

Le contrôle de gestion des projets :

Estimation, coûtérence et
analyse des risques

1. Des caractéristiques des projets au contrôle de gestion des projets

- 1.1. Nature et caractéristiques des projets
- 1.2. Des caractéristiques des projets au processus de contrôle de gestion des projets

2. L'initialisation du projet

- 2.1. Méthodes d'estimation des coûts d'un projet
- 2.2. Critères de rentabilité économique d'un projet

3. Planification et budgétisation du projet

- 3.1. Le contenu technique du projet : l'organigramme technique ou W.B.S et planning du projet
- 3.2. De l'ordonnancement au budget du projet
- 3.3. Dimensions organisationnelles du budget
- 3.4. Principaux risques encourus en phase de planification du projet

4. Le suivi des coûts du projet au cours de son exécution

- 4.1. Le budget à date, synthèse des données de référence
- 4.2. L'analyse de l'exécution du projet
- 4.3. La détermination des écarts

5. La détermination du coût final prévisionnel du projet

- 5.1. La réestimation des consommations de ressources nécessaires
- 5.2. L'analyse des dépassements et la mise en œuvre des mesures correctives

6. En guise de conclusion

Annexe : les processus du management de projet selon le PMI

Le domaine du management de projet dans les organisations actuelles s'étend. Qu'il s'agisse de concevoir et fabriquer un produit nouveau, de réaliser un investissement industriel ou d'équiper l'entreprise d'un nouveau système d'information, le dénomination « projet » est souvent utilisée. Or, ces différents projets menés par les entreprises ne sont pertinents que s'ils permettent à l'entreprise d'améliorer ses résultats économiques.

La manière de désigner la maîtrise des résultats économiques d'un projet a évolué au cours du temps : on a d'abord parlé de « cost control » dont l'objectif est de maîtriser les coûts d'un projet et qui a été traduit en français par le terme « coûténance ». Cependant, cette approche est dominée par la vision de contrats forfaitaires dans laquelle les objectifs du projet et les hypothèses de départ ont été cernées.

Le terme de « contrôle de gestion » des projets est plus large. En effet, il prend en compte les objectifs stratégiques assignés au projet et la traduction de ses objectifs en décisions opérationnelles et quotidiennes prises par les acteurs du projet. Il ne s'agit plus seulement de contrôler des coûts mais de s'assurer de l'adéquation de ce qui est réalisé au cours du projet avec les stratégies décidées au niveau de l'entreprise. Le contrôle de gestion doit permettre de relier les objectifs, les moyens et les résultats du projet :

- Le point de départ du contrôle de gestion des projets est la détermination des objectifs du projet, ces objectifs devant être cohérents avec les finalités de l'entreprise ;
- Une deuxième composante du contrôle de gestion s'intéresse aux moyens à mettre en œuvre : il s'agit de déterminer les moyens disponibles et de les allouer ;
- Enfin, la troisième composante du contrôle de gestion des projets s'intéresse aux résultats : Comment mesurer les conséquences des actions retenues pour atteindre les objectifs fixés, compte tenu des moyens alloués ? La question posée suppose de déterminer le niveau pertinent de mesure des résultats, des indicateurs de performance mais aussi de disposer d'un système d'information fiable.

Enfin, un terme fréquemment utilisé aujourd'hui est celui de pilotage : l'objet du pilotage ne porte pas uniquement sur les ressources, mais surtout sur les activités et les compétences. Les activités du projet et leurs modes opératoires ne sont plus considérées comme figées mais, au contraire, ils évoluent au fur et à mesure du déroulement du projet pour s'adapter aux différentes évolutions. Le rôle du contrôleur de gestion est de fournir aux acteurs du projet les données et outils d'aide au diagnostic et à la décision qui permettent d'analyser, au cours des différentes étapes d'avancement du projet :

- L'état de la situation à un moment donné ;
- Son évolution probable ;
- Les écarts par rapport au budget initial ;
- Les causes de ces écarts ;
- La possibilité de réduction de ces écarts.

Du contrôle...	Au pilotage
Ressources	Modes opératoires et compétences
Allocations	Diagnostic
Décisions	Activités
Distinction planification / contrôle	Changement continu
Décomposition hiérarchique	Intégration

(d'après Lorino, 1995)

L'analyse des différents processus composant le management de projet montre que dans une perspective large, le contrôle de gestion des projets ne peut être réduit à la gestion des coûts. Il

s'agit au contraire de maîtriser les différents aspects économiques d'un projet et d'introduire la démarche d'analyse économique au niveau des problèmes quotidiens rencontrés au cours du projet.

1. Des caractéristiques des projets au contrôle de gestion des projets

1.1. Nature et caractéristiques des projets

On peut définir un projet comme un ensemble d'activités décidées en vue d'accomplir un résultat. De manière plus formelle, l'AFITEP définit un projet comme « une démarche spécifique qui permet de structurer méthodiquement et progressivement une réalité à venir... Un projet est mis en œuvre pour répondre au besoin d'un client et implique un objectif et des besoins à entreprendre avec des ressources données ».

L'objectif du management de projet est de réaliser simultanément trois objectifs :

- La maîtrise des délais ;
- La maîtrise des spécifications du projet ;
- La maîtrise des coûts.

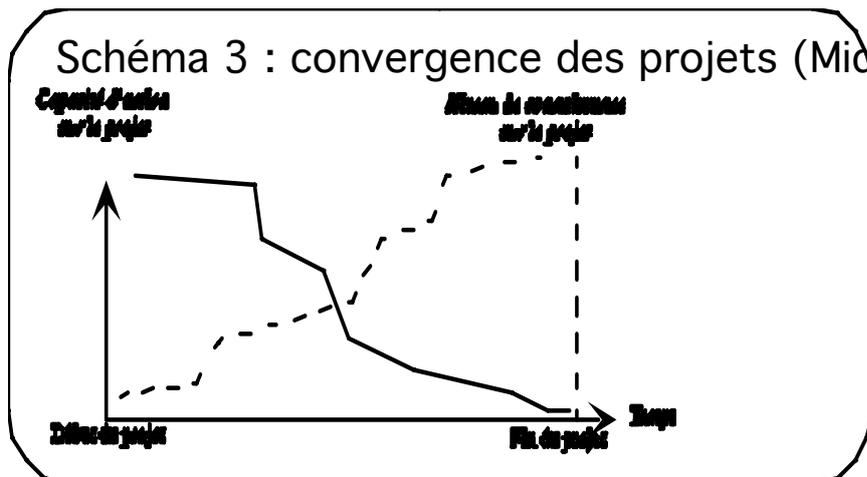
Une des caractéristiques importantes du projet est de se terminer lorsque son objectif est atteint, ce qui le distingue fortement des activités récurrentes d'une organisation.

