

La maîtrise de la valeur dans
la coopération européenne pour
le programme ARIANE

Bruno Claverie

INTRODUCTION

Dans les années 1960, s'est développée une démarche simple d'analyse des coûts et fonctions des produits : l'analyse de la valeur. Cette démarche consiste à décomposer le produit, de façon à mieux comparer les valeurs et coûts de chacune de ses fonctions. Elle a trouvé un grand succès dans le développement du programme spatial américain, et a ensuite été utilisée dans de très nombreux domaines de la production, et de l'administration.

Les pays européens ont entrepris de développer leurs activités spatiales, dans le cadre d'alliances. On pouvait penser que l'alliance allait rendre très difficile l'analyse de la valeur et que, de ce fait, l'industrie spatiale européenne serait constamment handicapée par rapport à ses concurrentes, américaine, soviétique, japonaise et chinoise. Mais, en fait, l'alliance est la démarche même de l'analyse de la valeur. Rapidement, la modularité européenne des processus productifs, dans le cadre de consortiums, s'est révélée utile à l'analyse de la valeur : on a pu développer l'idée de la "maîtrise de la valeur". Nous allons ici analyser cette démarche de la "maîtrise de la valeur", dans l'alliance européenne pour le programme Ariane.

Maîtriser la valeur d'une telle alliance, c'est maîtriser les objectifs du consortium (à travers la gestion des cahiers des charges fonctionnels), la répartition européenne des tâches (à travers la gestion des organigrammes techniques et des tableaux achroniques), l'ordonnancement et la qualité.

Première partie

LA MAITRISE DE LA VALEUR
A TRAVERS LA GESTION DU CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL (1^{er} CDCF)

Dans la coopération internationale, les entreprises attachent une très grande importance à leurs responsabilités dans le contrôle des processus de production. Ceci est particulièrement ressenti dans les activités spatiales, activités de haute technologie. Les entreprises peuvent craindre en effet de perdre leurs spécialités dans le cadre des consortiums, de ne pas conserver celles des tâches qui sont les plus importantes, ou les plus prometteuses. Ceci pourrait constituer un obstacle de taille à l'analyse de la valeur, mais il appartient aux consortiums de transformer ces difficultés en atouts d'une véritable maîtrise de la valeur.

La maîtrise de la valeur est, nous l'avons dit, un constant rapprochement des coûts et fonctions des produits. Ce rapprochement doit aussi être fait pour les processus de production eux-mêmes. Dans l'alliance européenne, la maîtrise des coûts passe par celle du "cahier des charges fonctionnel".

1. LA DEFINITION DES OBJECTIFS DU CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL (CDCF)

Dans l'ensemble, en Avril 1973 les études de coûts étaient si précises, qu'en 1974, 44 % des contrats étaient passés sur une base forfaitaire (85 % des travaux étaient notifiés).

Le consortium Arianespace a d'abord conservé des moyens de production concentrés. En effet, le coût de développement du programme ARIANE a été maîtrisé par une limitation sévère des investissements nouveaux.

Pour les ingénieurs et économistes du CNES, il s'agissait avant tout de réduire les coûts des différents lanceurs de la filière ARIANE, mais cette volonté de réduction des coûts a donné naissance à une nouvelle démarche de conception-production. Le CNES a considéré qu'ARIANE 1, lancé en 1973 était un lanceur performant mais coûteux. En 1978 a été créée une cellule de réflexion, qui était une cellule d'analyse de la valeur en vue de réduire de moitié le coût d'ARIANE. C'est entre les lanceurs ARIANE 2 et ARIANE 3 que des progrès sensibles ont été observés, dans :

- Les relations contractuelles, très importantes pour la gestion de la qualité.
- La méthode d'innovation, de conception-production nouvelle, qui est le corollaire des relations contractuelles inter-industrielles.
- La conception de l'analyse de la valeur, de la maîtrise des coûts, dans la logique de la conception pour un coût objectif. Dans la conception pour un coût objectif, le consortium se doit de réduire les coûts de production, tout en tenant compte des coûts d'exploitation et de maintenance que vont subir les clients.

Pour ARIANE 5, le CDCF présente 3 grandes options qui correspondent à 3 types de mise en orbite : l'orbite basse héliosynchrone, l'orbite géostationnaire, le vol habité HERMES. Pour chacune de ces options, une étude de performance et des critères d'acceptation économique est conduite.

Le CDCF indique notamment que la versatilité doit être maintenue : la performance du lanceur doit être améliorée en cas de mise en oeuvre de nouveaux moyens de lancement ; on doit pouvoir utiliser différents carburants et opérer des lancements doubles ou triples.

