



**HAL**  
open science

# L'adaptation au secteur spatial d'une méthode de gestion prévisionnelle de projets issue de l'ingénierie du BTP

Christophe Belleval

► **To cite this version:**

Christophe Belleval. L'adaptation au secteur spatial d'une méthode de gestion prévisionnelle de projets issue de l'ingénierie du BTP. Normes et Mondialisation, May 2004, Orléans, France. pp.CD-Rom. halshs-00592942

**HAL Id: halshs-00592942**

**<https://shs.hal.science/halshs-00592942>**

Submitted on 13 May 2011

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# ***L'ADAPTATION AU SECTEUR SPATIAL D'UNE METHODE DE GESTION PREVISIONNELLE DE PROJETS ISSUE DE L'INGENIERIE DU BTP***

**Christophe Belleval**  
**BETA (CNRS UMR 7522), Université Louis Pasteur, Strasbourg**

**Correspondance :** 36, avenue Maurice Berteaux  
95240 Cormeilles en Parisis  
belleval@cournot.u-strasbg.fr

## ***Résumé***

*Cette contribution étudie une tentative d'adaptation de pratiques de gestion prévisionnelle de projets d'ingénierie de précontrainte du BTP à un programme spatial scientifique. Une telle démarche s'inscrit dans la problématique plus générale et non résolue de la maîtrise des coûts des grands projets de haute technologie. Le processus décrit se focalise sur la question de l'anticipation des coûts. L'actualisation des budgets constitue selon l'auteur un outil puissant d'anticipation des problèmes et de dialogue entre communautés de pratique développant des technologies hétérogènes.*

## ***Mots clés***

*Gestion prévisionnelle, modélisation, projet, technologie.*

# 1 Introduction

Les grands projets d'Etat, fers de lance de la reconstruction d'après-guerre, ont permis à la France de bâtir son infrastructure, de construire une base pour la recherche fondamentale et appliquée, et de soutenir la création d'un tissu industriel dans l'esprit d'un « Colbertisme Hi-Tech » (Cohen, 1992). Cette volonté politique de hisser la France au premier rang des puissances industrielles a été fortement critiquée dans les années 1980, en raison notamment de l'inadaptation des processus de planification centralisée à « l'économie de variété et d'innovation » (Cohendet, Llerena, 1989) ; selon Cohen (*Ibid.*), ceux-ci constituent un frein à l'adaptation des entreprises aux marchés concurrentiels.

L'innovation dans les domaines méthodologiques et organisationnels s'est largement opérée à partir des programmes militaires et spatiaux (Sapolski, 1972 ; Morris, Hough, 1987). En revanche, dès le début des années 1970, on constate que le relais est pris par l'industrie privée : le secteur du bâtiment et des travaux publics est à cet égard emblématique, poussé par des objectifs d'amélioration de la performance au travers de la gestion du rapport « coût – délai – qualité » (Bobroff, Caro, Divry, Midler, 1993). En effet, sur ce marché, les marges prévisionnelles sont très faibles<sup>1</sup> et les durées d'exécution des projets de plusieurs années. Tout retard se paie en coûts de main d'œuvre et d'immobilisation du matériel. On comprend aisément pourquoi les entreprises concernées ont sans cesse cherché à développer des méthodes et outils de pilotage de leurs processus projet (Lorino, 2001). Dans les années 1990, l'auteur a ainsi pu expérimenter et améliorer un ensemble d'outils de gestion prévisionnelle d'une entreprise française à partir d'un portefeuille de chantiers internationaux conduits en Asie et en Australie.

L'intérêt renouvelé que l'on constate à présent pour ce que l'on nomme les grands projets de haute technologie s'explique par deux facteurs : d'une part en raison des questions liées à la conception de produits et systèmes complexes à financement exclusivement privé, que sont par exemple certains grands logiciels ou réseaux de télécommunication (Hoopes, Postrel, 1999 ; Nightingale, 2000) ; d'autre part les missions de service public de l'Etat nécessitent encore et toujours le développement d'infrastructures (transport, énergie, outils de recherche). De plus, certaines activités ne relèvent que partiellement ou pas du tout d'une logique de marché : c'est le cas notamment du secteur spatial, et plus particulièrement des programmes gérés par les agences telles que la NASA aux Etats-Unis, le CNES en France, et l'Agence Spatiale Européenne.

Des années 1960 aux années 1980, le financement public, initialement très favorable au secteur spatial, s'est stabilisé, puis a lentement entamé une régression au milieu de la dernière décennie. Les techniques de management des projets du secteur sont restées relativement immuables : elles se caractérisent par l'utilisation de techniques

---

<sup>1</sup> Le plus souvent de l'ordre de 2 à 5% en coûts complets avant impôt, selon la pratique de l'auteur.

analytiques de planification, un processus séquentiel et linéaire de conception s'étalant sur des années, voire des décennies, des montants élevés de plusieurs centaines de millions voire plusieurs milliards de d'euros. Des dépassements quasi-systématiques des budgets et délais de réalisation, une finalité quelquefois difficilement justifiée deviennent politiquement inacceptables en ce début de XXIème siècle. Dans cette optique, les agences spatiales ont été amenées à promouvoir des projets au budget et à l'horizon temporel réduits. La NASA a ainsi proposé une philosophie dite « Faster, Better, Cheaper - FBC » destinée à être appliquée à certains programmes scientifiques (McCurdy, 2001). Le CNES en fit de même au milieu des années 1990, en lançant plusieurs programmes, dont celui de la ligne de produits microsattellites « Myriade » (Bouzat, 2002), qui fait l'objet de la présente étude de cas.

Dans le cadre d'une recherche clinique, « interaction instituée entre le chercheur et son terrain d'étude » (Girin, 1981), nous avons traité la question de la gestion prévisionnelle du portefeuille de projets du Programme Myriade<sup>2</sup>. A partir de notre expérience de contrôleur de gestion, et à la demande du chef de la Division Microsatellites, nous avons envisagé l'adaptation des techniques de suivi de projet d'ingénierie de précontrainte (PC) du secteur du bâtiment et travaux publics (BTP) à la problématique posée par Myriade. Nous nous proposons d'en exposer ici les résultats théoriques et expérimentaux, issus d'un cheminement abductif (Koenig, 1993). Après avoir défini ce que nous entendons par grand projet de haute technologie dont les programmes spatiaux sont constitués, nous décrivons les caractéristiques essentielles liées à son pilotage : la complexité de l'objet à créer, et l'incertitude qui caractérise la trajectoire technologique de sa conception. Alors que la problématique de l'anticipation des coûts est depuis longtemps intégrée dans les chantiers du BTP, nous identifions un certain nombre de raisons liées au caractère institutionnel, aux traditions, et à la nature de l'activité, qui avaient jusqu'à récemment relégué la question de la maîtrise des coûts des projets spatiaux à un rang secondaire. Nous montrons ensuite quelle évolution leur paradigme de gestion budgétaire a subi à partir des années 1990: le coût objectif ou « design to cost » est ainsi le propre des programmes FBC aux Etats-Unis, et de Myriade en France. La justification d'une adaptation des méthodes de gestion prévisionnelle des chantiers de PC du BTP vers les projets spatiaux s'appuie sur une analyse comparative des points communs et différences: échéances, innovation technologique et méthodologique, niveaux de complexité, incertitude, effets de série, contraintes sur les coûts de production, marge et trésorerie. Puis nous exposons la proposition pour Myriade d'une méthode de gestion prévisionnelle, tenant compte des convergences constatées plus haut, et du contexte de coût objectif. Enfin, au-delà de la faisabilité, nous discutons la portée de l'utilisation de l'anticipation des coûts comme support de modélisation de la conception de PSC, et de résolution de problèmes liés à la coordination de communautés de pratique hétérogènes.