Il est d'usage de caractériser les projets en les comparant aux activités permanentes :

- Dans de nombreux cas, l'organisation du projet se surajoute à une organisation existante, de même que le système de contrôle de gestion de projet s'additionne au système de contrôle de gestion de cette organisation. Une des conséquences est que des relations satisfaisantes doivent être établies entre l'organisation du projet et celle des activités permanentes. En particulier, le rôle du chef de projet face aux métiers peut varier sur un large spectre entre deux situations extrêmes :

Direction de projet « légère »	Direction de projet « lourde »
◆ Peu ou pas de budget propre (mobilisation de ressources métiers à négocier au cas par cas)	◆ Budget propre important (l'essentiel des ressources exigées par la réalisation du projet)
◆ Pas de pouvoir hiérarchique sur les participants au projet	◆ Les participants au projet relèvent hiérarchiquement du chef de projet
◆ Rôle de chef de projet orienté vers l'animation et la coordination	◆ Rôle du chef de projet orienté vers l'arbitrage et la décision

- Les projets sont marqués par la temporalité. La gestion des délais est un des aspects principaux du management de projet ; de plus, la gestion du projet est marquée par l'évolution au cours du temps du degré de connaissance et des capacités d'action :



En matière de contrôle de gestion des projets, cette temporalité particulière a deux conséquences :

- La planification initiale du projet a tendance à être modifiée fréquemment et substantiellement au cours du projet. Des difficultés imprévues ou les résultats d'une phase de travail peuvent modifier substantiellement le déroulement du programme initial dans ses phases ultérieures. Les dispositifs de contrôle de gestion des projets doivent donc prévoir des procédures de révision périodique du plan du projet.
 - Le faible niveau de connaissance au démarrage du projet conduit à ce que les standards de performance ont tendance à être moins fiables pour les projets que pour les activités opérationnelles permanentes. Bien que les spécifications d'un projet et la manière de le mener puisse être similaire à celle d'autres projets, la conception est unique. En conséquence, les standards de performance réelle sont uniques et spécifiques à chaque projet.
- Une troisième caractéristique spécifique aux projets est qu'ils impliquent, en général, un arbitrage entre la cahier des charges, le calendrier et les coûts. Ces arbitrages sont typiques des activités d'un projet.

En synthèse des principales différences entre les projets et les activités permanentes de l'organisation on peut présenter le tableau suivant :

Activités « projet »	Activités « opérations »
non répétitives	répétitives
décisions irréversibles	Décisions réversibles
incertitude forte	incertitude faible
influence forte des variables exogènes	influence forte des variables endogènes
processus historiques	processus stabilisés
cash flow négatifs	cash flow positifs

Au sein même des projets, on distingue plusieurs classifications. Nous retiendrons deux critères de distinction importants en matière de pilotage économique des projets :

- Les projets pilotés en dérive et ceux pilotés en « stop and go » ;

- Les projets à coûts contrôlés (vente d'un ouvrage à un client externe) et les projets à rentabilité contrôlée qui supposent de piloter à la fois les produits et les coûts générés par le projet.

1.2. Des caractéristiques des projets au processus de contrôle de gestion des projets

Le contrôle de gestion peut être défini comme le processus permettant de faire le lien entre la stratégie de l'organisation et ce qui se fait au niveau opérationnel. En général, le contrôle de gestion repose sur un certain nombre de sous-processus :

- La planification, qui a pour objectif d'établir des prévisions en termes monétaires à moyen terme en vue d'encadrer les budgets annuels ou de programmer des investissements ou des actions spécifiques ;
- La budgétisation qui vise à traduire en données chiffrées les plans d'actions à court terme ;
- Le suivi au cours de l'exécution qui repose sur la mise en place de systèmes d'informations permettant de comparer, le plus fréquemment possible, les réalisations aux objectifs ;
- L'évaluation finale qui a pour objectif d'inciter les responsables et de fournir une base de révision des plans.

Ce schéma classique du processus de contrôle de gestion doit être adapté aux caractéristiques des projets et notamment à leur caractère unique. Le contrôle de gestion des projets peut être décomposé en quatre phases :

- L'initialisation du projet ou phase d'évaluation ex-ante selon la terminologie de l'AFITEP a pour objectif d'apprécier la faisabilité technique et d'évaluer l'utilité économique du projet. Cette phase suppose d'avoir défini les objectifs propres du projet et d'être en mesure d'estimer de manière rapide les revenus et les coûts liés au projet.
- La seconde phase est celle de planification qui comprend la budgétisation du projet. Sur la base des estimations primaires qui ont servi à initialiser le projet et des spécifications détaillées du résultat, le processus de planification a pour objectif de définir des calendriers détaillés et un budget des coûts.
- Au cours de l'exécution du projet, le rôle du contrôle de gestion est de mettre en place les systèmes d'information qui permettront aux opérationnels de suivre leurs actions et d'organiser la remontée périodique d'informations vers le chef de projet, notamment en matière de coûts et de délais. Le suivi au cours de l'exécution suppose également de mettre en œuvre une procédure de re-estimation du coût à terminaison en tenant compte du réalisé et des éventuelles modifications de la planification.
- Enfin, la phase de post-évaluation du projet a pour objectif de capitaliser l'expérience sur le projet.

Sur un plan plus opérationnel, les activités du contrôleur de gestion du projet sont multiples et diverses :

- Participation à l'estimation ou à l'élaboration du devis du projet en vue lors de la phase d'initialisation du projet ;
- Mise en place définitive du budget initial ;
- Mise en place des méthodes d'organisation (structure de l'information, organisation des transmissions...) et de codification des informations (« cost code » ou, en français le plan de comptes) ;
- Découpage du budget du projet suivant l'organigramme technique ;
- Saisie et suivi des informations technico-économiques (avancement physique, quantités, heures, demandes d'achats, commandes, délais...), financières (prix, frais de déplacement

et de transport, inflation, révision de prix, assurances, douanes...) et aléatoires (accidents, grèves, réclamations...).

- Intégration des modifications provenant des clients, fournisseurs ou acceptées par le directeur de projet.
- Mesure et analyse périodique des écarts entre les coûts réels et les coûts prévus, étude des mesures correctrices ou préventives permettant de minimiser ces écarts.
- Détermination des quantités restant à engager et évaluation du coût à terminaison .
- Organisation des retours d'informations vers les estimateurs et les services de réalisation
- Etablissement du dossier de fin d'affaires.

2. L'initialisation du projet

La phase d'initialisation du projet a pour objectif de décider de la réalisation du projet. Cela suppose d'avoir défini les objectifs du projet, apprécié sa faisabilité technique et terminé l'analyse économique du projet. Il faut noter que ces différents éléments ne peuvent être appréciés qu'au regard des risques que comporte le projet. La phase d'initialisation du projet se termine par l'approbation de ce qui doit être fait accompagnée d'une estimation sommaire des coûts et des délais.

L'analyse économique initial du projet joue un triple rôle structurant :

- Elle oblige à identifier de manière précise les besoins : l'ensemble des besoins peuvent ne pas être perçus dans leur globalité dès le début de l'étude. Dans la mesure où l'analyse économique suppose d'avoir précisé les principales hypothèses physiques, les besoins doivent avoir été clairement identifiés.
- Elle permet une « optimisation » de chaque solution proposée sur la base d'un critère cohérent. Chaque solution fait l'objet d'une étude sur la base de l'ensemble des coûts qu'elle engendre comme les coûts d'acquisition, les coûts de fonctionnement, les coûts de possession (stockages...) et les coûts de désinvestissement.
- Elle permet d'assurer la cohérence entre les différents choix nécessaires pour définir le projet.

Sur un plan pratique, l'analyse économique du projet suppose d'une part de disposer de méthodes d'estimation des coûts engendrés par le projet et d'autre part de critères de sélection des projets.

2.1. Méthodes d'estimation des coûts d'un projet

Lors des phases amont d'un projet, il n'est pas question d'envisager une estimation détaillée ou analytique du projet et ce pour deux raisons :

- Tout d'abord, le projet est défini de manière sommaire et donc, de nombreuses informations nécessaires pour une estimation détaillée ne sont pas disponibles.
- Ensuite, une estimation détaillée serait beaucoup trop longue et coûteuse. En conséquence, d'autres méthodes d'estimation plus rapides sont utilisées.

Parmi les méthodes d'estimation, nous allons distinguer celles qui sont utilisées pour les ouvrages d'ingénierie de celles utilisées pour les projets de développement de produits industriels.

A) Méthodes d'estimation utilisées pour les projets de fabrication d'un équipement ou d'un ouvrage

□ Méthode de similitude ou de prorata de capacité

$$\frac{I_{est}}{I_r} = \left(\frac{C_{est}}{C_r} \right)^f \text{ avec :}$$

I_{est}, I_r : montants des investissements estimés et réels ;

C_{est}, C_r : capacités estimées et réelles ;

f : coefficient d'échelle.

