en français par "*la Modélisation des Systèmes Complexes*" (1990),

<sup>7</sup> P. Valéry, *Cahiers, T 1*, ed Pléiade, p.857

<sup>8</sup> «*Merveilleuse et pourtant compréhensible* » dira H Simon citant S.Stevin de Bruges

<sup>9</sup> A Newell & H A Simon : « *Computer science as empirical inquiry : Symbols and Search* », "Communication of the ACM", V 19, p.113-126, 1976.

<sup>10</sup> Ne devrait on pas franciser le mot italien Disegno que retenait Léonard de Vinci pour mettre en valeur la richesse du concept de Modélisation (‘Le dessin à dessein’), lorsqu’il écrivait dans ses Carnets :: « *Le disegno est d'une excellence telle qu'il ne fait pas que montrer les œuvres de la nature, mais qu'il en produit un nombre infiniment plus varié ... Il surpasse la nature parce que les formes élémentaires de la nature sont limitées, tandis que les œuvres que l'œil exige des mains de l'homme sont illimitées* » CU, f.116r

<sup>11</sup> G. Bachelard «*Le Nouvel esprit Scientifique* », PUF, 1934, p.147-145.

<sup>12</sup> Le Schéma Stratégique 2002du CNRS français (CNRS, "*Construire une politique scientifique*" 2002, p.13). Repris aussi par l'éditorial de l'InterLettre Chemin Faisant MCX-APCn° 25.

<sup>13</sup> Dans son ouvrage « *La science nouvelle, Connaissance, Rhétorique et Science dans l'œuvre de GB Vico* », PUF, 2003, Davide Luglio présente et illustre '*la méthode topico-critique*' que développait déjà G Vico 'au service de la reconstruction scientifique' (p. 107 + )