---

<sup>2</sup> Le contrat de recherche a été financé par le CNES et piloté au sein du BETA (CNRS UMR 7522). Il portait sur la question du management des projets spatiaux de nouvelle génération, et plus spécifiquement sur le programme Myriade. A cette occasion, la Division Microsatellites du Centre Spatial de Toulouse nous a ainsi accueilli pendant trois ans. Cet article se limite à la seule question de la gestion prévisionnelle.

## 2 Caractérisation de l'objet de l'étude : le grand projet de haute technologie

Le grand projet de haute technologie (GPHT) se distingue par les montants investis, les délais de réalisation, et le nombre d'acteurs mobilisés (Bobroff *et al.*, *Ibid.*). Il a pour objet la réalisation d'un produit ou système complexe (PSC). Selon Hobday *et al.* (2000), le PSC<sup>3</sup> est un bien immobilisé quasi prototype, dont le coût de revient est élevé, faisant appel de manière intensive à de la technologie. On trouve notamment dans cette classification des équipements, des systèmes, des réseaux, des unités de contrôle, des logiciels, des progiciels ou des services. Sous-ensemble des immobilisations de haute technologie, les PSC constituent la colonne vertébrale technologique de l'économie moderne. Sont également apparentés à la catégorie des PSC les infrastructures à vocation scientifique (du type CERN ou ITER), ainsi que les systèmes spatiaux ou militaires. Les propriétés des PSC les distinguent fondamentalement des biens de consommation courante selon trois axes (Hobday *et al.*, *Ibid.*) :

- le nombre d'éléments ad - hoc interconnectés de manière hiérarchique, configurés pour un client ou un marché spécifique,
- les propriétés émergentes de l'objet lors de sa conception et de sa réalisation, en raison du nombre élevé d'événements imprévisibles générés par l'ingénierie et l'intégration, qui débordent d'une génération de système à l'autre,
- l'implication directe du client dans le processus émergent, puisque, le fournisseur ne vend pas un produit, mais l'idée qu'il est capable de répondre aux attentes du client ; la formulation des objectifs du projet de conception constitue dans un tel contexte un enjeu capital, puisque le client est partie prenante du processus de conception ; le PSC est ainsi dit téléologique, puisque porteur de sa finalité (Le Moigne, 1999).

Deux caractéristiques fondamentales guident le processus de conception du PSC : la complexité évoquée plus haut (notion qui se situe dans la lignée des travaux de Simon, 1962, et Le Moigne, *Ibid.*), ainsi que l'incertitude de la trajectoire technologique issue des arbitrages ex ante de l'équipe projet. Selon Hatchuel et Weil (1999), le processus de conception d'un produit, dont la nomenclature finale est non prévisible par essence, est le résultat d'allers-retours itératifs entre une base de connaissance et de concepts (cf. Figure 1). L'incertitude relative à cette trajectoire est maximale en début de processus, alors que la connaissance du système est minimale ; corrélativement, la capacité d'action de l'équipe projet est inversement proportionnelle à cette dernière, ainsi que l'explique Midler (1993). De plus, certains facteurs propres aux PSC accentuent l'incertitude (Nightingale, *Ibid.*) : notamment les traditions technologiques, l'environnement technologique souvent hétérogène, et dont les horizons temporels diffèrent (Brusoni, Prencipe, 2001), ainsi que les rigidités organisationnelles. En revanche, comme le souligne Lorino (*Ibid.*), « 80% des coûts du cycle de vie d'un produit sont pré - engagés (prédéterminés par les décisions déjà prises) lorsque la première unité du produit est lancée en production, alors que 80% de ces coûts ne seront effectivement dépensés qu'après cette date » (cf. Figure 2). Le processus de décision au

---

<sup>3</sup> Littéralement Complex Product System – CoPS.

sein du GPHT se doit d'intégrer une réelle capacité d'anticipation et de reconfiguration (Gautier, Giard, 2000). Cet élément constitue l'un des axes directeurs du modèle que nous proposons dans cet article. En conséquence, nous préférons, à l'instar de Le Moigne (*Ibid.*) employer le terme de gestion prévisionnelle plutôt que contrôle de gestion du GPHT.

S'il y a bien un point commun à l'ensemble des GPHT, c'est le non respect chronique de leur cahier des charges (Nightingale, 2000) : performances non conformes aux spécifications initiales, retards importants à la livraison, dépassements quasi-systématiques des budgets. A cela, on peut invoquer plusieurs raisons. La première est le caractère secondaire des questions de calendrier et de coûts, qui sont souvent considérées comme des variables d'ajustement au regard des spécifications techniques : c'est le cas notamment lorsque celles-ci ne que marginalement amendables, et que la question de la rentabilité de l'investissement ne se pose pas (notamment pour les projets scientifiques et militaires de grande envergure). L'activité spatiale, où le marché est le plus souvent une variable secondaire en est l'illustration : on peut même qualifier un tel tropisme de tradition. Deuxièmement, le désir de voir aboutir la décision de lancement d'un projet amène souvent leurs promoteurs à sous-estimer volontairement les budgets et délais ; selon Engwall (2002), une certaine forme de cynisme est la règle pour vendre de tels projets : il en est en effet extrêmement difficile de les arrêter en cours de réalisation, sous peine de se déjuger publiquement. De plus, les coûts engagés sont incompréhensibles et diminuent d'autant plus l'intérêt d'une telle décision qu'ils représentent une part importante du budget révisé. Nous aborderons cette question centrale ultérieurement. Enfin, puisque l'objet se construit au fur et à mesure du processus de conception, le cahier des charges est susceptible d'évoluer ; la question devient alors : quel référentiel adopter ?

Figure 1 : du concept au système.