En général, f est inférieur à 1 du fait que les coûts d'investissement croissent moins vite que la capacité. Il est estimé à partir des coûts d'unités de production similaires mais de tailles différentes. En pratique, il y a deux méthodes pour l'obtenir :

- Sur un graphique, en portant le coût historique des installations ou équipements en fonction du paramètre dimensionnant ; le coefficient d'échelle est alors égal à la pente de la courbe qui passe entre les points ;
- En utilisant les coefficient d'échelle publiés par le presse spécialisée pour des conceptions standards ;
- En l'absence d'informations précises, une règle de bonne pratique consiste à retenir un coefficient d'échelle égal à 0,6.

En conclusion, la méthode de similitude s'applique lorsque les unités comparées sont de conception similaire et de capacités pas trop différentes. Elle doit tenir compte de facteurs d'ajustements (indexation, localisation...).

□ Méthode modulaire

Le principe de la méthode est basé sur l'existence d'un rapport entre le coût d'un équipement et celui de tout ce qui doit lui être associé. Pour passer du coût de l'équipement principal au coût d'un sous ensemble, on utilise un facteur modulaire qui comprend le coût :

- Des équipements secondaires : tuyauterie, électricité, instrumentation....
- Du transport des équipements et matériels ;
- Des travaux de montage de l'équipement principal et des équipements secondaires ;
- De la préparation du site, des bâtiments....

Les coûts des équipements principaux est estimé sur la base d'un coefficient d'échelle :

$$\frac{M_{est}}{M_r} = \left(\frac{C_{est}}{C_r} \right)^f$$

avec :

M_{est}, M_r : montants des investissements estimés et réels ;

C_{est}, C_r : capacités estimées et réelles ;

f : coefficient d'échelle.

En supposant que l'ouvrage est composé de n équipements principaux dont les coûts respectifs sont notés M_i , la méthode des facteurs procède en deux étapes :

- Pour chaque équipement principal, on estime son coût total $(M_i + T_i)$ en multipliant le coût de l'équipement par le facteur modulaire ;
- Le coût total du projet est obtenu en faisant la somme des $(M_i + T_i)$ pour l'ensemble des équipements principaux du projet.

Il existe en fait plusieurs variantes de cette méthode comme nous allons le voir maintenant.

❖ Méthode de Lang

C'est une méthode ancienne et assez sommaire. Le coût total à estimer est obtenu en multipliant la somme des coûts des équipements principaux par un facteur modulaire global :

$$C_{projet} = \left(\sum_{i=1}^n M_i \right) \times \psi$$

ψ étant le facteur modulaire.

A titre d'illustration, quelques facteurs modulaires sont indiqués dans le tableau suivant :

B) Types de procédés	Facteurs
▪ Procédé traitement des produits solides	3,10
▪ Procédés traitant des produits solides et liquides	3,63
▪ Procédé traitant des liquides	4,74
C) Types d'unités	Facteurs
▪ Fabrication de produits	2,3 à 4,2
▪ Production d'utilités	1,7 à 2,6
▪ Implantation des stockages	2,8 à 4,8

❖ Méthode de Hand

Cette méthode permet d'estimer les coûts par type d'équipement principal. Le facteur modulaire pour chaque type d'équipement principal prend en compte :

- Le coût des matériels secondaires : tuyauteries, électricité, instrumentation...
- Le coût des matériels et matériaux de chantiers ;
- Le coût de la main d'œuvre de chantiers ;
- Les transports, taxes et assurances ;
- Les services d'ingénierie et coûts indirects.

En conséquence, le coût total du projet est estimé par :

$$C_{projet} = \left(\sum_{i=1}^n (M_i \times \psi_i) \right)$$

Hand a proposé les facteurs multiplicatifs suivants :

- 4 pour les réservoirs, les pompes et l'instrumentation ;
- 3,5 pour les échangeurs de chaleur ;
- 2,5 pour les compresseurs ;

- 2 pour les chaudières.

□ **Prise en compte de la localisation sur le coût des investissements**

La question se pose souvent de comparer des coûts d'installations localisées dans divers pays. En effet, lors d'une estimation préliminaire ou pour vérifier une estimation détaillée, il est tentant d'utiliser une référence de coût d'un investissement existant, même si celui-ci se situe dans un autre pays. Pour autant, les conditions économiques entre les différents pays n'étant pas identiques, on utilise un « facteur de localisation » qui permet de corriger ces différences. La valeur d'un « facteur de localisation » exprime, à un moment donné, le prix relatif des facteurs de production d'un pays par rapport à un autre pays servant de base. Divers auteurs et institutions (par exemple, N.Boyd ou le « Stanford Research Institute ») proposent des valeurs de facteurs de localisation pour différents pays.

Le facteur peut se définir par le rapport du coût d'un projet dans un pays donné au coût du même projet dans un pays de référence. En conséquence, ce facteur est composé de multiples éléments :

- Facteurs relatifs à l'investissement de base

Qualitatifs (effet indirect)	Quantitatifs (effet direct)
<ul style="list-style-type: none"> - Matériaux disponibles – production locale ; - Productivité de la main d'œuvre ; - Contraintes climatiques ; - Contraintes d'accès et de circulation ; - Contraintes sociales ; - Encadrement disponible ; - Réglementation locale, certification, spécifications du maître d'ouvrage et de l'ingénierie. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts unitaires matériaux ; - Coûts horaires de la main d'œuvre ; - Transport international ; - Transport local ; - Indemnités d'expatriation, voyages, hébergement ; - Préparation du site.

- Facteurs pouvant être spécifiques au projet :
 - Moyens d'accès : routes, ports, aéroports ;
 - Installations provisoires du site ;
 - Bases intermédiaires hors site ;
 - Télécommunications.
- Facteurs politico-économiques :
 - Monopoles locaux – fournisseurs imposés ;
 - Taux de change ;
 - Concurrence locale ;
 - Taxation.

B) Méthodes utilisées pour les projets de conception et développement de produits fabriqués en série

□ **Méthode analogique**

L'utilisation de la méthode d'estimation par analogie suppose d'avoir défini le produit à concevoir en terme de fonctions principales et complémentaires. La définition des fonctions est réalisée dans le cahier des charges fonctionnel (CdCF). On utilise l'expérience antérieure des projets passés pour obtenir un ordre de grandeur du coût global de chaque fonction élémentaire.

La méthode analogique consiste donc à estimer le coût d'une réalisation à partir d'une comparaison avec une réalisation similaire terminée, dont le coût est connu.

L'emploi de la méthode peut être divisée en cinq étapes :

- la détermination du niveau d'analyse pertinent et cohérent avec les données techniques disponibles dans les bases de données;
- la construction d'une grille de comparaison, en déterminant les caractéristiques (points) sur lesquelles portera l'analogie;
- la décision du ou des projets ou produits anciens sur lesquels l'analogie sera conduite pour la fonction considérée;
- la quantification de l'analogie pour chaque fonction élémentaire étudiée.

Soient: i fonction étudiée ;
 j point de comparaison pour chaque fonction.

On détermine pour chaque fonction i et pour chaque point de comparaison j:

A_{ij} coefficient de taille qui exprime le sentiment de l'estimateur quant à la taille relative du nouveau projet par rapport à l'ancien pour la fonction i ;
 k_{ij} coefficient d'impact qui exprime le sentiment de l'estimateur quant à l'impact du coût du point j sur la fonction i. (pour ce coefficient, on utilise généralement une échelle de 1 à 5 indiquant un impact très faible (1) à un impact très fort (5))

Le coefficient d'analogie représente la moyenne pondérée de chaque point de comparaison. Si i est la fonction à estimer et que l'on dispose de j points de comparaison, alors le coefficient d'analogie de la fonction A_i est donné par :

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n A_{i j} \cdot k_{i j}}{\sum_{j=1}^n k_{i j}}$$

- le calcul du coût estimé de la fonction qui est égal au produit du coût de la fonction dans le produit ou le projet ancien par le coefficient d'analogie.

