

AFSCET

Res-Systemica

Revue Française de Systémique
Fondée par Evelyne Andreewsky

Volume 12, novembre 2014
Modélisation des Systèmes Complexes

Res-Systemica, volume 12, article 17

Les systèmes et la littérature

Patrick Farfal

article reçu le 07 janvier 2015
exposé du 04 avril 2011



Creative Commons

LES SYSTEMES ET LA LITTERATURE

Patrick FARFAL

PatSys

25 rue Jean Leclaire – 75017 Paris

pfarfal.patsys@sfr.fr

Résumé— La littérature non technique abonde en déclarations qui illustrent à merveille les caractéristiques et les propriétés des Systèmes, qu'il s'agisse des « Systèmes à faire » ou des « Systèmes pour faire ». A partir de divers extraits de littérature française et étrangère peuvent être dégagés les éléments essentiels des Systèmes en général et des méthodes, procédures et organisations mises en œuvre pour concevoir et réaliser les Systèmes artificiels.

I. INTRODUCTION - POURQUOI CE SUJET ?

Le titre de cet article a de quoi surprendre. Il ne s'agit ni de *Systèmes littéraires* ni de *Littérature sur les Systèmes* : l'auteur n'est pas qualifié pour traiter des premiers et il aurait du mal à être original sur la seconde, tant la Littérature sur les Systèmes est abondante. Non, il s'agit bien de Systèmes *ET* de Littérature, en ce sens que nous allons traiter des uns *ET* de l'autre.

Pourquoi cet article ? Parce qu'il rapproche, de manière un peu provocatrice, deux sujets que l'auteur apprécie, les Systèmes, qu'il a appris à connaître pendant trente-sept ans, et qu'il enseigne aujourd'hui, et la Littérature, qu'il pratique un peu et apprécie beaucoup. Il s'agit ici de la Littérature au sens classique ; osons dire, en risquant un pléonasme, de la Littérature « littéraire » : la littérature scientifique et technique sur le sujet, elle, fait l'objet comme on le sait de quantité d'ouvrages et permet à nombre de consultants – dont l'auteur fait partie - de s'épanouir dans les congrès, les journées d'études, les formations continues, les activités de conseil. Et elle est souvent moins captivante ; il n'est que d'imaginer infliger à une assistance non prévenue, et a fortiori de culture non scientifique, une conférence sur le sujet sans le temps nécessaire et sans la non moins nécessaire interactivité qui est de mise : l'assistance ne suit plus au bout d'à peine quinze minutes.

Néanmoins, quelles que soient la culture, la sensibilité ou la formation du public auquel s'adresse cet article, il sollicite une autre culture, une autre sensibilité, une autre formation. C'est sa raison d'être. Ce biais est une manière de faire percevoir les concepts attachés aux Systèmes à des non-spécialistes à qui il suffirait de citer à l'appui quelques exemples de Systèmes, artificiels ou non et connus de tous, tant il est vrai que : « *Partout, autour de nous, des Systèmes* » [1].

Comme on le verra, il est remarquable que des non-scientifiques ou non-systémiciens aient pu apporter leur contribution, souvent involontaire, à la science des Systèmes et à l'Ingénierie Système. Cependant, en écho aux citations d'auteurs purement « littéraires », ou par contraste

avec elles, des déclarations d'auteurs plus connus dans le monde de la Systémique seront aussi rappelées.

II. LES SUJETS D'ETUDE

Il est bien connu que les Systèmes sont de types variés : vivants (biologiques, sociaux), symboliques (langues, philosophies, religions, sciences, droit, arts...), artificiels (matériels, logiciels), certains étant à la fois artificiels et vivants (organisations, projets...).

Il est inévitable, surtout chez les ingénieurs, qu'au-delà des considérations sur les Systèmes, et notamment les Systèmes artificiels, on glisse rapidement sur des considérations d'Ingénierie Système : on ne peut en effet ignorer, quand on traite du « Système à faire », l'ensemble des processus et organisations mis en œuvre pour les spécifier, les concevoir, les réaliser, les valider et en assurer la vie opérationnelle, donc le « Système pour faire », autrement dit, plus généralement, l'Ingénierie Système.

On ne s'étonnera donc pas de voir traiter dans cet article du « Système à faire » et du « Système pour faire », en d'autres termes, et plus simplement, de l'objet et du projet.

III. L'EMERGENCE

Une belle formule, due à Saint-Exupéry, illustre bien le concept d'émergence : « *La cathédrale est plus rayonnante que le tas de pierres.* » [2].

Cette formule est récurrente dans *Pilote de guerre*. Paul Valéry ne dit pas autre chose : « *Il prédisait leur avenir monumental aux informes amas de pierres et de poutres qui gisaient autour de nous ; et ces matériaux, à sa voix, semblaient voués à la place unique où les destins favorables à la déesse les auraient assignés.* » [3].