Implication des acteurs projet

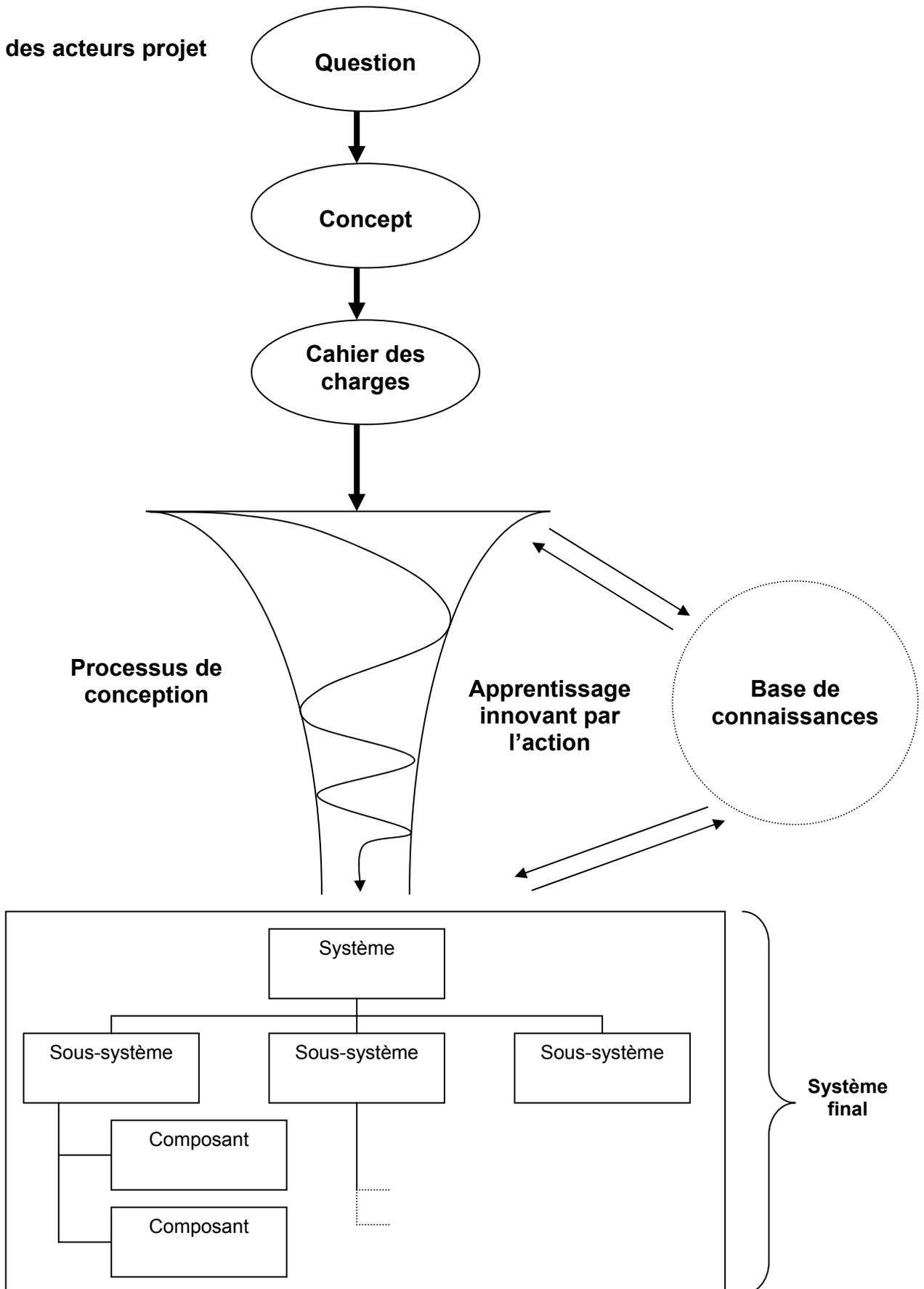
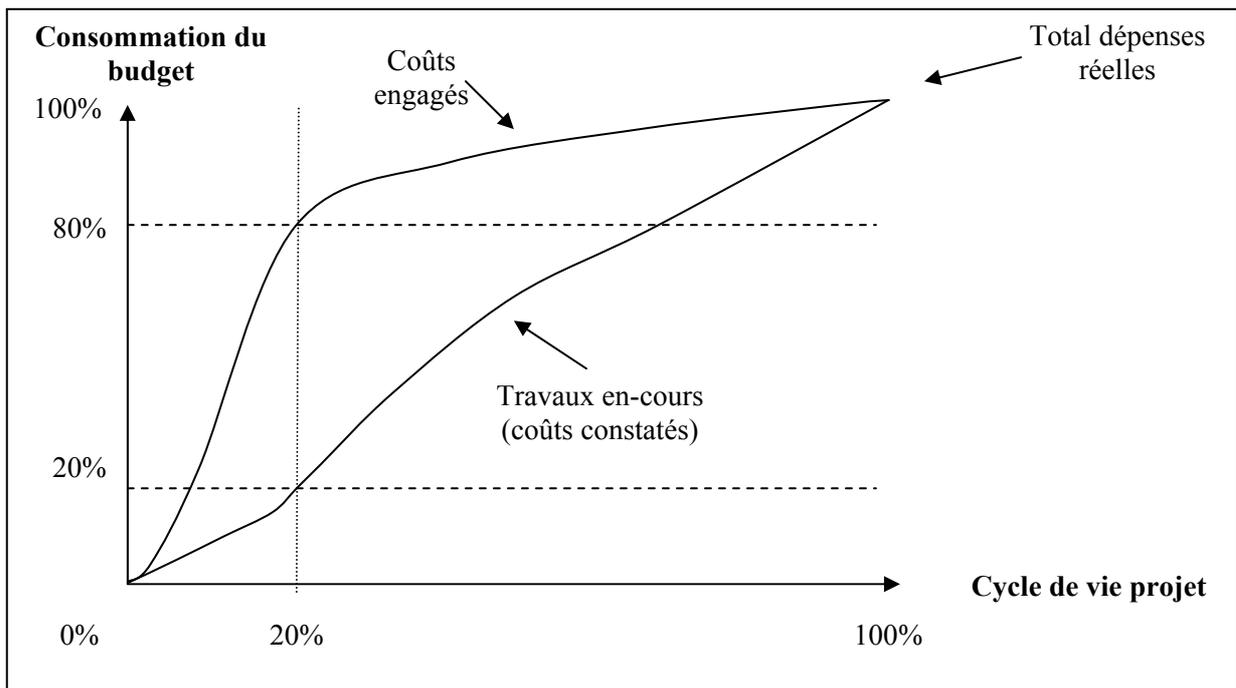
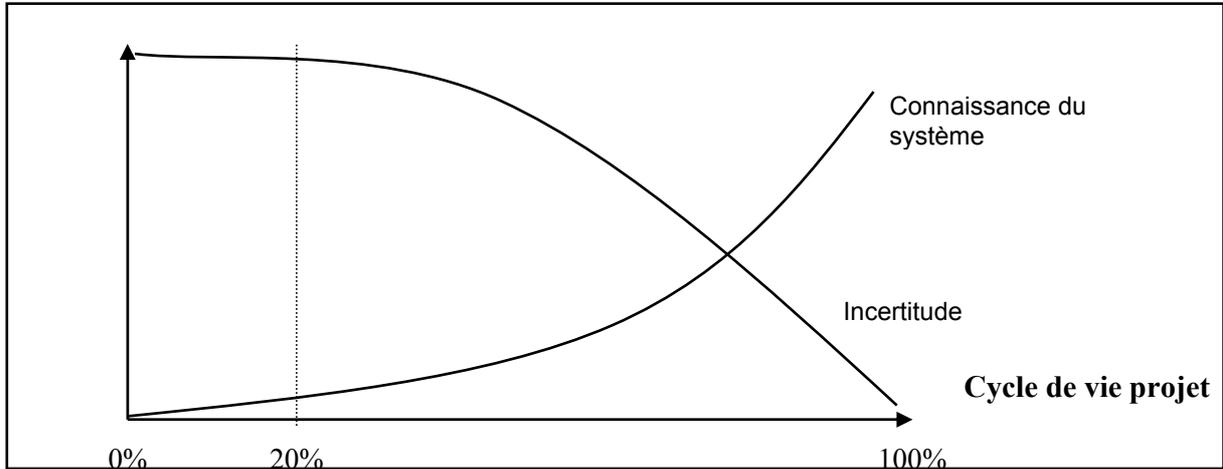


