

AFSCET

Res-Systemica

Revue Française de Systémique
Fondée par Evelyne Andreewsky

Volume 15, octobre 2016

Penser sans modèle ?
Emergence, créativité, sérendipité

Res-Systemica, volume 15, article 10

L'approche des avant-projets : référence à un modèle, ou création ?

Patrick Farfal

contribution reçue le 15 octobre 2016

6 pages



Creative Commons

L'APPROCHE DES AVANT-PROJETS : RÉFÉRENCE A UN MODÈLE, OU CRÉATION ?

Patrick FARFAL

PatSys

25 rue Jean Leclaire – 75017 Paris

pfarfal.patsys@sfr.fr

Résumé— Après le rappel et le choix de quelques définitions (modèle, avant-projet, invention), l'approche des avant-projets, traditionnelle et actuelle, est présentée. Plusieurs inventions sont ensuite analysées sous l'aspect de référence à un modèle. Puis la manière de réaliser une analyse système, notamment au cours d'un avant-projet, met en évidence la double contrainte de satisfaction des besoins et d'héritage du secteur d'activité, pour aboutir à la conclusion que même dans le cas de systèmes nouveaux les concepteurs n'échappent pas à la référence à un ou plusieurs modèles.

I. INTRODUCTION

La question « Peut-on penser sans modèle ? » renvoie à la créativité, à l'invention. Encore faut-il préciser, dans toutes les acceptions du terme « modèle », de quoi il s'agit. S'agit-il d'une simple représentation de la réalité, ou d'une référence dont il faut s'inspirer ?

Dans le domaine des systèmes artificiels – les systèmes conçus, réalisés, validés et mis en œuvre par l'homme –, les avant-projets constituent le domaine où la question peut se poser. Elle se pose, en effet, selon que l'on considère des avant-projets de systèmes déjà familiers aux concepteurs, ou au contraire de systèmes d'un type tout à fait nouveau.

II. QUELQUES DEFINITIONS

La polysémie de la plupart des termes utilisés en systémique, et notamment dans cet article, nous conduit à rappeler quelques définitions.

II.1 QU'EST-CE QU'UN MODELE ?

On trouve à l'article *modèle* dans LE PETIT ROBERT [2] les définitions suivantes :

« *Ce qui sert ou doit servir d'objet d'imitation pour faire ou reproduire qqch.* » (définition n° 1) ; « *Objet, type déterminé selon lequel des objets semblables peuvent être reproduits à de multiples exemplaires* » (définition n° 5) ; « *Objet de même forme qu'un objet plus grand, mais exécuté en réduction. ⇔ maquette* » (définition n° 6) : à rapprocher de *model* (polysémique aussi en anglais), *mock-up*).

Et enfin : « *Représentation simplifiée d'un processus, d'un système* » (définition n° 7), et « *Système physique, mathématique ou logique représentant les structures essentielles d'une réalité et capable à son niveau d'en expliquer ou d'en reproduire dynamiquement le fonctionnement* » [2].

On trouve dans ces définitions l'idée commune de *représentation* et de *référence*, pour : *imiter, analyser, comprendre, expliquer (?), reproduire (le fonctionnement) ou prévoir (le fonctionnement)*.

Les définitions 2, 3, 4 de [1] sont relatives à des personnes (et ne sont pas si éloignées des précédentes, on y trouve les éléments communs ci-dessus).

Il est intéressant aussi de répertorier les synonymes et mots de sens voisins [3] ; les idées communes aux précédentes sont en italique : *Archétype*, canon, critère, échantillon, étalon, *exemple*, formule, gabarit, idéal, *idée*, image, original, *paradigme*, *parangon*, précédent,

prototype, référence, type, unité / Carton, croquis, esquisse, étude, maquette, moule, pattern, patron, plan, schéma, spécimen, topo / Académie, mannequin, pose.

Dans le cas des avant-projets de systèmes artificiels, cette double signification de représentation et de référence est directement applicable, et renvoie à l'ambition de l'avant-projet : analyser et prévoir.

II.2 QU'EST-CE QU'UN AVANT-PROJET ?

Toujours d'après [1], l'avant-projet est défini comme «... - *Plan sommaire, maquette, ou esquisse d'une construction, d'une œuvre d'art* ». Le projet est « *le brouillon de l'avenir* » [4].

La définition généralement admise en Ingénierie Système est, en conduite de programme, « ... [la] première phase d'un Programme/Projet – ensemble des étapes préparatoires d'un Projet », ce qui conduit à définir ce qu'est une phase de programme : « *Partie d'un Programme au cours de laquelle est exécuté un ensemble cohérent et ordonné de tâches nécessaires pour atteindre un objectif prédéterminé* » ; une phase a généralement pour origine (donc aussi pour fin) le franchissement d'un *jalon* [5].