Il est d'ailleurs difficile de présenter le concept d'émergence autrement que de façon poétique, comme dans les exemples qui précèdent, ou de façon sèche, par des phrases où tous les mots comptent, en l'associant, plus ou moins implicitement, à la finalité des Systèmes.

On pense évidemment à Aristote : « *La somme [le holos] peut avoir telle propriété que n'a aucune des parties* » [4], phrase plus exacte que celle qui est traditionnellement citée : le tout est plus que la somme des parties.

Un Système (du grec συστημα, *ensemble cohérent* : on voit que cela ce qui recouvre beaucoup de choses...) est, selon la définition de Joël de Rosnay, « *un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but* » [5].

Définition si complète – bien qu'elle ne fasse pas référence à l'environnement -, et en même temps si lapidaire (on ne peut en ôter un seul terme sans la dénaturer), que l'auteur lui-même en admet les limites : le principe du rasoir d'Ockham est passé par là ! Gérard Donnadiou et Michel Karsky déclarent : « *... toutes ces définitions, au-delà de leur intérêt intellectuel et de leur utilité pour délimiter le champ d'observation, sont peu opératoires pour l'action. La richesse du concept de Système ne se dévoile en effet que par l'utilisation qui en est faite.* » [6].

Aussi bien, les concepts de Système et d'émergence ne peuvent-ils se percevoir réellement qu'au travers d'une multitude d'exemples concrets, de Systèmes que l'on voit à l'œuvre, associés à des formules imagées comme celles de Saint-Exupéry ou Valéry.

IV. LES INTERACTIONS

On dit quelquefois à propos d'un ingénieur qui ne voit pas plus loin que le bout de son nez : « Il n'a pas l'esprit Système ». Comprenez : lorsqu'il décide de concevoir un organe, un équipement, un sous-ensemble, de telle façon, ou de le modifier de telle façon, il ne se soucie pas des répercussions que ses décisions peuvent avoir sur les autres équipements et sur les performances du Système dans lequel son organe, son équipement, son sous-ensemble, sont intégrés.

Pascal écrit au XVII^e siècle : « *Donc toutes choses étant causées et causantes, aidées et aidantes, médiates et immédiates, et toutes s'entretenant par un lien naturel et insensible qui lie les plus éloignées et les plus différentes, je tiens impossible de connaître les parties sans connaître le tout non plus que de connaître le tout sans connaître particulièrement les parties.* » [7]. On trouve bien là une référence explicite au concept d'holisme d'Aristote, qui ne dissocie pas la connaissance du particulier ou de l'individuel de celle de l'ensemble dans lequel il s'inscrit.

Plus d'un siècle passe, et Madame de Staël, en écho, note dans *De l'Allemagne* : « *Ce qui est difficile, c'est de subordonner chaque détail à l'ensemble et de retrouver chaque partie dans le tout, comme le reflet du tout dans chaque partie.* » [8]. Elle n'imaginait pas qu'au XXI^e siècle des ingénieurs auraient tant de mal, parfois, à mettre en pratique cette remarque, ceux, justement, dont on dit qu'« ils n'ont pas l'esprit Système ».

Tant qu'un ingénieur (mais aussi un architecte au sens le plus général que le terme a aujourd'hui) n'a pas en tête ces considérations, il concevra un Système (ou un édifice) dépourvu des propriétés désirées.

La conscience de cette nécessaire qualité n'avait pas échappé à un auteur italien, Giambattista Vico, qui écrivait en 1708, donc entre Pascal et Germaine de Staël : « *... cette faculté mentale qui permet de relier de manière rapide, appropriée et heureuse, des choses séparées ... (... hanc mentis virtutem distracta celeriter, apte et feliciter uniendi...)* » [9] ; faculté mentale que Vico appelait, en italien... « *l'ingenio* » !

On attribue à Goethe la jolie formule suivante : « *On ne peut comprendre la fleur en retirant les pétales.* »

Les interactions, comme l'exprime bien la définition de Joël De Rosnay, sont l'essence même des Systèmes, elles sont plus ou moins cachées, évolutives, découvertes tardivement, via les nombreux « couplages » que l'on peut identifier : couplages en termes de performances (hiérarchie, allocations), en termes d'architecture (interactions entre la technologie des constituants et les l'architecture des sous-ensembles ou des sous-systèmes, en termes d'interfaces, matérielles et immatérielles, en termes d'environnement, enfin par l'optimisation (une réunion de Sous-Systèmes optimaux ne fait pas nécessairement un Système optimal - théorème de Bellman) et par les données (qui, circulant dans l'ensemble des Systèmes, sont structurantes).

Mais là, nous sommes déjà dans l'Ingénierie Système.

On le voit, la Littérature « littéraire » fourmille en considérations sur les Systèmes, même si Pascal n'était pas qu'un littéraire ; et Saint-Exupéry et Valéry ont eu une formation scientifique (Saint-Exupéry a préparé l'Ecole Navale), alors qu'ils sont connus pour leurs qualités d'écrivain.