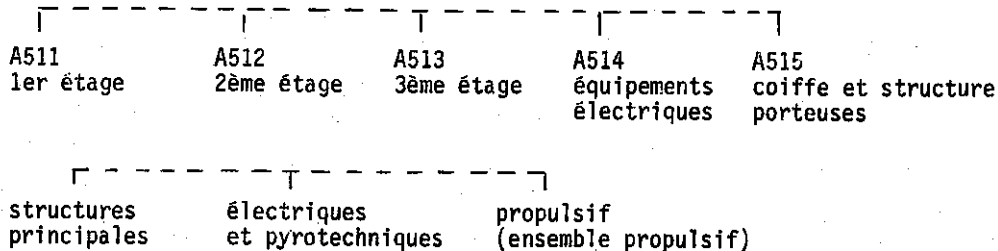
Parallèlement, des objectifs de coûts sont fixés :

- Un objectif général de réduction du prix du kg satellisé à chaque nouveau type de lanceur. Pour ARIANE 5, la réduction est de 20 % à 30 % du prix de lancement du kg d'ARIANE 4 en orbite géostationnaire ; or les triples options de mise en orbite retenues impliquent un changement du mode de propulsion. La maîtrise de la valeur consiste donc à atteindre cette nouvelle performance technologique, tout en satisfaisant aux contraintes de coûts fixées par le CDCF.
- Le CDCF indique aussi qu'à côté des coûts de production et de lancement, on doit améliorer les coûts de récupération (logique de la conception pour un coût objectif). On doit ainsi récupérer 40 % du coût spécifique pour 4 fois la masse d'ARIANE 4.

2. LA DECOMPOSITION DU CDCF

Prenons ici l'exemple du CDCF A51, système véhicule :

CDCF A51 système véhicule



Cet organigramme est l'organigramme de base du CDCF.

Pour ARIANE 3, 3 postes ont été déclarés inamovibles, l'injection (170 000 F), l'allumage (320 000 F), la poudre (750 000 F). Des études de coûts objectifs ont par contre été conduites pour l'enveloppe (objectif maximal de 280 000 F), la tuyère (objectif maximal de 440 000 F), et la protection thermique (objectif maximal de 40 000 F). Cet objectif a été dépassé de 6 % : le coût global unitaire, en admettant une production de six exemplaires par an pendant 10 ans, à partir de 1983, n'est que de 1,88 millions de francs contre les 2 millions visés au départ.

La tuyère réalisée en carbone-résine phénolique, moins chère que le carbone-carbone permet de réaliser un gain de 18 %. Les nouveaux matériaux abaissent ainsi les prix ; le prix de la protection thermique, sans surépaisseurs, baisse de 25 %. La partie cylindrique de l'enveloppe qui est fabriquée par soudage de trois et non plus cinq viroles, ce qui en réduit le coût objectif de 8 %.

Dans l'ensemble, loin de constituer un handicap pour la maîtrise de la valeur, la coopération européenne a facilité la décomposition du cahier des charges fonctionnel. Il était admis, au moment où démarrait le projet Ariane, qu'une concentration des moyens de conception, que des centres de

recherche et de développement importants, étaient des atouts décisifs pour maîtriser la valeur de ce type de grand projet technologique. D'une façon générale, les principes des économies d'échelle prévalaient, selon lesquels on maîtrisait d'autant mieux les coûts que la concentration des moyens de production, mais aussi de conception, était forte. Aujourd'hui, on renonce peu à peu à l'internalisation, car on constate que la concentration est source, de plus en plus souvent, de difficultés dans la maîtrise de coûts. La coopération européenne dans le programme Ariane aura montré que la décomposition des cahiers des charges fonctionnels est susceptible de lever un grand nombre des difficultés de maîtrise des coûts, tout en favorisant l'innovation technologique : maîtrise des coûts et innovation technologique allant souvent de pair dans la maîtrise de la valeur.

Deuxième partie

LA MAITRISE DE LA VALEUR,
A TRAVERS CELLE DE L'ORGANIGRAMME TECHNIQUE ET DES TABLEAUX ACHRONIQUES

Le plan de développement du programme Ariane a été le résultat d'un compromis entre :

- le souci de n'aborder une étape d'essais et de mise au point d'un ensemble que lorsque les sous-ensembles étaient au point eux-mêmes ;
- le souci de prendre en compte dans la définition finale d'un matériel les résultats des essais d'intégration à un niveau supérieur.

L'organigramme technique et les tableaux achroniques sont des instruments essentiels de cette politique.