Figure 2 : Le dilemme du chef de projet – la décision dans un environnement incertain



### **3 Les programmes spatiaux, portefeuilles de grands projets de haute technologie**

Les systèmes spatiaux que nous étudions ici sont composés d'une part d'un segment placé en orbite ou en trajectoire d'échappement par un lanceur (la plupart du temps consommable), d'autre part du segment sol (station relais, contrôle à distance, traitement des données émises et reçues). Les deux segments sont composés d'un volet matériel et de logiciels. On distingue généralement pour un satellite ou une sonde les éléments liés à la charge utile (que sont les instruments réalisant les expérimentations, dans le cadre d'une mission scientifique, ou les relais dans le cas d'un satellite de télécommunication), et les sous-systèmes du vaisseau spatial (principalement la plateforme, le système de contrôle d'attitude et d'orbite, la mécanique et le câblage, l'alimentation et le stockage d'énergie, la propulsion). Seuls les éléments liés aux logiciels embarqués ainsi que ceux du segment sol peuvent généralement faire l'objet d'une maintenance. Les programmes spatiaux sont ainsi constitués d'un portefeuille de GPHT dont l'objet est de produire des systèmes correspondant à la définition des PSC : ce sont des systèmes quasi-uniqes (c'est le cas en particulier des missions scientifiques ou des démonstrateurs technologiques), dont le budget varie de plusieurs millions à plusieurs milliards d'euros, et le temps de réalisation de cinq à trente ans. Les motivations essentiellement politiques, les contraintes extrêmes liées à l'environnement spatial, l'absence de marchés auto-financés, et le rôle central des agences spatiales dans le processus innovant (Belleval, 2002) s'ajoutent à la complexité inhérente de ce type de projets, et créent un haut niveau d'incertitude quant aux chances de succès des systèmes les plus innovants.

### **4 Le terrain d'étude : Myriade, programme de microsattelites du CNES**

Myriade trouve son origine dans la volonté du CNES, Agence Française de l'Espace, d'appliquer les préceptes « Faster, Better, Cheaper » tels qu'ils ont été promus à la NASA. Le cahier des charges initial (CNES, 1998) prévoit la mise à poste de deux satellites par an d'une masse comprise entre 100 et 150 kgs. Parmi les objectifs assignés, on note la volonté de proposer à la communauté scientifique un nouveau mode d'accès à l'espace, de tester un ensemble de nouvelles technologies et de méthodes de pilotage de projet, dans un contexte où ce dernier type d'innovation est peu fréquent (on peut du reste expliquer ce conservatisme justement par les caractéristiques de temps de réalisation, de budget et de vulnérabilité de ces systèmes). Myriade possède toutes les caractéristiques d'un portefeuille de grands projets de haute technologie si ce n'est le budget investi relativement faible (de l'ordre de 15 millions d'euros par satellite), et les temps de conception considérablement réduits par rapport aux programmes spatiaux « classiques » (trois à cinq ans). Les systèmes constituant la ligne de produits sont complexes, ils possèdent des caractéristiques émergentes générant un haut niveau d'incertitude. La relation avec le client est directe. Chaque satellite, bien qu'utilisant

certaines éléments communs propres à la ligne de produits, est un système unique destiné à un client (issu essentiellement de la communauté scientifique) qui participe avec le maître d'ouvrage (le CNES) et le maître d'œuvre (le CNES ou une entreprise du secteur) à sa conception (Belleval, *Ibid.* ; Bouzat, *Ibid.*). Agissant sur l'ensemble des processus amonts et avals du CNES, Myriade correspond par ailleurs à la définition du processus stratégique (Barney, 1991). Participant aux travaux de mise en place du Programme, il nous a été demandé de proposer une méthode de gestion prévisionnelle des projets apparentés à Myriade. Nous en décrivons à présent le contenu, dont le principe s'appuie sur le transfert et l'adaptation d'un savoir-faire de gestion prévisionnelle issu du BTP.

## **5 Points communs et différences entre les grands chantiers du BTP et les programmes spatiaux**

Il nous paraît essentiel de comprendre les points communs entre les projets spatiaux et ceux issus de l'ingénierie PC du BTP<sup>4</sup>, afin d'identifier au sein des méthodes de gestion prévisionnelle de ce dernier ce qui est transférable et ce qui ne l'est pas. Nous avons choisi de comparer les éléments suivants : la constitution des budgets, des coûts de production et la gestion de trésorerie, l'innovation technologique et méthodologique, les effets de série, la complexité et l'incertitude relatives à la conception des systèmes et de l'environnement. Le Tableau 1 résume cette analyse en détaillant les particularités de Myriade. Les points communs identifiés sont les suivants. En premier lieu, l'unicité de chacun des systèmes conçus, même si l'on retrouve un ensemble récurrent de principes de base dans l'architecture système. La durée est dans les deux cas de plusieurs années ; plus particulièrement, celle des projets Myriade s'apparente à celle des chantiers de PC du BTP (deux à cinq ans). Dans les deux domaines, on note une réelle complexité architecturale, en raison notamment du nombre d'éléments constituant chaque système. Au chapitre des différences notables, l'innovation concernant les composants et sous-systèmes est faible dans la PC, alors qu'elle s'avère nécessaire dans le cas des projets spatiaux (bien que restreinte par les contraintes de l'environnement physique, la vulnérabilité des systèmes, et la quasi-absence de possibilité de maintenance) ; de ce fait, il existe des effets de série au niveau des composants et sous-systèmes dans la PC, alors que ceux-ci sont faibles, limités à certains sous-systèmes, voire inexistantes lors de la mise en œuvre de missions spatiales scientifiques ou technologiques. La méthodologie a évolué de manière incrémentale dans le BTP sous la contrainte concurrentielle et pratiquement pas durant les trente dernières années pour les grands projets spatiaux ; en revanche, elle a récemment fait l'objet d'expérimentation dans le cadre des programmes « Faster, Better, Cheaper » et durant la mise en œuvre de Myriade. La nature et le degré de l'incertitude diffèrent radicalement : elle est faible au niveau architectural dans le BTP et forte pour les systèmes spatiaux, facteur se répercutant sur la maîtrise des coûts. L'environnement physique spatial est extrême et peu maîtrisé, ce qui n'est évidemment pas le cas pour le BTP. Bien que pour les deux secteurs, le nombre de partenaires projet soit le plus souvent relativement élevé, l'environnement des projets spatiaux est nettement plus aléatoire, de par la nature