V. L'INGENIERIE SYSTEME

Nous nous limitons maintenant aux Systèmes artificiels (l'objet) et à la manière de les spécifier, concevoir, réaliser, valider, mettre en œuvre (le projet).

Une des caractéristiques des Systèmes conçus par l'homme, de la réunion organisée de leurs éléments, est *l'émergence de propriétés* voulues, et quelquefois aussi, hélas, de propriétés dont on se passerait bien, mais dont on limite au maximum les possibilités d'occurrence. Les propriétés des Systèmes conçus par l'homme sont donc la plupart du temps désirées (et il vaut mieux !), contrairement aux Systèmes humains et biologiques où les émergences sont souvent inattendues, mais tout Système artificiel peut présenter des propriétés indésirables ; c'est en particulier le cas d'un Système qui utilise des « composants sur étagère », des « *COTS – Commercial Off The Shelf* », qui n'ont pas été conçus ni réalisés en vue de l'utilisation dans ledit Système ; c'est aussi à peu près à coup sûr le cas des Systèmes de Systèmes, qui fédèrent des Systèmes existants conçus à des époques différentes, pour des clients différents, par des équipes différentes, avec des spécifications d'environnement différentes, donc sans la contrainte nouvelle d'interopérabilité ; en clair, ils n'ont pas été faits pour être en relation ; et on cherche à les faire interagir, et de manière dynamique (évolutive).

Car, sans atteindre la complexité du vivant, les Systèmes artificiels (qui s'inspirent du vivant, comme les Systèmes de Systèmes) sont la plupart du temps complexes ; sans entrer dans une tentative de définition de cette notion (on parle même *des* complexités), contentons-nous d'une notion intuitive, bien suffisante pour traiter de ce qui suit : « caractère de ce qui n'est pas immédiatement saisissable », en nous inspirant du Larousse.

Autre caractéristique des Systèmes conçus par l'homme, les propriétés voulues s'accompagnent la plupart du temps d'exigences de niveau élevé (les *performances*) ; un exemple : l'absence de pilotage d'Ariane 5 pendant un dixième de seconde entraîne dans certaines phases de vol la défaillance du lanceur : imaginons la conséquence si l'exigence de réactivité du pilote était la même sur un véhicule automobile...

Alors, pour faire émerger les propriétés visées et atteindre les performances voulues, il faut payer un prix, qui s'appelle l'*Ingénierie Système* : en clair, la méthode de conduite des projets (ou des programmes).

On pense souvent que l'Ingénierie Système date du programme Apollo (commencé en 1961), tant on imagine qu'il a fallu mettre en œuvre une méthode sérieuse et sans faille de conduite des travaux de conception, de réalisation, de validation et de conduite des opérations, pour aboutir à l'événement exceptionnel du 21 juillet 1969.

D'aucuns font remonter l'Ingénierie Système à 1956, avec le Système de défense aérienne *SAGE (Semi-Automatic Ground Environment)*, sous la conduite de Jay Forrester, du

Massachusetts Institute of Technology, d'autres à 1937 (première constitution d'une équipe pluridisciplinaire pour l'analyse du Système de défense aérienne britannique).

En fait, il n'en est rien : comment pense-t-on qu'ont été construites nos cathédrales ? Et les pyramides d'Egypte ? Le succès de ces entreprises gigantesques ne se ramène pas seulement au grand nombre de collaborateurs qui les ont édifiées (car, à la fois, la main-d'œuvre ne coûtait pas cher et les pharaons et autres commanditaires étaient riches...), mais il y avait des Architectes, ou Ingénieurs ; à l'époque, les deux termes étaient confondus. (Par un juste retour des choses, on parle aujourd'hui de l'*architecture* d'un véhicule ou de celle du lanceur Ariane, et pas seulement en faisant référence à ses... *étages*, mais on parle aussi de l'architecture de ses Systèmes pyrotechniques, de celle de ses Systèmes électriques, électromécaniques, électroniques : à bord d'Ariane 5, il y a 40 équipements électriques et électroniques, dont 14 calculateurs, des dizaines de kilomètres de câbles électriques ; sur un véhicule automobile, il y a jusqu'à 60 calculateurs ; à bord d'un Airbus A 380, plus de 500 kilomètres de câbles électriques, 12 à 20 cuisines, 400 canaux de télévision...) : tout cela se structure et s'organise. Les Architectes/Ingénieurs d'autrefois ont déjà dû mettre en œuvre des processus, méthodes et outils d'Ingénierie Système, même si le terme s'est imposé seulement il y a quelques décennies.

Nous allons voir que la Littérature, même la plus reculée, est abondante en références à l'Ingénierie Système.

COMMENT S'Y PRENDRE POUR CONCEVOIR, REALISER, VALIDER, METTRE EN ŒUVRE UN SYSTEME ?

A. D'abord, il faut savoir ce que l'on veut (pourquoi ? pour quoi ?), savoir ce que le Système doit faire (quoi ?), savoir avec quoi (comment ?)