1. L'ORGANIGRAMME TECHNIQUE

L'organigramme technique (en américain : "Work Breakdown Structure"), est l'instrument de codifications qui intéresse :

- le contrôle des délais,
- le contrôle des coûts,
- le contrôle de la configuration,
- la gestion de la documentation.

L'organigramme technique fait apparaître la ventilation des travaux et leur logique de coordination, au niveau le plus fin possible : ce niveau étant défini par le "lot de travaux" ("work package"). Les responsabilités afférentes aux tâches doivent être clairement perçues à l'étude de l'organigramme technique, qui est, de ce fait, un outil de travail pour la direction de projet. Distinct des autres outils de planification, l'organigramme technique doit permettre une estimation fiable des coûts.

La coordination des travaux techniques du programme ARIANE est assurée durant la phase de développement par un processus de déroulement des travaux et des interventions techniques particulières du CNES et de l'architecte industriel (revues, approbations de spécifications, plans et procédures d'essais).

La gestion de la configuration du programme ARIANE garantit que tous les changements sont coordonnés, approuvés, après détermination de leur impact sur les performances, les plannings, les coûts, la fiabilité.

On peut identifier la configuration par des spécifications techniques, des dossiers de définition et des spécifications de management définissant les règles et normes à usage des contractants.

2. LES TABLEAUX ACHRONIQUES

Dans la coopération internationale, on doit pouvoir modifier les processus de production, surtout si l'on veut en maîtriser la valeur. Le tableau achronique est un instrument des évolutions des processus productifs.

L'AFNOR le définit dans sa norme fondamentale X50-153, au paragraphe 52210 : "Etablir un tableau achronique consiste à définir les caractéristiques initiales et finales de ce qui est transformé dans un procédé pour dégager clairement la nature des transformations à opérer sans faire d'hypothèse ni sur leur ordre ni sur les lieux où elles se feront".

Dans le cas d'ARIANE 5, 3 configurations du produit doivent apparaître, relatives aux trois objectifs du CDCF assignés au consortium :

- 1- La réduction de 20 à 30 % du prix de lancement au kg d'ARIANE 4, en orbite géostationnaire.
- 2- En orbite héliosynchrone, une réduction de 1,5 fois le prix du "Shuttle".
- 3- En vol habité HERMES, la configuration sera modifiée par la propulsion cryogénique.

Dans l'ensemble, la coopération internationale peut faciliter la maîtrise des processus de production, à travers celle des organigrammes techniques.

Une coopération mal conçue, dans le cadre d'organisations mal adaptées, est sûrement une source de difficultés supplémentaires dans la maîtrise, déjà difficile, des processus de production de hautes technologies.

Au contraire, une coopération bien étudiée, dans le cadre de consortiums adaptés, aura permis de mettre au point des outils essentiels à la maîtrise de la valeur.

Troisième partie

LA MAITRISE DE L'ORDONNANCEMENT ET DE LA QUALITE

La réunion des processus de production de très nombreuses entreprises, dans le cadre du programme Ariane, pouvait rendre difficile l'organisation même de la production. La qualité, la fiabilité des lanceurs, pouvait s'en ressentir. La coopération dans les activités spatiales, pour le programme Ariane, réunit, par exemple, de plus nombreux participants que ceux du GI Airbus Industrie, le plus complexe des consortiums de l'aéronautique.

Ici encore, il appartient au consortium Arianespace d'utiliser ce contexte de la coopération spatiale, pour mieux maîtriser l'ordonnancement des processus de production, et pour améliorer la fiabilité, la qualité des lanceurs Ariane.

Les grands projets sont souvent caractérisés par un très grand nombre de tâches. Les programmes de haute technologie des activités spatiales sont en outre complexes : leur ordonnancement est difficile. Au premier abord, on pourrait penser que la coopération internationale ne peut que rendre plus difficile encore l'étude et le traitement de ces ordonnancements. L'expérience du programme Ariane montre, qu'à bien des égards, la coopération européenne contraint à l'utilisation de méthodes plus efficaces de maîtrise de l'ordonnancement. Or, contrôler l'ordonnancement, c'est en grande partie maîtriser la valeur de tels programmes. Les déséconomies d'échelle les plus importantes tiennent souvent dans les projets de haute technologie à la faible maîtrise de l'ordonnancement.

1. LA MAITRISE DU RESEAU PAR LE PERT

La méthode PERT (Program Evaluation and Review Technique) assure la planification du programme ARIANE. PERT est la méthode d'élaboration du plan, de pilotage de l'exécution, d'appréciation de l'atteinte des objectifs.

Dans le cadre contractuel du programme ARIANE, l'analyse de l'organigramme technique permettait d'identifier et d'évaluer les quelques 4 000 lots de travaux du programme ARIANE en son lancement.