---

<sup>4</sup> Les entreprises de PC sont des sous-traitants fournisseurs de sous-systèmes des maîtres d'œuvre du BTP.

politique de l'activité, et la fréquente remise en cause des budgets : un étalement des dépenses allouées a un effet considérable sur le coût total d'un tel projet (on le constate par ailleurs pour les programmes militaires). Les contraintes budgétaires diffèrent de nature : le BTP est un métier non capitalistique, où chaque chantier est financé par le client<sup>5</sup>. Non seulement la marge prévisionnelle (souvent faible) est une variable de suivi capitale, mais le suivi de trésorerie est un outil central : l'avancement du processus projet doit être financé par les acomptes et les recettes intermédiaires de sous-systèmes, telles que prévues dans le contrat. Il n'en est pas de même pour les projets spatiaux des agences. La question de la marge ne se pose pas, en l'absence de prix de vente. De ce fait, un suivi portant seulement sur les coûts de production est logique, alors que dans le BTP, le calcul de la marge se fait généralement en coûts complets : un portefeuille de chantiers nécessite une organisation basée projet (« Project Based Organization » - Hobday, 2000). La trésorerie est gérée globalement par les agences spatiales ; la comparaison entre avancement du processus projet et paiements n'est pas pertinente pour un programme d'agence spatiale.

Une différence essentielle de notre point de vue est l'efficacité de la performance du suivi des coûts. Elle est vitale pour le BTP, pour les raisons évoquées plus haut. Non seulement cela n'a jusqu'à présent pas été le cas pour le secteur spatial (Lebeau, 1998 ; McCurdy, *Ibid.*), mais le non respect des budgets et délais est une caractéristique récurrente des GPHT<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> Les budgets des projets d'ingénierie de PC du BTP sont essentiellement constitués de coûts de bureaux d'études, d'ingénierie, de fabrication des composants de PC, et de la main d'œuvre pour leur installation. A la différence des chantiers du BTP, on n'y trouve peu ou pas les postes majeurs que sont le béton et la main d'œuvre de chantier.

<sup>6</sup> Voir notamment Nightingale (*Ibid.*) pour un florilège en ce domaine.

Tableau 1 : caractéristiques comparées des projets d'ingénierie de précontrainte du BTP et du secteur spatial public

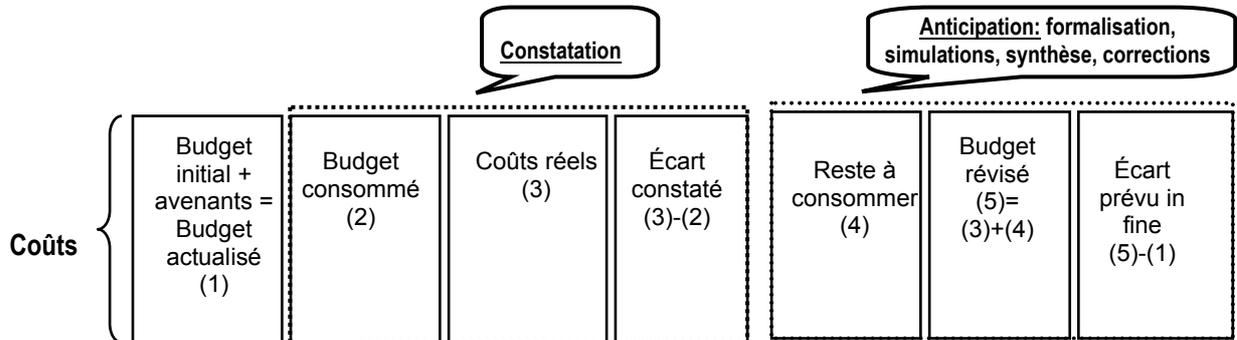
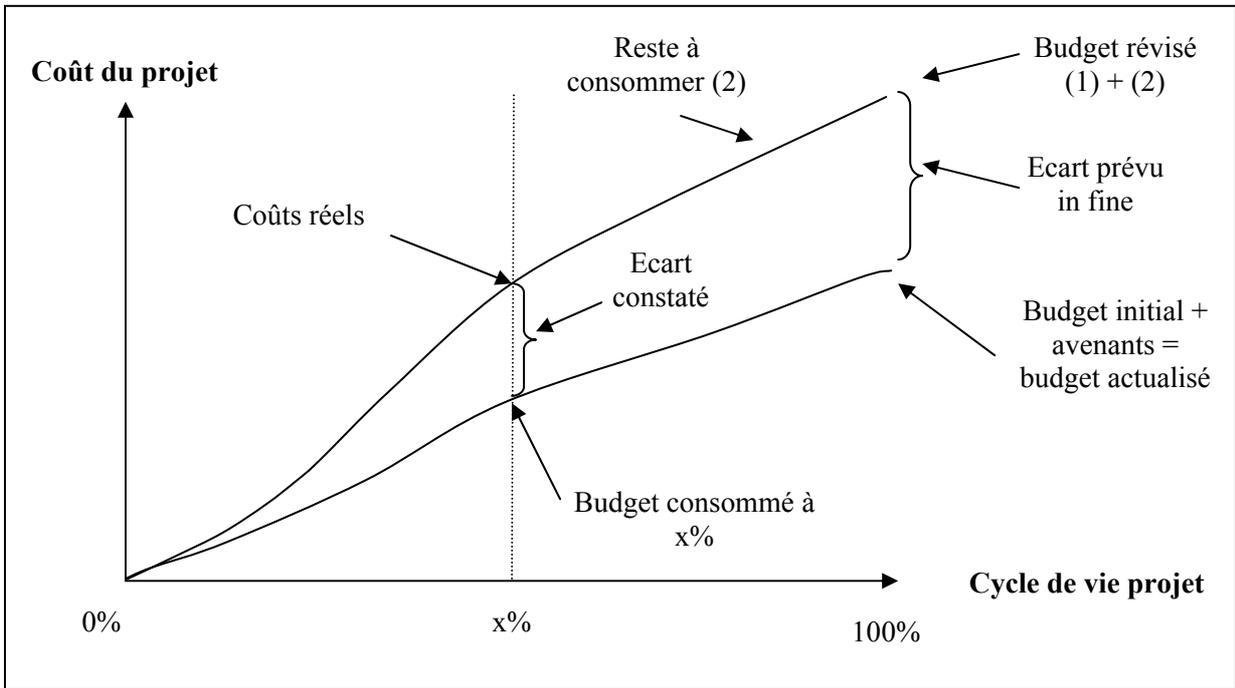
		Ingénierie PC du BTP	Secteur spatial public	Myriade	
<b>Durée</b>		1 à 5 ans	5 à 30 ans	2 à 5 ans	
<b>Budget</b>		Millions à dizaines de millions d'euros	Millions à milliards d'euros	15 M€ par satellite + invt initial programme 31,7M€	
<b>Effets de série</b>	<b>sur composants et sous-systèmes</b>	significatif	faible	faible	
	<b>sur l'architecture</b>	moyen	faible à quasi-nul	faible	
<b>Innovation liée</b>	<b>aux composants</b>	incrémentale	Incrémentale à radicale		
	<b>aux sous-systèmes</b>		Incrémentale à radicale		
	<b>à l'architecture</b>		Incrémentale à radicale	radicale	
	<b>méthodologique</b>	incrémentale		radicale	
<b>Complexité</b>	<b>du système</b>	moyenne à élevée	élevée	élevée	
	<b>de l'organisation</b>	moyenne à élevée	moyenne à élevée	élevée	
	<b>du savoir lié à / aux</b>	<b>composants et sous-systèmes</b>	moyenne	élevée	élevée
		<b>l'architecture</b>	élevée	élevée	élevée
<b>Incertitude liée à/aux</b>	<b>l'architecture système</b>	moyenne	moyenne à élevée		
	<b>coûts</b>	faible à moyenne	moyenne à élevée		
	<b>l'environnement (partenaires projet)</b>	faible à moyenne	moyenne à élevée		
	<b>l'environnement physique</b>	faible	moyenne à élevée		
<b>Contraintes budgétaires sur</b>	<b>coûts de production</b>	très forte (cf. marge)	faible à moyenne	forte	
	<b>marge bénéficiaire</b>	très forte	non applicable		
	<b>trésorerie</b>	très forte	liée à la gestion de trésorerie des agences spatiales		
<b>Précision de la gestion prévisionnelle des coûts</b>		Excellente (pré requis indispensable)	aléatoire	à adapter aux contraintes du « coût objectif »	