Soit Z, le coût de référence, alors le coût estimé de la fonction, C_i , est donné par :

$$C_i = A_i \cdot Z$$

Le coût estimé par le méthode analogique est la valeur la plus probable. Comme pour toutes les méthodes d'estimation prévisionnelles, les risques attachés à la méthode de prévision du coût doivent être quantifiés.

Reposant sur des comparaisons, elle suppose une faible évolution des techniques et des technologies de conception et de production. Cette méthode est ainsi appropriée dans le cas de

modifications incrémentales du produit. D'autre part, elle s'appuie à la fois sur des données historiques et sur les jugements d'experts (évaluation des coefficients d'analogie).

La méthode analogique présente un certain nombre d'avantages : elle fournit rapidement et à faible coût des estimations de coût et, en jouant sur les coefficients d'analogie, peut permettre de simuler les coûts en fonction de certains choix de conception (traduits par la variation des coefficients d'analogie).

Cependant, elle comporte aussi un certain nombre de faiblesses :

- la détermination des coefficients d'impact provient de l'opinion des experts, ce qui laisse une certaine place à la subjectivité ;
- la méthode est d'autant plus fiable que l'on travaille à un niveau de détail fin ; cet aspect est en contradiction avec le caractère rapide de la méthode ;
- la méthode suppose que les comparaisons entre le projet et les réalisations passées soient pertinentes, ce qui suppose que le projet ne soit pas fondamentalement différent dans sa conception technique des réalisations passées. En conséquence, la méthode analogique est d'autant plus pertinente que le produit nouveau est techniquement proche des réalisations passées ;
- la méthode sera également d'autant plus fiable que les processus de développement, de production ou de support logistique du produit nouveau sont identiques à ceux des réalisations passées.

□ **Méthode paramétrique**

La méthode paramétrique peut être utilisée dès que les spécifications techniques du projet à réaliser sont définies. Ce sont les paramètres ou caractéristiques physiques des systèmes (produit, production et support logistique) à développer qui vont permettre d'estimer le coût. Les méthodes paramétriques établissent une corrélation statistique entre le coût du produit et des paramètres physiques simples tels que le poids, le volume ou la puissance. Trois grands types de méthodes paramétriques d'estimation des coûts peuvent être distinguées :

❖ les barèmes

Il s'agit d'une méthode d'estimation rudimentaire. Le barème est un coût rapporté à une unité physique la plus significative du produit à réaliser. Le coût du produit est déterminé par multiplication du coût unitaire lu dans le barème par la quantité à produire.

❖ les formules d'estimation de coût (F.E.C) ou fonctions d'estimation paramétriques

Ce sont des méthodes paramétriques globales ou semi-globales. Une F.E.C est une relation simple reliant le coût d'un produit ou d'une activité à un nombre limité de paramètres techniques descripteurs du produit ou de l'activité.

La méthode de construction d'une F.E.C peut être décrite en trois phases :

- choix des paramètres techniques descripteurs de coût : pour cela, il faut recenser toutes les variables intervenant dans le phénomène à valoriser.
- choix de la structure de la formule empirique cherchée : il est évident que le choix d'une formule linéaire ou linéarisable rend le problème beaucoup plus simple.

Formule linéaire: $C = \alpha_0 + \beta_1.P_1 + \beta_2.P_2 + \dots + \beta_N.P_N$
 où: α_0 coefficient standard de la F.E.C
 P_i i ème paramètre descripteur de coût.

Formule linéarisée $\text{Log } C = \text{Log } \alpha_0 + \beta_1 \text{Log} P_1 + \beta_2 \text{Log} P_2 + \dots + \beta_N \text{Log} P_N$

D'autres formes sont possibles dans la mesure où seule importe la combinaison linéaire des coefficients.

- Les coefficients β_i peuvent être calculés par régression linéaire multiple ou, dans le cas d'un paramètre unique, par la méthode des moindres carrés.

En fait, les formules linéaires ou linéarisables couvrent « pratiquement tous les cas industriels courants ». Il n'en reste pas moins que d'autres situations doivent être envisagées qui peuvent compliquer sérieusement l'estimation paramétrique :

- des fonctions non linéaires et non linéarisables telles que les fonctions hyperboliques;
- des fonctions non continues : dans de nombreux cas, le coût peut être une fonction continue sur un intervalle défini du paramètre descripteur du coût, avant de s'accroître brutalement à partir d'une certaine valeur du paramètre. Dans ce cas, Les F.E.C seront définies sur des intervalles particuliers.

Cependant, l'existence de logiciels de traitement et de calcul statistiques, par exemple Data Desk permettent de résoudre tous les types de problèmes de régression multiple, quelle que soit la formule empirique recherchée.

En tout état de cause, il convient d'apprécier la qualité des coefficients β_i obtenus (déterminer la marge d'incertitude des coefficients). De plus, le domaine d'utilisation d'une F.E.C. est limité :

- au type de produit à estimer, c'est à dire des classes d'objets ayant des fonctions identiques.
- au type de technologie mise en œuvre : matériaux, machines, savoir-faire du personnel...
- enfin, chaque F.E.C. s'applique à une catégorie spécifique de coûts : conception et développement, équipements initiaux, unité de production initiale, première unité produite, maintenance des installations et équipements....

Exemple de FEC : le coût d'un échangeur de chaleur d'un type donné peut être calculé en première approximation par la formule suivante :

$$C = e^a . S^b$$

avec :

C : coût de l'échangeur ;

S : surface d'échange ;

Les paramètres a et b étant les coefficients de régression.

Lorsqu'on établit une FEC, il est également utile de considérer l'intervalle de confiance ; celui-ci dépend de trois facteurs principaux :

- la dispersion des données autour de la droite, c'est à dire l'ampleur des résidus ;
- de l'espacement des abscisses de l'échantillon de base autour de leur valeur moyenne ;

- du nombre de données.

❖ les modèles paramétriques :

Un modèle est une représentation mathématique contenant un grand nombre d'équations qui relie des variables d'entrée au coût.

Les paramètres d'entrée, descripteurs techniques, définissent de façon spécifique le matériel pour la modélisation du coût.

Les relations relient ces données aux variables intermédiaires et finales. Les relations sont intégrées dans le modèle lui-même. Des constantes permettent de passer d'un modèle général à un modèle spécifique pour l'utilisateur.

Pour calculer un coût, le modèle n'utilise pas une nomenclature mais une représentation paramétrique des pièces et du produit. Le modèle peut fournir des estimations de coût pour les phases de développement ou de production.

Exemple : le modèle PRICE H

A titre d'illustration, le modèle PRICE H de RCA (modèle paramétrique d'estimation du coût des ensembles des systèmes électromécaniques) donne les sorties suivantes pour chaque niveau de consolidation dans l'organigramme technique :

- les coûts de dessin;
- les coûts de conception ingénierie;
- les coûts d'études système;
- les coûts de gestion de projet;
- les coûts de documentation et d'assurance de la qualité;
- les coûts de fabrication;
- les coûts d'outillages spécifiques et de moyens d'essais.
- le coût de la première unité fabriquée.