L'ensemble des phases entre la décision de lancement d'un projet de nouveau système/produit et sa pleine exploitation est une suite d'étapes décisionnelles (jalons) et techniques.

En fabrication et contrôle une phase est l'« ensemble d'opérations effectuées sur un même poste de travail ».

La logique de déroulement d'un programme comporte 6 phases, dans l'ordre : faisabilité (A), définition (B), développement (C), production (D), utilisation (E) et retrait de service (F).

Le programme est précédé par une période d'études préliminaires, souvent appelée « phase 0 ». L'avant-projet coïncide idéalement avec cette phase 0, mais en pratique il s'étend à tout ou partie de la phase de faisabilité (A) :

Avant-Projet —————

| | 0 | A | B | C | D | E | F | |
|---------------------------|---|---|--|--|--|----------------------------|--------------------|------------------|
| | Evaluation préliminaire | Faisabilité | Définition du Projet | Développement | Production | Utilisation | Retrait du service | |
| OBJECTIFS (JALONS) | Première expression de besoin Sélection d'une formule de référence | Choix du concept Architecture du Produit Estimation des coûts | Choix du concept (déf. technique) Architecture du Produit Estimation des coûts Calendrier | Définition du Produit Qualif. ^{ion} de la définition Moyens de production Coûts de série | Réalisation et production des exemplaires de série | Utilisation opérationnelle | Démantèlement | |
| PROCESSUS | Expression du Besoin | | Conception | | Qualif. ^{ion} | Prod. ^{ion} | MCO | Retr. du service |
| ETAT DU PRODUIT | | Fonctionnel | Spécifié | Défini, Qualifié | Réalisé | Vivant | Mort | |

MCO : Maintien en Condition Opérationnelle

Tableau 1 : les phases du projet

III. L'APPROCHE DES AVANT-PROJETS

III-1 APPROCHE TRADITIONNELLE DANS LES SYSTEMES MILITAIRES ET SPATIAUX

On confie à trois ou quatre experts le pré-dimensionnement du système ; ces experts sont chacun spécialistes d'une discipline fondamentale (propulsion, aérodynamique, mécanique du vol...) et ont déjà vécu deux ou trois programmes (20 à 25 ans d'expérience).

Cette manière de procéder suppose, pour être efficace :

- que le système à concevoir soit à taille humaine (qu'il puisse effectivement, comme ses prédécesseurs, tenir dans la tête de 3 ou 4 personnes)
- qu'il soit globalement du même type que le ou les systèmes précédents connus des experts en question.

Une telle approche ne nuit pas pour autant à la créativité, qui s'exerce par des *variantes autour d'un modèle de base* ; par exemple, le vol des lanceurs spatiaux comporte toujours trois phases successives, ils sont d'ailleurs souvent composés de trois étages.

III-2 APPROCHE ACTUELLE DANS LES SYSTEMES MILITAIRES ET SPATIAUX

On fait travailler « en plateau »¹ plusieurs représentants de diverses disciplines, qui partagent les données de départ « au premier ordre » (aérodynamiques, mécaniques, propulsives...), chacun disposant d'outils particuliers de dimensionnement qu'il peut faire « tourner » en séance. Ce mode d'organisation permet de décrire rapidement des « boucles système », chacun des membres du plateau confrontant ses résultats d'étude régulièrement et rapidement avec ceux des autres, ce qui conduit en général à une modification des données de départ communes ; ce processus est itératif.

Une telle approche permet d'aborder un système d'un type non encore conçu.

Pour autant, les membres du plateau inventent-ils ? créent-ils ?

Ils « pensent » tout de même en fonction de la mécanique du vol, de l'aérodynamique..., qu'ils ont apprises et souvent appliquées, donc de modèles, puisque « *Les sciences [...] font essentiellement des modèles.* » [6].

Pour aller plus loin, il convient, après un nouveau rappel de définitions, d'examiner quelques inventions.

IV. LES INVENTIONS

IV-1 QU'EST-CE QU'INVENTER ?

Inventer : du latin *invenire* : rencontrer, trouver, apprendre, découvrir, inventer...

« *Créer ou découvrir (qqch de nouveau) ⇔ concevoir, créer, découvrir, imaginer* » (définition n° 1) ; « *Trouver, imaginer pour un usage particulier* » (définition n° 2), [1].

IV-2 QU'EST-CE QUE LA CREATION ?

« *Action de donner l'existence, de tirer du néant* » (définition n° 1), « *Action de faire, d'organiser une chose qui n'existait pas encore* » (définition n° 3), [1]

IV-3 ETUDE DE QUELQUES INVENTIONS (OU CREATIONS)

Le propulseur, inventé à la préhistoire, est un prolongement du bras, qui autorise des portées de flèches (ou sagaies) plus grandes : il naît sans doute du constat que plus le bras est long, plus la portée est grande potentiellement, et non d'un raisonnement associant mouvement de translation et mouvement de rotation.