La gestion prévisionnelle des chantiers de PC du BTP et celle que nous avons proposée pour Myriade, ont en commun de mettre l'accent sur l'anticipation de la constitution des coûts de production : le BTP, de par l'étroitesse de la « fenêtre de tir » combinée à un horizon temporel pluriannuel ; les projets spatiaux, et Myriade en particulier, en raison de l'incertitude liée à la trajectoire technologique, et de l'importance des décisions irréversibles du début de cycle, qui structurent très en amont la conception du système.

## **6 Un modèle de gestion prévisionnelle de projets spatiaux**

Le modèle que nous développons s'appuie sur cinq variables de suivi : le budget initial actualisé par les avenants, la consommation de ce budget, la comparaison avec les dépenses réellement constatées, et l'estimation du reste à consommer, qui permet de calculer le budget révisé. La capacité d'anticipation dépend directement du processus de calcul du budget révisé, mais celui-ci doit s'appuyer sur l'analyse des écarts constatés (cf. Figure 3).

Figure 3 : Principes proposés pour la gestion prévisionnelle des projets Myriade



Le budget initial est calculé à partir d'une nomenclature de fonctions (dans le cas de satellites Myriade : électromécanique, énergie, contrôle d'attitude et d'orbite, télécommunications, charge utile, lancement, traitement des données) et non pas de la nomenclature finale du système, puisqu'elle est ignorée à ce stade. Dans la rubrique services, on trouve l'assurance qualité, l'intégration du satellite, ainsi que l'appel à diverses expertises directement liées au projet. Ce budget initial ne peut être actualisé qu'en cas de mise à jour du cahier des charges, à l'exclusion de toute dérive de coût. Au-delà de la question de la pertinence de la nomenclature initiale utilisée, l'un des problèmes centraux relatifs à la constitution des budgets de GPHT est le calcul des aléas. D'une manière générale, l'auteur a constaté que peu de projets intégraient une telle dimension. Dans certains cas, les acteurs prennent implicitement en compte une surévaluation des différents postes ; rarement de manière formalisée. Cet aspect est fondamental lorsque l'on traite de grands chantiers internationaux s'étalant sur plusieurs années. Il existe un certain nombre de rubriques constituant ce que l'on appelle les aléas identifiés (notamment taux de change, variation du prix des matières premières, retards probables et impacts sur coûts de main d'œuvre et location d'équipements) qu'il convient d'explicitier. D'autres ne le sont pas et font l'objet d'une estimation globale (souvent en pourcentage des coûts identifiés). Les méthodes varient mais intègrent généralement les aspects liés à l'innovation, la courbe d'expérience et les effets de série. Rappelons que dans le cas des GPHT et des programmes spatiaux en particulier, la combinaison de ces trois facteurs est particulièrement défavorable. Les budgets des projets spatiaux scientifiques devraient donc intégrer un pourcentage d'aléas non identifiés élevé. Problème : les arbitrages budgétaires jouent souvent sur cette variable, qui, pour des raisons politiques ne peut alors dépasser quelques pourcents si jamais elle survit. Ne pas intégrer dans un budget suffisamment d'aléas est alors irrattrapable. Ainsi, en 2001, on constatait une dérive de 50% des coûts liés au développement de la ligne de produits Myriade : le budget initial (CNES, *Ibid.*) avait été calculé sans tenir compte de possibles frictions, tels que les problèmes d'adaptation de l'organisation à un processus novateur<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Notre intervention, postérieure à l'élaboration du budget de Myriade, ne nous a pas permis de proposer un calcul de tels aléas.