Principe général du modèle paramétrique PRICE H :

Le modèle calcule un coût de base qui est fonction de la masse (toutes choses étant égales par ailleurs, plus la masse est élevée, plus le coût est élevé) et de la complexité, facteur empirique représentant le niveau technologique d'un produit et le niveau de productivité de son fabricant.

$$\text{Coût} = A \times \text{Masse}^B, \text{ A et B étant fonction de la complexité}$$

A partir de ce coût de base normalisé, un grand nombre de paramètres s'appliquent au travers d'équations prenant en compte des éléments tels que le niveau de spécifications, les quantités, la cadence, l'expérience...

Contrairement aux fonctions d'estimation paramétriques, qui sont spécifiques à une entreprise et à un domaine d'application, les modèles ont un caractère plus général. Les caractéristiques spéciales du modèle à estimer sont prises en compte au niveau des constantes introduites dans le modèle, ce qui représente une difficulté en pratique. Le modèle est un ensemble d'équations définissant des fonctions économiques générales permettant de valoriser les travaux de transformation qui permettent d'obtenir le produit.

La méthode paramétrique a pour avantage principal, par rapport à la méthode analogique, des estimations de coûts plus précises, notamment grâce à un niveau de détail plus important et une approche plus rigoureuse sur un plan théorique. Pour autant, il n'en reste pas moins que l'estimation du coût par la méthode paramétrique est obtenue par extrapolation de coûts connus d'un échantillon de réalisations passées vers un produit nouveau. En conséquence, une formule ou un modèle paramétriques seront d'autant plus fiable que les solutions techniques retenues pour le produit nouveau sont proches de celles des réalisations passées.

Conclusion : la méthode paramétrique présente certains avantages. En particulier, elle permet de chiffrer des coûts sans connaître le détail de l'élément à chiffrer et c'est une méthode nécessitant peu de ressources. Par contre, une des limites de la méthode est que les variables descriptives utilisées ont un caractère analogique et non de cause à effet.

2.2. Critères de rentabilité économique d'un projet

Cette approbation se fait sur la base de l'analyse économique du projet qui repose notamment sur les critères financiers de décision d'investissement. Ces critères utilisent l'actualisation des flux de trésorerie générés par le projet de conception et de développement du produit nouveau. Cependant une des difficultés principales concernant l'approbation du projet réside dans la prise en compte de tous les aléas futurs. En conséquence, l'initialisation du projet ne peut être justifiée qu'après estimation des risques économiques encourus.

A) Construction des séquences de flux de trésorerie

De manière simplifiée, la rentabilité du projet résulte :

- du montant des investissements initiaux et des coûts de conception (développement et industrialisation);
- de la marge dégagée par le projet ;
- des coûts de désinvestissement en fin de durée de vie.

La première étape consiste donc à déterminer les flux de trésorerie différentiels générés par le projet. Deux problèmes se posent quant à cette détermination :

- la définition explicite d'une solution alternative de référence : les flux de trésorerie générés par le projet sont évalués par rapport aux flux de trésorerie de cette solution de référence ;
- le niveau d'observation retenu pour la détermination des conséquences financières du projet. En effet, les conséquences physiques ou financières d'un projet sont différentes suivant le niveau d'observation retenu.

En conséquence, l'évaluation du projet repose sur une double évaluation économique : l'une utilise la logique des variations des flux de trésorerie associés au projet par rapport à une solution de référence. L'autre repose sur une logique de variations de coûts, s'inspirant partiellement des règles de la comptabilité de gestion .

Les flux de trésorerie différentiels peuvent donc avoir deux origines :

- ❑ des **variations de produits et de charges** générés par le projet ayant une incidence sur les flux de trésorerie de l'entreprise. Ces variations peuvent être formalisées par la relation suivante, sous l'hypothèse de flux versés ou reçus en fin de période (Giard, 1991) :

$$\Delta FNT_t^C = \theta \Delta A_t + (1 - \theta) \cdot [\Delta P_t - (\Delta D_t + \Delta F_t)]$$

avec :

θ	taux d'impôt sur les sociétés ;
A_t	amortissements et provisions;
P_t	produits d'exploitation ;
D_t	charges courantes d'exploitation ;
F_t	charges financières.

Le symbole Δ indique le caractère différentiel des flux de trésorerie par rapport à la solution de référence et l'indice t la période considérée. Cette formule est générale et s'applique aussi bien à l'évaluation de projets physiques que de projets financiers.

En théorie, en ce qui concerne les projets physiques, l'évaluation des flux de trésorerie différentiels doit être indépendante des modalités de financement du projet, les flux à actualiser étant des flux d'exploitation. Le coût du financement est déjà pris en compte au moyen de l'actualisation au coût du capital de la firme. En conséquence, les flux de trésorerie liés aux charges financières ne sont pas pris en compte.

- des variations des postes du bilan : celles-ci correspondent notamment aux variations d'immobilisations induites par les investissements liés au projet et aux variations du besoin de financement de l'activité. La variation théorique des flux nets de trésorerie imputables aux variations de postes de bilan entre le début et la fin de l'année t peut être formalisée par la relation suivante :

$$\Delta FNT_t^B = \Delta I_t + \Delta BFRE_t + \Delta E_t$$

avec :

ΔI_t :	variations de flux net de trésorerie de l'année t liées aux variations d'investissement générées par le projet par rapport à la situation de référence ;
$\Delta BFRE_t$:	variations de flux net de trésorerie de l'année t liées aux variations du besoin de financement de l'exploitation ;
ΔE_t :	variations de flux de l'année t liées aux opérations d'emprunt et de remboursement.

L'analyse financière du projet comprend l'ensemble des flux différentiels générés par le projet, à l'exception des flux liés aux opérations de financement du projet, le coût du financement étant déjà pris en compte au moyen de l'actualisation au coût du capital.

B) Critères financiers reposant sur l'actualisation.

Sur le plan financier, la rentabilité d'un produit nouveau est exprimée par la valeur actuelle nette (VAN) ou le taux interne de rentabilité (TIR). Ces critères reposent sur le principe d'actualisation qui fait appel au calcul des intérêts composés.

La valeur actuelle nette d'un projet est égale à la différence entre la valeur actuelle des rentrées nettes de trésorerie associées au projet et les dépenses initiales du projet, l'actualisation étant faite à un taux défini.

$$V.A.N = \sum_{t=0}^T \frac{FNT_t}{(1+r_t)^t}$$

FNT_t : flux net de trésorerie généré par l'investissement.

T : durée de vie de l'investissement

r_t : taux d'actualisation.

Le taux interne de rentabilité r^* est le taux d'actualisation tel, qu'actualisées à ce taux, les rentrées nettes de trésoreries associées au projet soient égales aux sorties de trésorerie.

$$\sum_{t=0}^T \frac{FNT_t}{(1+r^*)^t} = 0$$

L'utilisation des critères financiers traditionnels de rentabilité des investissements suppose, tout d'abord, l'analyse des hypothèses implicites et des difficultés théoriques qu'elles entraînent .

L'adoption du critère de la V.A.N repose sur l'hypothèse implicite de réinvestissement des rentrées nettes de trésorerie annuelles du projet au taux d'actualisation retenu.

L'utilisation du taux interne de rendement pour évaluer et sélectionner un projet repose, de même, sur l'hypothèse implicite que les rentrées nettes de trésorerie soient réinvesties au même taux de rentabilité.

Ces hypothèses implicites entraînent certaines difficultés théoriques, notamment :

- la possibilité de taux interne de rentabilité multiples pour un projet ;
- la possibilité de contradiction entre les deux critères financiers, V.A.N et T.I.R.

Ces difficultés théoriques peuvent être résolues par la levée de l'hypothèse implicite attachée à chacun des critères et, en conséquence, l'utilisation d'un taux de rendement des rentrées nettes de trésorerie générées par le projet.