Dans la pratique, on considère le système de production comme un réseau. Chaque maillon élémentaire du réseau associe une tâche, une étape, une contrainte. Le réseau est organisé en sous-réseaux et en interfaces. Les informations que l'on obtient sont des dates, des marges, un chemin critique.

L'architecte industriel a un rôle primordial dans l'élaboration du réseau. Le réseau est constitué en sous-réseaux préétablis par chaque contractant et reliés par des interfaces.

Le réseau-système (réseau de l'ensemble du projet) comportait à l'origine 38 000 tâches et contraintes réparties en 85 sous-réseaux ; le temps de calcul sur ordinateur était de 45 minutes. En Avril 1978, on recensait 72 000 tâches et contraintes réparties en 22 sous-réseaux ; le temps de calcul sur ordinateur était de 3 minutes.

Réseau d'ensemble d'ARIANE

Contractant	Nombre des réseaux	Nombre d'activités (tâches et contraintes)
CNES	3	1371
Aérospatiale (architecte industriel)	7	626
Aéros spatiale (étagiste)	34	7821
SEP	3	3682
Matra	6	1344
Air liquide	1	164
ETCA	1	114

Pour l'exploitation du réseau, le programme PMS (Project Management System d'IBM), procédure automatique de gestion du PERT, avait la capacité de traitement en une seule fois du réseau.

2. LE CONTROLE DES TRAVAUX DANS LA PHASE DE DEVELOPPEMENT DU PROGRAMME

On utilise le système PERT pour la planification de l'ensemble des travaux. Avant la passation des contrats, chaque industriel fournit un plan à long terme (PLT) de développement et de financement. Les PLT comprennent :

- l'organigramme technique codifié aux normes imposées,
- une description des travaux et fournitures des lots contractuels,
- toutes les fiches descriptives des lots de travaux à ouvrir au cours de l'année suivante, c'est ce que l'on appelle la "loupe technique",
- le PERT,
- un diagramme de GANTT faisant apparaître les étapes surveillées,
- les données financières suivantes :
 - clauses financières (taux horaires, formules de révision des prix, conditions financières...)
 - ventilation des coûts à l'achèvement suivant un niveau convenu d'avance avec l'organisme technique
 - répartition trimestrielle des coûts à l'achèvement des travaux au niveau des lots contractuels.

Les PLT sont approuvés à l'issue de négociations de contrats, et sont alors la référence de la gestion du projet. L'approbation du CNES est à ce moment nécessaire pour :

- une modification de la décomposition des processus productifs,
- un dépassement du montant prévu d'un lot de travaux à l'achèvement comme à tout moment,
- une modification de la logique du PERT.

Dans certains cas, des contrats ou des lots sont forfaitaires, et la procédure financière est simplifiée.

On pouvait alors construire des échéanciers d'engagement, confirmés à l'industriel concerné chaque 1er Octobre.

On pouvait aussi procéder à des essais de "forfaitisation" des tâches, lorsqu'elles ne comportaient pas trop d'aléas techniques. Ce genre de

tâches représentait tout de même, à la naissance du programme ARIANE, 44 % du montant des contrats, soit 38 % du total du programme en 1974. On peut estimer qu'à l'époque, au maximum 60 % du coût d'un tel programme était "forfaitisable". Dans ce cas précis de coûts forfaitisables, on peut :

- établir des courbes-plafond associées à chaque lot de travaux afin de garantir la bonne "visibilité" du coût au regard des travaux effectués,
- prévoir des méthodes d'intéressement aux performances et aux délais, des primes et pénalités négociables pour les lots contractuels en dépenses contrôlées ou forfaitaires.

Dans l'ensemble, le caractère modulaire des processus productifs, imposé par la coopération européenne, pour la nécessaire répartition des tâches, a contraint le consortium Arianespace à de constants efforts de maîtrise de l'ordonnancement. Bien que la méthode PERT soit classique, son utilisation dans un cadre de coopération a conféré aux consortiums de l'espace une expérience unique en matière de maîtrise de la valeur.

On a compris que si les déséconomies d'échelle provenaient en grande partie de l'insuffisante maîtrise de l'ordonnancement, l'internalisation n'était pas la meilleure méthode de résorption de ces déséconomies. Au contraire, il faut peut-être renoncer à l'internalisation et faire le choix d'une modularité maîtrisée des processus de production. D'ailleurs, le bon sens indique qu'il ne peut y avoir d'ordonnancement sans une séparation du processus de production en tâches et en séquences de tâches. Maîtriser l'ordonnancement d'un projet de haute technologie, complexe, c'est peut-être aussi définir de manière claire la modularité d'un processus productif, après en avoir admis le principe.