Ces trois interrogations correspondent à ce que l'on appelle en Ingénierie Système respectivement les niveaux opérationnel, fonctionnel, organique (ou physique : matériel et logiciel). On imagine très facilement ce qu'est le niveau opérationnel (je veux un véhicule qui me transporte sur tant de kilomètres en moins de tant de temps), mais il est parfois moins aisé de faire la différence entre les deux autres niveaux, le niveau fonctionnel et le niveau organique : on peut illustrer cette différence par un exemple très simple, en comparant la constitution physique d'un avion et celle d'un oiseau, dont les « fonctions » sont identiques : il apparaît bien qu'il n'y a pas systématiquement correspondance biunivoque entre la fonction et l'organe, ainsi pour les fonctions propulsion (moteur pour l'avion, ailes pour l'oiseau) et sustentation (ailes dans les deux cas) ; de même, selon le « Système », la matérialisation d'une fonction peut revêtir plusieurs formes ou non, ainsi le décollage et l'atterrissage (roues pour l'avion ordinaire, flotteurs pour l'hydravion).

Cette mise au point étant faite, nous nous limiterons par la force des choses aux niveaux opérationnel et organique ; par la force des choses, parce que la Littérature, justement, n'aborde pas – pour autant que les recherches de l'auteur soient complètes - le niveau fonctionnel ; on peut voir là l'illustration de la difficulté conceptuelle à distinguer la fonction

de sa matérialisation, notion qui n'a émergé que lentement¹ et qui malheureusement n'est pas toujours présente, encore aujourd'hui, à l'esprit de certains ingénieurs.

Avant de concevoir un Système, il faut d'abord savoir ce que l'on veut, plus exactement ce que veut le client (ou le commanditaire, ou le maître d'ouvrage), en tout cas, en général on l'aide à exprimer son *besoin* par une *spécification* ; ce besoin doit être explicite, si possible ! « Je veux une voiture rouge, climatisée, qui atteigne les 100 km/h en 6 secondes » ; rappelons la spécification de besoin de la 2 CV Citroën, qui devait être capable de transporter « quatre personnes plus un sac de 50 kg ». C'est la réponse aux questions : « pourquoi ? », « pour quoi ? »

Quelle est la plus ancienne « spécification Système » ? Il pourrait bien s'agir de la demande faite à Noé de construire une arche ! « *Fais-toi une arche de bois résineux. Tu feras l'arche avec des cases. Tu l'enduiras de bitume à l'intérieur et à l'extérieur. Cette arche, tu la feras longue de trois cents coudées, large de cinquante et haute de trente. Tu feras à l'arche un toit à pignon que tu fixeras à une coudée au-dessus d'elle. Tu mettras l'entrée de l'arche sur le côté, puis tu lui feras un étage inférieur, un second et un troisième.* » [10].

On peut même y noter la distinction entre expression de besoin pure et solutions imposées !

Comment le besoin est-il satisfait ? On aborde là les étapes de conception, réalisation et validation. En débordant un peu de la Littérature, on trouve dans les réalisations passées tous les ingrédients indispensables : dossiers, maquettes, prototypes (qui répondent – partiellement) à la question ci-dessus : « comment ? », « avec quoi ? »).

B. Après la première étape (essentielle !) du processus d'Ingénierie Système, l'expression du besoin, vient la conception.

L'auteur a appris dès son plus jeune âge d'ingénieur que dans un lanceur spatial tout ce qui n'est pas indispensable est nuisible ; belle application du principe du Rasoir d'Ockham, en réalité connu et formulé avant Guillaume d'Ockham (XIV^e siècle) : « *Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem* » : « *Les entités ne doivent pas être multipliées au-delà de ce qui est nécessaire* », mais qui était connu et formulé avant lui : « *Pluralitas non est ponenda sine necessitate.* » : « *La multiplicité ne doit pas être utilisée sans nécessité.* »

On trouve, chez Saint-Exupéry, encore : « *Il semble que le travail des ingénieurs, des dessinateurs, des calculateurs du bureau d'études ne soit en apparence que de polir et d'effacer, d'alléger ce raccord, d'équilibrer cette aile, jusqu'à ce qu'on ne la remarque plus, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus une aile accrochée à un fuselage, amis une forme parfaitement épanouie, enfin dégagée de sa gangue, une sorte d'ensemble spontané, mystérieusement lié, et de la même qualité que celle du poème. Il semble que la perfection soit atteinte non quand il n'y a plus rien à ajouter, mais quand il n'y a plus rien à retrancher.* » [11]. C'est ce que recherchent les artistes plasticiens dans leur quête de la forme épurée.

C. Les outils de l'Ingénierie Système

¹ La distinction entre la fonction, abstraite : la vision, et l'organe, physique : l'œil, qui permet de réaliser la fonction, a été faite dès le (mais seulement au...) XIX^e siècle par les biologistes.

On peut voir, dans la crypte de la cathédrale de Bourges, gravé à même le pavement, le plan de la rosace de la façade ; aujourd'hui, cela s'appelle un *dossier de définition* !