La consommation de ce budget est suivie selon une convention initiale (telle fonction recettée =  $x\%$  de budget consommé) qui inclut les travaux en-cours. Il s'agit ici de refléter l'avancement réel du processus de conception du système. Le calcul des dépenses réelles s'appuie sur la comptabilité analytique, en intégrant les corrections liées à l'avancement physique du projet (notamment les engagements non comptabilisés déjà intégrés dans le processus, la correction liée au stock spécifique projet) ; ce retraitement doit être cohérent avec le calcul de consommation du budget, puisque l'on souhaite calculer un écart constaté à un instant donné. Ce calcul n'est finalement qu'un point de départ pour la gestion prévisionnelle, l'essentiel résidant dans l'estimation du reste à consommer, i.e. : du processus nécessaire pour compléter la conception du système. En effet, se contenter de projeter l'écart constaté in fine reviendrait à assumer l'hypothèse que le processus à compléter est parfaitement linéaire ; bien évidemment, il n'en est rien, quelque soit le secteur étudié. Il est cependant important de préciser ce point, l'auteur ayant souvent constaté qu'en pratique, le calcul du reste à consommer s'effectuait à partir de l'addition : budget révisé = budget actualisé + écart constaté. Par ailleurs, la capacité d'action de l'équipe projet ne porte que sur le reste à consommer. Le calcul de ce dernier doit être formalisé, et implique autant le contrôleur de gestion que l'équipe projet en elle-même : les évaluations s'effectuent à partir de scénarios techniques qui répondent à la question : « à ce stade, de quoi a-t-on réellement besoin pour terminer le projet ? ». La définition des besoins restants implique un dialogue entre les experts d'horizon technologiques différents sous la houlette du chef de projet ; elle aboutit à une simulation qui fait le plus souvent apparaître des écarts de nature différente de ceux constatés. Si ces écarts aboutissent à un budget révisé inacceptable (dépassant le plafond autorisé dans le cas d'un projet « design-to-cost »), ils reflètent des problèmes sous-jacents qui n'ont pas nécessairement été exprimés. Le chef de projet ne peut se contenter de les entériner. Un ensemble de simulation sont alors effectuées, et des actions correctives envisagées, afin de parvenir à une proposition acceptable. Un tel processus doit être organisé au début du projet : il s'agit d'en définir la périodicité, les revues critiques de développement (à la recette de certains sous-systèmes notamment), et le mode opératoire (liste de participants incluant des experts extérieurs au projet, travail à fournir). Le rôle du contrôleur de gestion projet consiste à animer un tel débat, construire les hypothèses de budget révisé à partir des propositions techniques : il doit donc poser les bonnes questions, et à ce titre posséder une connaissance suffisamment large des diverses disciplines mobilisées. Dans le cadre de GPHT, il ne peut s'agir que d'une personne hautement qualifiée, qui maîtrise autant les spécificités du processus de conception que les techniques de gestion prévisionnelle.

## **7 Discussion**

La mise en place d'une telle méthode de gestion prévisionnelle suscite deux types de questions : d'une part concernant son impact sur la maîtrise des coûts de tels projets, d'autre part son utilisation comme outil de modélisation, d'interaction entre communautés de pratique, d'anticipation et de résolution des problèmes.

La capacité à maîtriser les coûts, comme nous l'avons auparavant expliqué, dépend de la pertinence des processus de révision budgétaire. Le budget révisé inclut en effet le reste à consommer qui doit faire l'objet d'une évaluation la plus exacte possible. Dans le cadre des chantiers de PC du BTP auxquels nous avons participé, il a fallu impliquer les chefs de projet et les motiver à la réalisation d'un tel exercice par nature contraignant. Deux aspects conditionnent leur réponse : l'utilité d'une telle démarche, que l'on vérifie par la pratique, et la sanction. D'où l'importance du facteur confiance : un chef de projet peut être tenté de masquer les dérives de coût en étalant les écarts à chaque point d'avancement s'il y perçoit un intérêt, ou en redoute les conséquences. On peut cependant assez facilement détecter ce type de problème au travers de deux symptômes : un différentiel constant en pourcentage entre écart constaté et budget révisé, qui démontre que le reste à consommer n'est pas actualisé, ou l'apparition d'écarts systématiquement croissants. Les projets spatiaux de type station spatiale internationale, ou la navette spatiale répondent au deuxième cas de figure. Projets largement sous-estimés au départ, les ajustements ont été systématiquement revus à la hausse durant tout leur cycle de vie, y compris l'exploitation. Personne n'a osé les annuler, et force est de constater que la « stratégie » de dilution des surcoûts est dans un tel cas de figure payante. L'introduction dans certains cas du « design-to-cost » dans les années 1990 a cependant été vécue comme une révolution, la NASA ayant annulé certains projets en cours non maîtrisés. A l'opposé, certains programmes « design-to-cost » menés à terme tels que Mars 98 ont été des échecs complets, notamment en raison de l'édiction de plafonds budgétaires trop bas, incompatibles avec le degré de complexité des systèmes mis en œuvre (Belleval, *Ibid.*). Confronté à un problème similaire avec Myriade, le CNES a préféré retarder l'échéancier, et étaler le calendrier d'exécution des missions : le programme est maintenu, le budget annuel reste plus ou moins le même, mais le coût unitaire de chaque système n'a plus rien à voir avec le budget initial. En définitive, l'une des questions cruciales consiste en la définition de budgets plafonds laissant suffisamment de marge pour la résolution du problème tel qu'il est stipulé dans le cahier des charges.

Le processus de révision budgétaire peut de même constituer une plate-forme de modélisation du système complexe en cours de conception<sup>8</sup>. Le calcul du reste à consommer, s'il est fait sérieusement, oblige à mettre à plat l'ensemble des problèmes en cours. Un effort d'explicitation est donc demandé aux acteurs projets. Cela implique que ceux-ci construisent un dialogue, y compris entre communautés de pratique ayant des traditions technologiques, des préoccupations et des horizons temporels hétérogènes, comme c'est toujours le cas au sein des GPHT (Brusoni, Prencipe, 2001). La mise en place d'une telle dynamique ne peut se faire que dans un climat de confiance, que le système d'incitation-sanction de l'organisation conditionne en grande partie. Ce dialogue est tourné à la fois vers l'identification et la solution des problèmes existants, puis l'anticipation et la résolution de difficultés potentielles souvent non explicitées au départ. La méthode ayant montré son efficacité opérationnelle pour les projets d'ingénierie de PC du BTP, nous avons émis l'hypothèse qu'un tel processus est

---

<sup>8</sup> « Modélisation - Action d'élaboration et de construction intentionnelle, par composition de symboles, de modèles susceptibles de rendre intelligible un phénomène perçu complexe, et d'amplifier le raisonnement de l'acteur projetant une intervention délibérée au sein du phénomène : raisonnement visant notamment à anticiper les conséquences de ces projets d'actions possibles » (Le Moigne, *Ibid.*).

transposable à des programmes spatiaux. La pratique sur le long terme devrait valider ou non cette approche.