L'invention de l'arc résulte de la même idée, en exploitant l'idée de transformer une énergie potentielle élastique en énergie cinétique, lorsque le propulseur s'est révélé impropre à

¹ Plateau : Mode d'organisation du travail, généralement adopté dans le cadre de l'ingénierie simultanée (*concurrent engineering*) ; autour d'un même projet, il s'agit d'un regroupement (physique et/ou informatique) d'une équipe pluridisciplinaire pouvant, par exemple, être constituée de concepteurs, réalisateurs, du donneur d'ordres, de coopérants, du client...

l'emploi dans des forêts qui s'étaient développées, en même temps qu'apparaissaient des essences favorables à la confection des arcs.

La fronde procède de la même idée que le propulseur.

La catapulte (vers - 400, Syracuse ?) n'est qu'une amélioration de l'arc et du propulseur : augmentation d'efficacité par la grande longueur du bras et énergie potentielle élastique de flexion (ou de torsion) considérable ; le trébuchet, inventé au VI^e siècle, remplace l'organe sous tension par un contrepoids, plus résistant à l'humidité.

Le canon (XIII^e siècle), dérivé de la lance à feu inventée par les Chinois qui utilisait la poudre noire inventée il y a 1 800 à 2 200 ans, est une « variante » de la catapulte, utilisant la poudre à canon (Chine, VII^e siècle), découverte par pur hasard, semble-t-il, sans intention, comme la poudre noire.

La roue (puis le véhicule, par exemple le char, premier « système d'armes »), est inspirée (vers - 3500, Sumer ?) des rondins utilisés pour déplacer les pierres (et non, là encore, de l'idée de transformer un mouvement de rotation en mouvement de translation).

Le véhicule automobile dérive ensuite du véhicule hippomobile.

Enfin, l'avion a été manifestement inspiré de l'imitation des oiseaux : d'abord directement, avec le mythe d'Icare, puis du cerf-volant, inventé en Orient dans l'Antiquité, puis connu en Europe au XIII^e siècle, le concept d'ailes battantes de Léonard de Vinci (XVI^e siècle), les expériences de vols humains de Besnier (1678) et Bacqueville (1742).

Puis George Cayley (1773-1857) invente le concept de voilure fixe (inspirée du cerf-volant) et l'empennage (inspiré de la queue des oiseaux).

La fin du XIX^e siècle verra le retour des ailes battantes, avec Otto Lilienthal, qui passera ensuite à la voilure fixe (forme inspirée des cigognes) ; Lilienthal utilisera d'abord la force humaine puis la force mécanique.

Clément Ader, créateur en 1875 du mot « avion »² (du latin *avis*, oiseau !), s'engage définitivement dans la voilure fixe (*l'Eole* en 1890), puis dans la motorisation (*l'Avion III*, en 1897). Les frères Orville et Wilbur Wright suivent sa voie en 1903.

Depuis le *Comet*, dont le premier prototype a volé en 1949, le concept de l'avion commercial subsonique n'a pas fondamentalement évolué.

V. L'ANALYSE SYSTEME : COMMENT « PENSE »-T-ON ?

V.1 QU'EST-CE QUE L'ANALYSE SYSTEME ?

L'analyse système se pratique dans les phases 0 (évaluation ou études préliminaires), A (faisabilité) et surtout B (définition du projet) et C (définition).

D'après [7] et [8], l'analyse système est un processus (*Process Reference Model*) :

- dont l'objectif découle de ceux du programme ou du projet
- qui déroule des activités : synthèse système, analyse de performances et de ressources, analyse système fonctionnelle, analyse des coûts, analyse des risques
- et débouche sur : des concepts système, des études comparatives, une analyse de performances, l'analyse des coûts et d'autres analyses nécessaires à la définition d'une configuration système préférentielle et à l'évaluation des performances du système.

² Le mot « aviation » avait été créé en 1863 par Gabriel de Landelle.

V.2 COMMENT LA PRATIQUE-T-ON ? FEUILLE BLANCHE OU HERITAGE ?

Une analyse système part très rarement de la feuille blanche, mais consiste presque toujours en un compromis entre ce qui est dicté par les besoins (*needs*) et l'héritage (*legagy*). De plus, c'est une approche itérative, désignée dans la littérature américaine par *middle-out approach*.