De même, le dôme de la cathédrale (du *Duomo*) de Florence n'aurait pu être construit, au XV^e siècle, si Filippo Brunelleschi, se basant sur des mathématiques déjà évoluées, n'avait pensé confondre ses détracteurs et commanditaires, qui jugeaient le projet impossible – et cette crainte pouvait se comprendre -, en leur mettant sous le nez ses calculs, qu'ils avaient été bien en peine de comprendre ; ce n'était ni plus ni moins qu'un *dossier d'étude*... Il est vrai que le dôme est autrement plus complexe qu'une pyramide d'Egypte, les interactions entre ses éléments sont plus subtiles que dans les pyramides.

Citons à nouveau Pascal : « *Une ville, une campagne, de loin est une ville et une campagne, mais à mesure que l'on s'approche, ce sont des maisons, des arbres, des tuiles, des feuilles des herbes, des fourmis, des jambes de fourmis, à l'infini. Tout cela s'enveloppe sous le nom de campagne.* » [12]. Nous avons là une illustration de *l'arborescence produit*, outil essentiel, car exhaustif (ou presque) et surtout partagé par l'ensemble des protagonistes d'un projet.

Et enfin : « *La terre entière se servait de la même langue et des mêmes mots. [...] Allons, dirent-ils, bâtissons-nous une ville et une tour dont le sommet touche le ciel. [...] Allons [dit le Seigneur], descendons et brouillons leur langue, qu'ils ne s'entendent plus les uns les autres ! De là le Seigneur les dispersa sur toute la surface de la terre et ils cessèrent de bâtir la ville.* » [13]. Un langage et une démarche commune : c'est le sens des diverses normes (« *standards* ») d'Ingénierie Système et des spécifications de management.

D. Validation

Encore une référence à la question « comment ? » Comment s'assure-t-on que le besoin est satisfait ? Que le *bon* besoin est satisfait ? Nous abordons là la question de la *validation*.

Il y a plusieurs validations : d'abord, la validation du besoin. Qu'est-ce qui pourrait faire évoluer mon besoin ? Est-ce que la performance que je demande n'est pas une exigence trop forte ? Qu'est-ce qui pourrait faire disparaître mon besoin ?

Ensuite, la validation de la conception et de la réalisation : les calculs, les essais partiels, les essais et démonstrations d'ensemble. Dans le cas de Systèmes de coût élevé, et/ou à hautes performances de sécurité, comme un avion, ou le Sous-Système de freinage d'un véhicule automobile, la validation est longue, minutieuse et exhaustive. Voici deux phrases dont on a du mal à savoir si elles émanent de scientifiques ou non :

« *Le soin que j'ai pris de ne rien deviner, mais de tout me démontrer par des faits très multipliés, évidents par eux-mêmes, observés avec attention, et comparés avec sévérité, ce soin, dis-je, donnera quelque poids à mes déductions et aux idées qui me restent à présenter.* » [14],

et :

« *Observer d'abord les faits, en varier les circonstances autant qu'il est possible, accompagner ce premier travail de mesures précises pour en déduire des lois générales, uniquement fondées sur l'expérience.* » [15].

Indubitablement, il est question de validation, et les deux phrases expriment la même idée, au point qu'il paraît difficile de savoir laquelle est d'un scientifique et laquelle ne l'est pas ; la première est d'un littéraire, linguiste, polyglotte, déchiffreur acharné, qui, il est vrai, a toujours suivi une démarche scientifique, Jean-François Champollion ; la seconde est du physicien Ampère : on ne peut qu'être frappé du parallélisme de ces deux déclarations.

E. Justification

La notion de validation (du besoin, de la conception, de la réalisation) nous amène à celle, connexe, de *justification*. De quoi s'agit-il ? A chaque étape du cycle de spécification-conception-réalisation-intégration-validation-mise en œuvre d'un Système, on doit justifier, c'est-à-dire apporter les preuves, que les résultats obtenus à la fin de chaque étape sont pertinents par rapport aux exigences ou données de base exprimées ou disponibles au début de l'étape : les spécifications par rapport aux exigences de niveau supérieur, le dossier de définition par rapport aux spécifications, le dossier de fabrication par rapport au dossier de définition ; c'est ce que l'on appelle la *règle du triangle*.

La notion de justification, déjà implicite, par la force des choses, dans les expériences empiriques de mise en œuvre de l'Ingénierie Système (la justification minimale est celle de l'essai final, par exemple au retrait des échafaudages à la fin de l'édification d'une cathédrale), s'est progressivement dégagée, par étapes, puis formalisée, jusqu'à devenir une règle naturelle il y a seulement une vingtaine d'années, et encore pas dans tous les projets. Quel fournisseur n'a pas eu à se justifier plus souvent qu'il ne le pensait nécessaire, devant un client exigeant, qui demandait des preuves, des preuves et encore des preuves ?

Il est amusant de voir cette exigence déjà exprimée chez Bossuet : « *Que celui qui est juste se justifie encore.* » [16].