## 8 Conclusion

Cette contribution montre l'intérêt de l'adaptation de certaines pratiques de gestion prévisionnelle des projets d'ingénierie PC du BTP aux projets de nouvelle génération « design-to-cost » du secteur spatial tels que Myriade, et plus généralement aux GPHT sur lesquels existe une forte contrainte de coûts. On peut cependant se demander si l'édiction de budgets plafonds est véritablement praticable pour les GPHT, ou si ces derniers constituent seulement une référence de travail sans véritable enjeu sur les décisions à prendre quant au sort à réserver aux projets en cours. Dans le secteur public, même si les pressions budgétaires ne font qu'augmenter, il n'existe pas de lien direct entre celles-ci et le devenir des projets. En effet, lorsqu'un portefeuille de projets en cours ne peut plus être financé complètement, en raison notamment de dépassements récurrents, plutôt que d'en annuler certains, le réflexe consiste à les délayer dans le temps (comme c'est souvent le cas par exemple dans l'armement), et donc à en augmenter les coûts. Il n'existe pas de véritable motivation à respecter les budgets issus du cahier des charges (qui sont presque toujours volontairement sous-estimés), comme nous l'ont expliqué plusieurs intervenants, dont la carrière ne dépend d'ailleurs pas de ces paramètres. A contrario, dans le BTP, il est relativement facile d'expliquer aux acteurs projets l'intérêt de l'anticipation et la résolution des problèmes, en raison des contraintes fortes du marché, qui pèsent directement sur la viabilité de l'organisation. Nous sommes donc en présence d'une véritable contradiction entre les pressions budgétaires que subit le secteur public, les exigences de rentabilité du secteur privé d'une part, et l'accroissement constant de la complexité des systèmes conçus dans le cadre de GPHT, qui vont à l'encontre d'une maîtrise du cahier des charges. De ce fait, ce dernier est le plus souvent amené à évoluer au fur et à mesure du processus de conception. Si le référentiel contenu-budget-calendrier n'est pas fixe, comment alors juger du succès ou de l'échec d'un projet ?

En revanche, l'un des apports essentiels que révèle la pratique d'un tel exercice est le rôle de plate-forme de coordination et de résolution de problèmes que constitue la gestion prévisionnelle. Celle-ci agit comme support de modélisation d'un système complexe, selon le sens donné à ce terme par Le Moigne (*Ibid.*). Maîtriser un tel processus est un axe majeur de recherche, auquel la gestion prévisionnelle peut apporter une contribution significative, notamment en élargissant une telle démarche à d'autres grands projets de haute technologie.

## Bibliographie

BAIER V.E., MARCH J.G., SAETREN H. (1986), "Implementation and Ambiguity", *Scandinavian Journal of management Studies*, 2(3-4), 197-212.

BARNEY J.B. (1991), "Firm Resources and Sustained Competitive Advantage", *Journal of Management*, 17(1), 99-120.

BELLEVAL C. (2002), «Faster Conception of Radically Innovative Systems: the Strategic and Organizational Challenge for Space Agencies», *The Journal of Space Policy* vol. 18 n°3, p.215-219.

BOBROFF J., CARO C., DIVRY C., MIDLER C. (1993), « Les Formes d'Organisation des Projets », in (GIARD, MIDLER et al., 1993).

BOUZAT C. (2002), «Myriade, the CNES Micro-Satellite Product Line for Science and Innovation», in Rycroft, Crosby (Eds), *Smaller Satellites: Bigger Business? Concepts, Applications and Markets for Micro/Nanosatellites in a New Information World*, Kluwer Academic Publishers.

BRUSONI S., PRENCIPE A., PAVITT K. (2001), «Knowledge Specialization, Organizational Coupling, and the Boundaries of the Firm: Why do Firms Know More than they Make? », *Administrative Science Quarterly* vol 46 n°4, p.597-621.

COHEN E. (1992), « Le Colbertisme « High Tech », *Economie des Télécom et du Grand Projet* », Pluriel Enquête.

COHENDET P., LLERENA P. (1989), *Flexibilité, Information et Décision*, Economica.

CNES, 1998, *Dossier de Programme Missions Microsatellites*, document interne.

ENGWALL M. (2002), "The Futile Dream of the Perfect Goal", in (K. Sahlin-Anderson, A. Söderholm Editors), *Beyond Project Management . New Perspective on the Temporary – Permanent Dilemma*, Liber Abstrakt Copenhagen Business School Press.

GAUTIER F., GIARD V. (2000), «Vers une meilleure maîtrise des coûts engagés sur le cycle de vie, lors de la conception de produits nouveaux», *Comptabilité, Contrôle, Audit*, tome VI, Vol. 2, p. 43-75.

GIARD V., MIDLER C.(sous la direction de) (1993), *Pilotage de Projet et Entreprises – Diversités et Convergences – ECOSIP*, Gestion, Economica.

GIRIN, 1981, « Quel paradigme pour la Recherche en Gestion », *Economies et Sociétés, série Sciences de gestion* num. 2, vol XV, num. 10-11-12.

- HATCHUEL A., WEIL B. (1999), « Pour une Théorie Unifiée de la Conception. Axiomatiques et Processus Collectifs », in *Projet GIS Cognition*, CNRS, mars.
- HOBDAY M. (2000), «The Project-Based Organisation: an Ideal Form for Managing Complex Products and Systems ? », *Research Policy*, vol. 29, p.871-893 ,.
- HOBDAY M., RUSH H., TIDD J. (2000), «Innovation in Complex Products and Systems», *Research Policy*, vol. 29, July.
- HOOPES G.H., POSTREL S. (1999), “Shared Knowledge, « Glitches », and Product Development Performance”, *Strategic Management Journal*, 20 : 837-865.
- KOENIG G. (1993), « Production de la Connaissance et Constitution des Pratiques Organisationnelles », *Revue de Gestion des Ressources Humaines*, n° 9, p. 4-17, novembre.
- LARSON W.J., WERTZ J.R. (1996), *Reducing Space Mission Cost*, Microcosm Press and Kluwer Academic Publishers.
- LEBEAU A. (1998), *L'Espace - Les Enjeux et les Mythes*, Hachette.
- LE MOIGNE JL. (1999), *La Modélisation des Systèmes Complexes*, Dunod,.
- LORINO P. (2001), *Méthodes et Pratiques de la Performance – Le Pilotage par les Processus et les Compétences*, Editions d’Organisation.
- MCCURDY H.E. (2001), *Faster Better Cheaper – Low Cost Innovation in the U.S. Space Program*, The John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.
- MIDLER C. (1993), « L’Acteur Projet : Situations, Missions, Moyens », in (GIARD, MIDLER et al., 1993).
- MORRIS, HOUGH (1987), *The Anatomy of Major Projects – A Study of the Reality of Project Management*, Wiley.
- NIGHTINGALE P. (2000), «The Product-Process-Organisation Relationship in Complex Development Projects», *Research Policy* vol.29, p. 913-930,.

SIMON H.A. (1962), "The Architecture of Complexity", *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 106, pp. 467-482.

SAPOLSKI H.M. (1972), *The Polaris System Development: Bureaucratic and Programmatic Success in Government*, Harvard University Press, Cambridge, MA.

WILLIAMSON O.E. (1989), "Transaction Cost Economics", in R. SCHMALENSEE et R.D. WILLIG (éd), *Handbook of Industrial Organization, vol 1*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.