Le tableau suivant illustre ces considérations : outre les exigences, fonctionnelles ou non, et les contraintes non fonctionnelles, qui pèsent sur l'élaboration de la définition du système, l'état de l'art des technologies, les contraintes de politique industrielle (modèles économiques, politique produits, réutilisation de constituants d'un système antérieur ou de moyens existants, recours à des produits sur étagère : deux avionneurs différents ne feraient pas le même avion à iso-exigences) contraignent tout autant le processus d'ingénierie système :

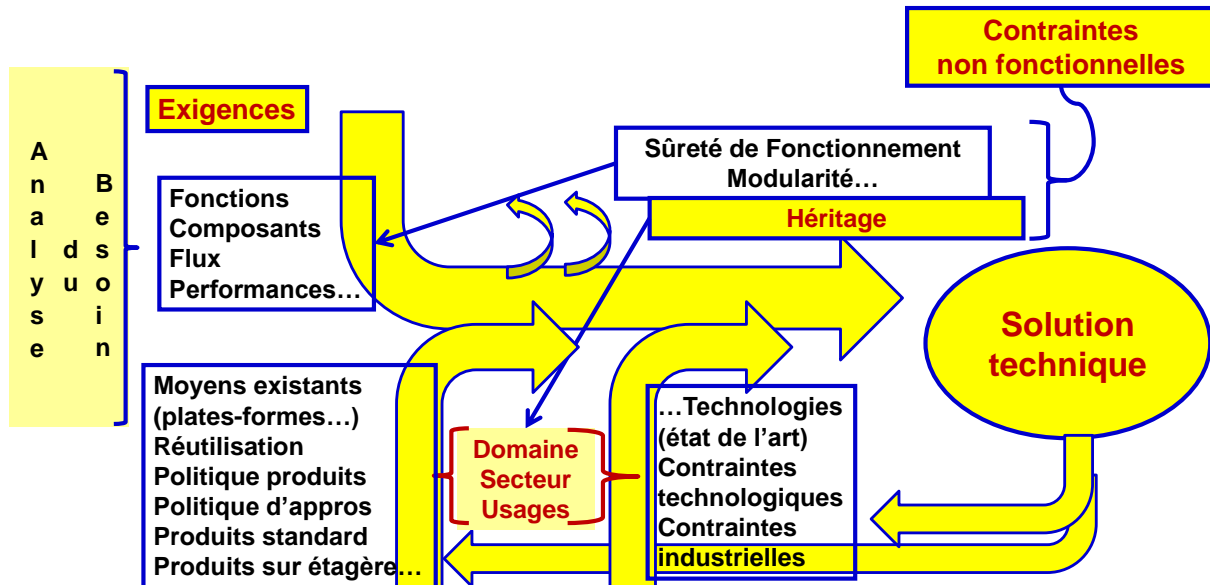


Tableau 2 : Double contrainte sur l'analyse système et son caractère itératif (inspiré de [9])

IV LES AVANT-PROJETS : CONCLUSION

La conception d'un système nouveau commence toujours, par définition, par une phase d'avant-projet, qui est au sens strict une phase d'évaluation ou d'études préliminaires, et se prolonge souvent par une phase de faisabilité, voire au-delà.

Dans le cas où le nouveau système ressemble à un système déjà conçu, réalisé et mis en œuvre, et que les contraintes de conception ou de réalisation (coûts, délais par exemple) ne sont pas trop drastiques, l'avant-projet (ainsi que les phases suivantes) s'inspire des études réalisées pour le compte des systèmes précédents : on parle alors de développements incrémentaux, de variantes.

Si le nouveau système est d'un type non encore réalisé, ou si les contraintes, de coûts, par exemple, sont fortes, on doit envisager des solutions de rupture. On peut penser alors que les concepteurs « pensent sans modèle ».

Pourtant, dans tous les cas, le poids de l'héritage (les usages du secteur, les modèles économiques, l'état de l'art, le recours, malgré tout, à certaines solutions antérieures...) reste fort.

Et les concepteurs gardent toujours en tête les modèles, physiques et logiques [6], qui président à la conception des systèmes, et qui sont des références au sens qui a été rappelé lors de l'examen du sens du terme « modèle ».

Même dans les avant-projets de systèmes, « Qui n'imité point n'invente point ». [10]

REFERENCES

- [1] LE PETIT ROBERT, éd. 1993
- [2] ALAIN BIROU, *Vocabulaire pratique des sciences sociales*, 1966
- [3] HENRI BERTAUD DU CHAZAUD, *Dictionnaire des synonymes (et mots de sens voisin)*, 1993
- [4] JULES RENARD, *Journal*, 2 février 1902
- [5] *RG. Aéro 000 40 A et NF X 50-410*
- [6] JOHN VON NEUMANN, *Method in the physical sciences*, in *The Unity of Knowledge*, 1955
- [7] *ISO/IEC/IEEE 15288 - Systems and software engineering -- System life cycle processes*
- [8] *NASA Marshall Space Flight Center Handbook-3173*
- [9] *IPMC-3DSE, Astrium Space Systems Engineering Training*, 2009
- [10] EMILE CHARTIER, DIT ALAIN, *Propos de littérature*, 1934