F. Il reste à voir dans quel contexte, dans quelles conditions, un projet se déroule.

Dans la mise en œuvre du processus d'Ingénierie Système, il faut tenir compte de deux caractéristiques fondamentales : d'abord, un projet est un travail d'équipe ; ensuite, une forte évolutivité marque le déroulement des Systèmes complexes, car le besoin du client est rarement stable dans le temps, ou il s'avère, alors que le projet est plus ou moins avancé, que le besoin ne peut pas être satisfait complètement. Tout cela se planifie. Enfin, il faut faire des compromis.

La notion de *travail d'équipe* n'est pas nouvelle : pensons simplement que l'on estime généralement que le peuple égyptien tout entier fut employé aux travaux de construction des pyramides. Qui dit travail d'équipe dit *langage commun* (il est si difficile de travailler à plusieurs sur le même sujet, a fortiori dans un contexte international), comme on l'a vu avec l'épisode de la Tour de Babel.

On est loin, évidemment, du professeur Mortimer concevant seul, dans le silence de son laboratoire, l'arme absolue (voir *Le Secret de l'Espadon*), à comparer aux Egyptiens tractant une statue colossale, comme en témoigne une peinture datée de plus de quatre mille ans, dans la tombe de Djehoutihotep [17], où l'on trouve tous les ingrédients (le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre, l'ingénieur en chef, les chefs d'équipe, les agents de sécurité !) d'un

organigramme que bien des dirigeants d'aujourd'hui ne dédaigneraient pas – il suffit de tourner la peinture de 90 degrés pour s'en convaincre.

Mais nous ne sommes plus dans la Littérature !

A propos de l'inévitable caractéristique d'*évolutivité* des projets et programmes, la sagesse s'exprime chez Boileau, Saint-Exupéry, Delacroix.

Tout le monde connaît le vers de Boileau : « Cent fois sur le métier remettez votre ouvrage. » Mais il est intéressant de citer la totalité des quatre vers : « *Hâtez-vous lentement, et sans perdre courage,/Cent fois sur le métier remettez votre ouvrage,/Polissez-le sans cesse et le repolissez./Ajoutez quelquefois, et souvent effacez.* » [18]. On retrouve là le Rasoir d'Ockham. Saint-Exupéry, encore lui, ne dit pas autre chose : « *Que doit faire l'homme pour créer le premier navire? La formule est bien trop compliquée. Ce navire naîtra, en fin de compte, de mille tâtonnements contradictoires.* » [19]. Et enfin, citons Delacroix, qui exprime véritablement la sagesse : « *Il y a deux choses que l'expérience doit apprendre : la première, c'est qu'il faut beaucoup corriger ; la seconde, c'est qu'il ne faut pas trop corriger.* » [20]. Si l'on corrige trop souvent, trop longtemps, le projet dérive ; et les coûts aussi. Et c'est une preuve que le projet est mal maîtrisé.

Bien sûr, cette succession d'étapes (spécification, conception, réalisation, intégration, validation, mise en œuvre), ces itérations, *se planifient*. Là encore, laissons parler la sagesse : « *Il y a un moment pour tout et un temps pour toute chose sous le ciel. [...] un temps pour planter, et un temps pour arracher le plant...* » [21], dit l'Ecclésiaste.

La vie d'un Système n'étant pas un long fleuve tranquille, il faut faire des compromis : on ne peut pas avoir un avion à la fois léger, puissant et à forte capacité d'emport ; or, il y a deux siècles, Antoine Destutt de Tracy (1754-1836), le créateur du néologisme « idéologie », pas avec son sens actuel, mais au sens de « discours sur les idées, étude des idées », écrivait au début du XIX^e siècle : « *L'échange est une transaction admirable dans laquelle les deux contractants gagnent toujours tous deux.* », et « *... l'essence de l'échange est d'être utile aux deux parties...* » [22] ; en langage d'aujourd'hui, on parlerait de gagnant-gagnant ou de *win-win*. Il est intéressant de comparer cette définition aux définitions actuelles du compromis, du *trade-off*, données dans les normes (les « standards » américains) ou les cours d'Ingénierie Système : « *A trade study or trade-off study (en français « étude comparative ») is the activity of a multidisciplinary team to identify the most balanced technical solutions among a set of proposed viable solutions* » (Federal Aeronautic Administration 2006, in Wikipedia), et « *Trade-off = Decision making actions that select from various requirements and alternative solutions on the basis of net benefit to the stakeholders* » (IPMC/3DSR: Astrium Space Systems Engineering Training).

G. Terminons par une notion en marge de ce qui précède, quoique l'on en trouve une illustration dans ce que l'on appelle la *restitution* des Systèmes étrangers ; restituer un Système (un Système d'Arme, la plupart du temps), c'est reconstituer ce Système, ses caractéristiques, ses performances, à partir du peu de choses que l'on sait de la littérature ouverte, et aussi de ce que l'on sait faire, et de ce que l'on suppose que l'autre sait faire ; c'est pourquoi ces restitutions sont en général classifiées militairement, parce qu'elles en

apprennent au moins autant sur les capacités de celui qui restitue le Système que sur le Système restitué.