Renoncer à la modularité européenne, des processus de production, en lui préférant une concentration outrancière, ce n'était que masquer les difficultés de l'ordonnancement, sans les contourner.

Il est devenu clair par ailleurs que la maîtrise de la modularité des processus productifs, de l'ordonnancement, et donc des coûts et de la valeur, ne pouvait être assurée en dehors d'organisations nouvelles, performantes en la matière : c'est là sans doute une des spécificités du consortium européen en particulier, parmi tous les accords inter-firmes internationaux.

3. LA MAITRISE DE LA QUALITE DANS LA COOPERATION, POUR LE PROGRAMME ARIANE

La maîtrise de la qualité dans la phase de développement du programme ARIANE, est bien entendu un élément essentiel de la maîtrise de la valeur : elle est le pendant de la maîtrise des coûts.

Un plan qualité doit décrire l'ensemble des actions qualitatives que chaque contractant doit soumettre à l'approbation de l'architecte industriel et au CNES. Ces actions concernent les technologies, les activités des bureaux d'études, les approvisionnements, les fabrications, les inspections et épreuves, le matériel spécifique de fabrication, de contrôle, de mesure et d'essai, les non-conformités, les emballages et transports, le suivi du matériel en utilisation.

Des audits peuvent être demandés aux industriels qui participent au programme sur des points particuliers, et en dehors des travaux du "groupe de travail qualité". Ces audits doivent toutefois être déclenchés à titre d'exception, dans le cas d'entorses graves à la qualité.

Dans le programme ARIANE, en phase de développement, la fiabilité est la composante principale de la qualité. Les études de fiabilité consistent en :

- des établissements de blocs diagrammes de fiabilité,
- des études FMECA (études des modes de défaillance, d'analyse de leurs effets et de leur "criticité"), qui sont l'outil principal de gestion de la qualité en phase de conception
- des actions au niveau des choix et approvisionnements en composants,
- un système d'exploitation de fiches de défaillance.

La probabilité de succès était de 0,8 à un taux de confiance de 60 % (1 échec sur 10 lancements : ce qui est comparable à la fusée américaine Thor Delta).

La modularité des processus de production est en fait sans doute un facteur de fiabilité, de qualité. Ici encore, on était tenté de penser que la complexité des processus de production qui en résulte ne pouvait être à l'origine que d'une perte de fiabilité. C'était oublier que la fiabilité résulte souvent par exemple des choix de matériaux, que décomposer un lanceur en segments puis en sous-segments, c'est avant tout permettre de choisir un matériau adapté à la fiabilité de chaque composant. C'était oublier aussi que décomposer un produit, c'est avant tout permettre de retenir pour tel composant telle technologie éprouvée, et pour tel autre composant, une technologie nouvelle, plus performante. D'une manière générale, la coopération européenne contraint les consortiums à une économie de la modularité, qui élargit le domaine des choix technologiques, et renforce la qualité, soit qu'elle permet d'adopter une technologie propre à satisfaire une fonction, soit tout simplement qu'elle permette de choisir une technologie plus fiable.

BIBLIOGRAPHIE

BIZOT Clémentine, "ARIANE propulsée par l'analyse de la valeur.", Sciences et Techniques, n° 15, Mai 1985, page 11.

CHAPMAN R., "Project management in Nasa ;", Washington D.C., Nasa, 1973.

DOCTORS S.I., "The NASA technology transfer programme. An evaluation of the dissemination system.", New-York et Londres, Praeger, 1971, 226 pages.

GRUPE D'ETUDES DES PROBLEMES SOCIOLOGIQUES, ECONOMIQUES ET STRATEGIQUES LIES AUX TECHNIQUES NOUVELLES, "Les modalités nationales et internationales de gestion de la technologie dans le secteur aérospatial.", Paris, SEST, 1979, 324 pages.

JAMES B.G., "Alliance : the new strategic focus.", Long Range Planning, vol. 18, n° 3.

PETITDEMANGE C., "La maîtrise de la valeur, conception, développement, qualité et compétitivité d'un produit.", Paris, AFNOR Gestion, 1985, 536 pages.

PFEIFFER B.R.K., "Die raumfahrprojekte der Europäer : Innovationsschub für viele technologiebereiche (les projets spatiaux des européens : une impulsion d'innovations dans de nombreux domaines technologiques), in "Raumfahrt - technik - forschung." (Navigation spatiale - technique - recherche), Politische Studien, 38 (294), Août 1987, pp. 337-412.