Ensuite, l'utilisation des critères financiers de choix des investissements suppose la détermination du taux d'actualisation. Celui-ci correspond au coût moyen pondéré du capital de la firme dans l'hypothèse où la réalisation du projet de conception du produit nouveau ne modifie pas significativement le risque global de l'entreprise. Dans le cas contraire, le taux d'actualisation retenu doit être ajusté au risque particulier du projet de conception et de développement du produit nouveau.

En raison de ces difficultés théoriques et pratiques, l'AFITEP (1991) met en avant quelques points liés à leur utilisation :

- les critères financiers de rentabilité constituent des aides à la décision. En effet, les résultats sont différents selon les critères employés et les calculs sont effectués sur la base de nombreuses hypothèses plus ou moins aléatoires.
- les hypothèses liées au mode de calcul d'un critère financier doivent être prises en compte, notamment parce qu'elles influencent la prise de décision. L'AFITEP cite l'exemple d'un projet à hauts risques d'obsolescence pour lequel le critère de retour sur investissement serait plus significatif que le taux interne de rendement.
- les études de sensibilité des critères de rentabilité à la variation des hypothèses de base sont essentielles pour détecter quelles sont les hypothèses primordiales et à partir de quelles valeurs de ces hypothèses la rentabilité du projet peut être remise en question. Ceci conduit à intégrer l'analyse des risques liés au projet dès la phase d'initialisation.

C) Prise en compte des risques

Le risque peut être défini comme la possibilité qu'un projet ne s'exécute pas conformément aux prévisions de date d'achèvement, de coût et de spécifications, ces écarts par rapport aux prévisions étant considérés comme difficilement acceptables.

La méthode retenue pour analyser les risques d'un projet dépendra de l'avancement du projet et donc, du niveau et de la qualité des informations disponibles.

Tout coût, estimé ou mesuré, est de nature statistique. En théorie, il est donc possible de construire une fonction de densité de probabilité pour un coût. Un coût peut donc être caractérisé par quelques valeurs caractéristiques de sa densité de probabilité :

- la valeur moyenne du coût;
- la valeur modale du coût, c'est à dire la valeur la plus probable;
- la valeur maximale et la valeur minimale;
- l'écart-type du coût.

L'évaluation du risque attaché à l'estimation d'un coût global suppose tout d'abord d'avoir estimé les fonctions de distribution des estimations individuelles de coût.

□ *Détermination de la fonction de densité d'une estimation individuelle*

Les données nécessaires à l'estimation individuelle d'un coût sont deux types: soit de données historiques, soit des jugements d'experts. Les données historiques supposent l'existence de bases de données internes ou externes à l'entreprise.

Certaines méthodes, comme les méthodes d'estimation analogique ou paramétrique peuvent utiliser à la fois des données historiques et des jugements d'experts. En conséquence, la méthode permettant de déterminer la fonction de distribution du coût sera adaptée à la nature des données.

a) Estimation du coût à partir de données historiques.

Dans ce cas, les données observées peuvent être considérées comme un échantillon aléatoire de la distribution de probabilité à identifier. La démarche peut être schématisé en quelques étapes :

- déterminer si la variable dont on cherche à obtenir la distribution est discrète ou continue ;
- utiliser les données historiques pour définir directement une distribution empirique ou pour déterminer une distribution théorique. Dans ce dernier cas, l'utilisation d'une fonction de distribution connue, ayant une expression mathématique, simplifie le problème puisqu'il suffit de déterminer les paramètres significatifs ;
- déterminer si la variable statistique représentant l'estimation individuelle du coût est indépendante ou non d'autres variables du modèle du coût global. Ce point est important lorsqu'on utilise la simulation pour définir la fonction de distribution du coût global.

Cette tâche est grandement facilitée par l'utilisation de logiciels permettant l'ajustement d'une distribution observée à une distribution théorique .

b) Estimation du coût à partir de l'opinion d'experts.

Dans ce cas, la loi de probabilité du coût est obtenue à partir des opinions des experts qui réalisent l'estimation du coût. L'estimation de la loi de probabilité d'un coût à partir d'opinions d'experts est utilisée lorsque les données sur les coûts n'ont pas été collectées par le passé ou lorsque les données collectées ne sont plus pertinentes pour estimer les coûts du projet. Ce dernier cas de figure se produit notamment en cas de changements importants : utilisation de technologies entièrement nouvelles, évolutions importantes dans l'environnement commercial...

L'incertitude liée aux estimations subjectives a deux origines :

- l'incertitude de la variable estimée elle-même ;
- l'incertitude provenant du manque de connaissance de l'expert sur la variable.

En pratique, il n'est pas possible de différencier ces deux sources d'incertitude.

En conséquence, le processus de détermination de probabilités subjectives par des experts n'est pas exempt de biais et d'erreurs systématiques. D. Vose (1996) présente quelques biais traditionnels liés aux heuristiques que les experts emploient pour fournir des estimations subjectives :

- l'expert utilise sa mémoire des occurrences passées de l'événement pour fournir l'estimation. En conséquence, la probabilité d'occurrence de l'événement sera sous-estimée lorsqu'il est difficile pour l'expert de se souvenir des occurrences passées de l'événement.
- un deuxième type de biais provient du fait que l'expert se concentre sur un détail particulier du problème et occulte l'ensemble du problème.
- l'expert peut également avoir trop confiance dans son estimation de la valeur modale de survenance de l'événement et, en conséquence, mésestimer l'étendue des valeurs que peut prendre le coût.

Ces biais doivent être complétés par d'autres éléments tels que, par exemple, ceux qui relèvent de la culture de l'expert ou de l'organisation dans laquelle il se trouve et qui peuvent grandement fausser les estimations.

Le choix d'une loi de distribution est liée à la forme générale de sa courbe de distribution qui apparaît acceptable par rapport au degré de connaissance des choses par l'expert.

□ *Evaluation du risque attaché à l'estimation du coût du projet*

L'évaluation globale du risque attaché à l'estimation du coût repose sur des méthodes différenciées selon la phase du cycle de vie du projet de développement du produit nouveau.

En phase de conception préliminaire, la quantification du risque se base sur l'utilisation de pourcentages: Il s'agit d'attribuer une fourchette en pourcentage autour de la valeur centrale pour tenir compte des risques associés au projet. Cette technique est associée à la méthode d'estimation par analogie.

En phase de conception détaillée, le risque est quantifié selon la méthode des moments. La méthode des moments remplace chaque variable statistique par sa moyenne et sa variance et utilise les règles suivantes pour estimer la moyenne et la variance du coût global:

- la moyenne d'une somme de variables aléatoires est égale à la somme de leur moyenne : il s'agit d'une propriété générale de la moyenne.

$$\overline{(x + y)} = \bar{x} + \bar{y}$$

- la moyenne du produit de deux variables aléatoires est égal au produit de leur moyenne ;

$$\overline{(x \cdot y)} = \bar{x} \cdot \bar{y}$$

- la variance de la somme de deux variables aléatoires indépendantes est égale à la somme de leur variances :

$$Var(x + y) = Var(x) + Var(y)$$

- de même, le variance du produit de deux variables aléatoires indépendantes est égale au produit des variances :

$$Var(x \cdot y) = Var(x) \cdot Var(y)$$

On estime que le résultat suit une distribution normale, ce qui suppose que le nombre de variables aléatoires entrant dans le modèle soit élevé.

Les hypothèses implicite de l'estimation des risques par la méthode des moments sont donc :

- que les différentes variables composant le coût global du projet sont indépendantes statistiquement ;
- que le résultat suit approximativement une distribution normale, ce qui suppose que, soit les différentes variables du modèle soient distribuées normalement (la somme ou la différence de deux variables aléatoires indépendantes, suivant des lois normales, suit elle-même une loi normale), soit le nombre de variables incertaines est grand (en pratique, supérieur à trente) et aucune de ces variables n'a d'impact significatif sur le résultat. Cette dernière condition résulte du théorème de la limite centrale.