C'est entre le XVIII^e et le XIX^e que naît la « *physionomie comparée* » : l'étude de la physionomie doit davantage porter sur la fonction que sur l'apparence. On développe également l'idée que tout a une fonction : si l'on change une partie, le tout s'en trouve modifié. De la même manière, si l'on trouve une partie, il est possible de reconstituer le tout.

Balzac s'est inspiré de cette théorie : la pensée implique le personnage et le personnage implique la pensée : c'est ce que l'on trouve dans la présentation de Mme Vauquer, tenancière de la pension éponyme : « *Son jupon de laine tricotée, qui dépasse sa première jupe faite avec une vieille robe, et dont la ouate s'échappe par les fentes de l'étoffe lézardée, résume le salon, la salle à manger, le jardinet, annonce la cuisine et fait pressentir les pensionnaires.* » [23].

On peut faire le lien avec Madame de Staël : « ... le reflet du tout dans chaque partie ». Cela évoque bien entendu Cuvier, Buffon, Linné, reconstituant un dinosaure à partir d'une phalange ou d'une extrémité de membre.

Mais, de manière inattendue, dans le domaine de la restitution des Systèmes d'Arme, cela est mis en pratique : soit à reconstituer les dimensions et la masse d'équipements embarqués sur un Système d'Arme étranger ; on dispose de photographies (sans échelle !) et de quelques données technologiques ; ici, le diamètre des connecteurs, repérés comme étant de forte capacité (nombreuses broches), supposé ne pas être très différent d'un pays à l'autre, fournit par une simple règle de trois les dimensions de l'équipement ; d'où le volume, et, par quelques considérations technologiques (la densité d'intégration de l'électronique, entre autres), la masse !

L'INGENIERIE SYSTEME, GARANTE DE LA SURETE D'ABOUTISSEMENT D'UN PROJET ?

L'Ingénierie Système et le talent des ingénieurs sont-ils garants de la sûreté d'aboutissement à moindre coût des Systèmes conçus et réalisés par l'homme ? Gardons-nous de la tentation de Laplace, vieux rêve que caressent encore quelques ingénieurs idéalistes :

« *Une intelligence qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome : rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir, comme le passé, serait présent à ses yeux.* » [24].

Mais « *Il n'y a point en médecine de panacée, c'est-à-dire de remède universel pour tous les maux* » [25], écrivait Madame de Saint-Aubin.

En matière d'Ingénierie Système, il n'y a pas non plus de panacée ; on rencontre des échecs, heureusement rares : la centrale de Tchernobyl, la navette Challenger, le missile Trident américain, Ariane 5, la sonde martienne Mars Climate Orbiter (confusion entre systèmes d'unités anglais et système international... !), la centrale de Fukushima, le récent échec du lanceur Soyuz. On notera que ces échecs sont récents : l'accident de Challenger remonte à seulement 28 ans ; et ils frappent tout le monde, les Etats-Unis, l'Europe, l'Ukraine, la Russie,

le Japon. On pense pourtant que les méthodes, processus et outils de l'Ingénierie Système sont éprouvés ; ils le sont, mais « le diable est dans le détail » ; il peut arriver d'oublier de tenir compte d'un phénomène essentiel, d'établir un dossier indispensable, et personne ne s'en rend compte.

Un ancien PDG de Sony a dit, en adaptant un proverbe africain : « *Le vieil éléphant sait où trouver de l'eau, mais même un vieux singe peut tomber de l'arbre.* »

Encore une fois ces cas sont rares : les avions volent, nos voitures ne nous font pas verser dans le fossé, les centrales nucléaires connaissent très rarement des accidents...

L'Ingénierie Système se nourrit de ces rares échecs pour progresser encore : on apprend, en travaillant avec des Américains, qu'ils appellent cela les *lessons learned* ; en français, c'est le retour d'expérience.

VI. EN CONCLUSION...

Pourquoi avoir choisi ce sujet ? Pour montrer que la littérature non scientifique, non technique, la Littérature « littéraire », d'époque reculée ou non, illustre parfaitement certains principes de la Systémique et de l'Ingénierie Système.

Ce sujet a déjà fait l'objet de conférences devant des publics d'ingénieurs, en majorité, au Conservatoire National d'Arts et Métiers et devant des ingénieurs de l'Association Les Supélec, avec pour ces derniers, le sous-titre provocateur : « De la Littérature considérée comme un référentiel de l'Ingénierie Système »...

Nous avons montré qu'après l'énoncé des grands mythes (le langage commun), la découverte de l'organisation, de la planification, et l'exposé antique des grands principes (l'émergence d'Aristote), s'est manifestée, peu à peu, d'abord l'audace des bâtisseurs de grandes réalisations, qui découvrent empiriquement les interactions, le rôle de chaque élément dans les édifices et les machines, en expérimentant les grands principes de la statique (les grandes constructions), de la dynamique (le profil des coques de navires, la forme et l'orientation des voiles). Puis que la réflexion ressurgit aux XVII^e, XVIII^e et XIX^e siècles des plumes de Pascal, Vico, Madame de Staël, Goethe, avec des hésitations cependant (Claude Bernard restait imprégné de cartésianisme : « *Les systèmes ne sont pas dans la nature, mais dans l'esprit des hommes* », « *Qui a jamais vu un système ?* » [26]) ; et encore aujourd'hui, combien privilégient l'analyse seule au détriment de la vision d'ensemble ? Que des formulations un peu plus ciblées sont disponibles chez Saint-Exupéry et Valéry, pour aboutir à la théorisation de la Systémique et de l'Ingénierie Système, depuis 1956 jusqu'à la fin du XX^e siècle avec par exemple l'INCOSE (*IN*ternational *CO*uncil on *S*ystems *E*ngineering) qui fédère aujourd'hui l'approche des Systèmes, en passant par les normes des « Institutionnels » : *Department of Defence* américain, Agence Spatiale Européenne,... mais là nous quittons la Littérature « littéraire ».

Ainsi a-t-on pu voir que les hommes ont su faire des Systèmes depuis la nuit des temps : les navires de guerre ou de commerce de l'Antiquité, les pyramides d'Egypte, les catapultes et plus généralement les machines de guerre (en latin, machine de guerre se disait *ingenium*, qui a donné engin et... ingénieur !), les Caravelles de Colomb et leur logistique... Ils ont plus ou moins maîtrisé l'Ingénierie Système, c'est-à-dire les méthodes, outils et processus de

conception, de réalisation et de validation, par tâtonnements, par empirisme, souvent avec l'aide du hasard, mais souvent aussi avec succès : nos cathédrales, conçues avec l'aide des mathématiques de l'époque, sont toujours debout... Il est symptomatique qu'un récent congrès de l'AFSCET, en 2011, se soit intitulé... *Systémiciens sans le savoir ?... !*

Pendant ce temps, une foule d'auteurs, dans un contexte non scientifique, ont apporté leur contribution à la théorisation de cette Ingénierie Système.

C'est ce que l'auteur a eu le désir de démontrer.

REFERENCES

- [1] LUDWIG VON BERTALANFFY, *General System Theory*, 1968
- [2] ANTOINE DE SAINT-EXUPERY, *Pilote de guerre*, 1939
- [3] PAUL VALERY, *Eupalinos ou l'architecte*, 1921
- [4] ARISTOTE, *La Politique, Livre II, IV^e siècle av. J.-C* (Traduction française : BARTHÉLEMY SAINT-HILAIRE)
- [5] JOËL DE ROSNAY, *Le macroscope*, 1975
- [6] GERARD DONNADIEU, MICHEL KARSKY, *La Systémique – Penser et agir dans la complexité*, 2002
- [7] PASCAL, *Pensées, Partie I, Article VI*, 2e édition, 1670
- [8] GERMAINE DE STAËL, *De l'Allemagne*, 1813
- [9] GIAMBATTISTA VICO, *De nostri temporis studiorum ratione ((La Méthode des Etudes de notre temps)*, 1708
- [10] Genèse, Traduction oecuménique de la Bible
- [11] ANTOINE DE SAINT-EXUPERY, *Terre des hommes, ch.III*, 1939.
- [12] PASCAL, *Pensées, Fragment Misère n° 14 / 24*
- [13] Genèse, Traduction oecuménique de la Bible
- [14] JEAN-FRANÇOIS CHAMPOLLION, *Lettres et journaux écrits pendant le voyage d'Egypte*, 1868
- [15] ANDRE-MARIE AMPERE, *Théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience*, 1827
- [16] JACQUES-BENIGNE BOSSUET, *Instructions sur les états d'oraison, où sont exposées les erreurs des faux mystiques de nos jours, avec les actes de leur condamnation*, 1697
- [17] http://www.osirisnet.net/tombes/el_bersheh/djehoutyhotep/djehoutyhotep_02.htm
- [18] NICOLAS BOILEAU, *Art poétique*, 1674
- [19] ANTOINE DE SAINT-EXUPERY, *Pilote de guerre*, 1939
- [20] EUGENE DELACROIX, *Journal, 22 décembre 1823*
- [21] Qohélet ou l'Ecclésiaste, Traduction oecuménique de la Bible
- [22] ANTOINE DESTUTT DE TRACY, *Eléments d'idéologie*, 1803
- [23] HONORE DE BALZAC, *Le Père Goriot*, 1835
- [24] PIERRE-SIMON DE LAPLACE, *Essai philosophique sur les probabilités*, 1814

[25] STEPHANIE FELICITE DU CREST DE SAINT-AUBIN, comtesse de Genlis, *Maison rustique pour servir à l'éducation de la jeunesse ou Retour en France d'une famille émigrée*, 1810

[26] CLAUDE BERNARD, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, 1865.