Dans les phases ultérieures du projet, la quantification du risque associé au coût global est réalisée par la méthode de Monte-Carlo.

Le point de départ de la méthode est la fonction de répartition des coûts élémentaires aléatoires. Des nombres au hasard sont tirés et à chaque nombre est associé la valeur du coût déterminé par la fonction de répartition. Ainsi, un échantillon aléatoire de n valeurs du coût est déterminé.

La même technique est utilisée pour obtenir un échantillon aléatoire de n valeurs de chaque coût élémentaire. Le coût global, somme de variables aléatoires, est obtenu par application du modèle mathématique initialement déterminé.

La méthode ne peut être utilisée que lorsque les variables aléatoires élémentaires sont statistiquement indépendantes. Cependant, certains logiciels de simulation permettent de prendre en compte la dépendance des variables aléatoires élémentaire en introduisant des coefficients de corrélation entre des tâches ou des activités. Ce point conduit à certaines difficultés :

- le coefficient de corrélation entre les coûts respectifs de deux tâches a un caractère symétrique, alors qu'en pratique, il y a une relation de causalité, entre les deux coûts, qui a rarement un caractère symétrique ;
- en pratique, l'estimation du coefficient de corrélation entre les coûts respectifs de deux tâches peut poser des difficultés d'estimation, notamment en raison des effets de propagation vers l'aval.

□ *Utilisation d'outils informatiques.*

Certains logiciels généralisent la méthode de Monte-Carlo et permettent d'obtenir la distribution de probabilités de résultats. La suite de logiciels d'aide à la décision , PALISADE, utilise la méthode de Monte-Carlo pour obtenir des distributions de probabilités de fonctions de variables aléatoires sous Microsoft Excel.

@Risk est un add-in qui étend les fonctionnalités de Microsoft Excel en permettant d'évaluer l'impact du risque sur une décision à partir de la méthode de Monte-Carlo. Le logiciel permet notamment de procéder à des analyses de scénarios et des analyses de sensibilité des résultats.

Grâce aux statistiques de simulation fournies par le logiciel, il est possible d'obtenir la probabilité d'atteindre un résultat cible (fonctionnalité intéressante notamment en situation de conception à coûts objectifs, un exemple est dans Giard, 1995) et d'identifier les données qui ont un impact sur ces valeurs cibles. Le logiciel permet également d'analyser la sensibilité des résultats.

Enfin, par rapport à la méthode de Monte-Carlo classique, le logiciel offre à l'utilisateur la possibilité d'introduire des coefficients de corrélation entre les différentes variables.

Il existe également un logiciel possédant les mêmes fonctionnalités adaptées à la gestion de projet : @Risk for Project, qui établit un lien entre @Risk, Project et Microsoft Excel. Il permet certaines analyses de risques pour les projets en utilisant la méthode de simulation de Monte-Carlo, notamment en termes de délais et de budget.

Le logiciel **Bestfit** permet de déterminer la «meilleure» fonction de distribution de probabilité applicable à une série de données. Le logiciel contient 28 fonctions de distribution théoriques. Le logiciel utilise un certain nombre de tests pour juger de l'adéquation de la distribution des données à la distribution théorique : Chi², Anderson-Darling et Kolmogorov-Smirnov. L'utilisation de ce type d'outil nécessite la constitution par l'entreprise de bases de données fiables.

3. Planification et budgétisation du projet

Les premières tâches du contrôleur de gestion du projet sont de mettre en place le budget initial du projet, les procédures de coût et de planning et le plan des comptes du projet (le « cost code »).

L'AFITEP (1991) précise la définition de la planification du projet, notamment en termes de résultats à obtenir à l'issue de la phase de planification, puisque cette phase doit aboutir à :

- la définition du contenu technique du projet ;
- la définition du détail des coûts et délais dans le cadre de l'enveloppe établie lors de l'évaluation initiale du projet ;
- le détermination des responsabilités et des circuits d'information et de décision ;
- et enfin, à la conception et à la mise en place des outils permettant de contrôler l'avancement du projet.

Nous allons revenir sur ces principales étapes en supposant que la phase d'initialisation a permis de définir de manière précise les objectifs, à la fois techniques et financiers du projet.

3.1. Le contenu technique du projet : L'organigramme technique ou W.B.S (« Work Breakdown Structure ») et planning du projet

La programmation comporte un travail d'analyse important allant de la décomposition du projet en tâches élémentaires (organigramme technique) jusqu'à l'évaluation du coût de ces tâches. La première partie consiste à adopter une démarche hiérarchique de définition précise des tâches à exécuter en suivant un raisonnement de décomposition progressive pour atteindre la plus grande exhaustivité possible et permettre d'assurer la cohérence des actions techniques, documentaires, administratives et financières concernant l'ensemble du programme.

Le document final (ensemble de tâches hiérarchisées) doit servir de référence commune et unique pour tous les acteurs du projet et permettre l'organisation de leur travail. Pour cela, les tâches du dernier niveau ne doivent être :

- Ni trop nombreuses, l'excès de détail étant plutôt un facteur d'échec que de succès ;
- Ni d'importance trop inégale (en termes de consommation de ressources et de durée) ;
- Ni trop hétérogènes. Chaque tâche doit être suffisamment homogène (unicité de responsabilité, relative autonomie décisionnelle, relative stabilité de l'utilisation des ressources sur la durée de la tâche...) afin de traiter chaque tâche comme un centre de coût différent. Nous reviendrons sur ce dernier problème dans le troisième paragraphe de ce chapitre.

Le contenu technique de chacune des tâches va être à l'origine des contraintes d'antériorité qui vont être à la base du planning du projet. L'ordonnement du projet est une programmation de ses tâches et des ressources nécessaires à leur exécution qui respecte les différentes contraintes techniques du projet et les disponibilités des ressources utilisées. Les techniques modernes d'ordonnement de projet remontent à la fin des années 1950 :

- Le PERT (pour « program Evaluation and Review Technique »)
- La méthode CPM (pour « Critical Path Method ») connue en France sous le nom de méthode des potentiels-tâches.

Désignation de la méthode	Signification	
	Sommet	Arc
Potentiel-tâches	tâche	Relation d'antériorité
Potentiel-étapes	étape	Tâche et relation d'antériorité

Quels sont les éléments caractérisant un programme d'ordonnement de projet ?

Eléments caractéristiques	Définition
Le critère à optimiser	En général, il s'agit de la date d'achèvement du projet. Parfois, il s'agit de l'utilisation des ressources (critère du lissage d'une ressource donnée)
Les contraintes	Contraintes potentielles : <ul style="list-style-type: none"> - Contraintes d'antériorité, liées à la définition du contenu technique des tâches ; - Contraintes de localisation temporelle qui indiquent qu'une tâche ne peut débuter avant une date donnée ou qu'elle ne peut se terminer après une date imposée. Contraintes cumulatives, qui sont généralement liées à la disponibilité de ressources non stockables ;
Le caractère certain ou non des données utilisées	
La méthode de résolution retenue	En général on se situe en univers certain et on recherche un ordonnancement avec prise en compte des seules contraintes potentielles.

Nature de la solution	<p>Dates des différentes tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> – De début au plus tôt et de fin au plus tôt ; – De réalisation au plus tard des différentes tâches. <p>Chemin critique : tout itinéraire qui permet d'aller du début du projet à la fin du projet en mettant le temps le plus élevé possible.</p>
-----------------------	---

L'existence de tâches non critiques implique qu'il existe plusieurs solutions d'ordonnement ayant la même performance. La programmation définitive du projet s'effectue en tenant compte de quelques principes :

- L'existence d'aléas peut inciter à programmer au plus tôt des tâches non critiques afin de constituer des marges permettant d'absorber les aléas.
- La prise en compte des consommations de ressources par les tâches (voir paragraphe 3.2).
- L'utilisation des marges libres de façon discrétionnaire.

3.2. De l'ordonnement au budget du projet

Le coût des tâches est déterminé par la valorisation des ressources consommées par ces mêmes tâches. Le budget initial précise le montant des charges et produits liés au projet, mais aussi un échéancier précis de consommation de ce budget en fonction de la programmation prévisionnelle de l'exécution du projet. Le budget du projet suppose l'évaluation prévisionnelle du coût des tâches, c'est à dire la valorisation des consommations de ressources par les tâches.

Au niveau de la planification du projet se joue l'articulation entre les tâches du projet et l'utilisation des ressources des différents métiers de l'organisation (Demeestère, Lorino, Mottis, 1997) : la planification du projet doit permettre l'atteinte du résultat recherché dans les délais définis alors que les métiers ont en charge le pilotage sur longue durée de compétences et des ressources spécialisées correspondantes.

La première étape consiste donc à déterminer les quantités de ressources nécessaires pour réaliser les tâches, ce qui peut poser des problèmes de contraintes cumulatives. La seconde étape suppose de valoriser ces différentes ressources de manière prévisionnelle, ce qui pose le problème de l'estimation du coût des différentes ressources.

A) *Les différentes natures de ressources nécessaires au projet*

Il ne s'agit pas d'une règle générale, mais, de manière classique, on distingue quatre types de ressources différentes pour un projet :

- Des moyens humains

Le budget des moyens humains est, en général, réparti en fonction :

- Des services ou entités concernés (par exemple, les différents métiers apportant des compétences sur le projet) ;
- De la localisation et donc de la monnaie contractuelle.

Le budget est alloué en heures pour chaque responsable des métiers concernés puis alloué aux différentes tâches de l'organigramme technique. En ce qui concerne des études ou prestations

d'ingénierie sous-traitées, les quantités d'heures nécessaires ainsi que le montant de la prestation doivent être précisées sur un bon de commande.

□ Des moyens matériels

De manière classique, on distingue les équipements principaux du matériel banalisé :

- Les équipements principaux : le budget du projet identifie de manière précise les fournisseurs des équipements principaux ; il est identifié élément par élément et ne possède qu'une affectation ;
- Le matériel banalisé ne fait pas forcément l'objet d'une identification élément par élément dans la mesure où ces matériels peuvent être utilisés pour différentes fonctions au cours du projet.

B) Le prise en compte des contraintes provenant des ressources pour établir l'ordonnancement

La disponibilité des ressources intervient sous la forme de contraintes cumulatives dans la formulation des problèmes d'ordonnancement : Chaque tâche consomme des ressources qui ont un coût et sont disponibles en quantités limitées. En conséquence, le coût est une caractéristique de la tâche dans la formulation traditionnelle des problèmes d'ordonnancement. Il n'en reste pas moins que la résolution d'un problème d'ordonnancement en présence de contraintes cumulatives pose des problèmes de résolution et diverses méthodologies de résolution peuvent être envisagées suivant le critère principal utilisé.

□ ***Critère de la minimisation de la durée d'achèvement du projet.***

La résolution d'un problème d'ordonnancement respectant les contraintes d'antériorité et les contraintes cumulatives passe par l'utilisation d'heuristiques (nivellement).

L'approche de procédures d'allocation en série consiste à établir un classement des tâches qui sera utilisé en cas de conflit, une fois calculées les dates au plus tôt et au plus tard du problème relaxant les contraintes cumulatives.

L'approche de procédures d'allocation en parallèle consiste à ne travailler que sur une liste restreinte de tâches, que l'on peut ordonnancer parce que leurs ancêtres ont déjà été ordonnancés, et que l'on classe suivant des critères qui peuvent varier d'une liste à l'autre.

□ ***Critère de lissage de la consommation de ressources.***

La méthode du lissage à durée minimale d'exécution du projet consiste à retenir parmi les n ordonnancements possibles du projet s'exécutant sur une durée minimale donnée celui respectant les contraintes cumulatives et conduisant à une utilisation régulière d'une ressource donnée.

La méthode du lissage à durée quelconque d'utilisation du projet permet de violer la contrainte cumulative portant sur la ressource durant certaines périodes et à ne pas retenir de durée minimale d'exécution (durée relaxant les contraintes cumulatives).

Les difficultés de prise en compte des contraintes cumulatives dans les problèmes d'ordonnancement sont liées aux hypothèses implicites de la formulation traditionnelle des problèmes d'ordonnancement :

- les ressources utilisées sont définies par le contenu de la tâche. On peut imaginer la relation inverse, la disponibilité de la ressource conduisant au choix d'une gamme alternative et donc au contenu de la tâche.
- l'hypothèse d'intensité constante de l'utilisation d'une ressource par la tâche et donc l'impossibilité de faire varier l'utilisation de la ressource en cours d'exécution.

En synthèse, nous pouvons décrire le problème de l'ordonnancement du projet en tenant compte de contraintes cumulatives pesant sur les ressources :

C) Valorisation des consommations de ressources.

Si les techniques d'ordonnancement permettent de déterminer les consommations de ressources, le budget du projet suppose l'évaluation prévisionnelle du coût des tâches, c'est à dire la valorisation des consommations de ressources par les tâches. La valorisation des consommations de ressources peut être réalisée :

- par une estimation, selon les méthodes décrite précédemment, qui suppose le stockage de données relatives aux projets antérieurs.
- par un calcul analytique utilisant les taux standards de la comptabilité de gestion. Dans ce cas, la pertinence du budget de contrôle du projet dépend étroitement des taux standards fournis par la comptabilité de gestion. Le principe de valorisation devient alors celui d'une estimation analytique.

Cette méthode nécessite, en effet, des informations très détaillées sur le produit et sur le procédé de fabrication: Nomenclature du produit, gammes opératoires...

Le principe de la méthode analytique peut être résumé par la relation suivante:

$$\text{Coût d'une ressource} = \text{EBOT} * \text{EGP}$$

avec: EBOT	Eléments de base d'ordre technique (par exemple: heures de MOD, quantités de matières achetées...);
EGP	Eléments généraux de prix (taux horaires, coefficients d'approvisionnement...). Ces éléments proviennent en général des systèmes d'informations comptables.

Sur un plan pratique, la mise en œuvre de la méthode analytique est longue et coûteuse. Par exemple, Stewart (1995) dans le « Cost estimator's reference manual » précise les différentes étapes nécessaires à la mise en œuvre de la méthode :

- développer la structure de décomposition des tâches (C.B.S) ;
- planifier les tâches pour tenir compte de la date de survenance ;
- obtenir et organiser les données historiques ;
- développer et utiliser les relations d'estimation des coûts ;
- développer et utiliser les courbes d'apprentissage en production ;
- identifier les catégories et les taux de main d'œuvre ;
- développer les estimations de taux de m.o. et de matières et composants ;
- prendre en compte le coûts des frais généraux et administratifs ;
- appliquer les facteurs d'inflation ou de croissance des coûts ;
- calculer le coût estimé.

La pertinence des estimations fournies par la méthode analytique dépendra de la pertinence du modèle d'allocation des coûts aux produits utilisés par la comptabilité de gestion pour calculer les coûts de revient des produits existants et repris par l'estimation de coûts des produits futurs. Dans cette optique se pose principalement le problème de la traçabilité des coûts (c'est-à-dire les consommations de charges par les produits) et notamment le problème de l'imputation des frais de structure et des frais généraux.

En reprenant les différentes catégories de ressources que nous avons détaillé, nous pouvons, à titre d'exemple, proposer la répartition suivante :

Nature de ressources	Exemple de charges directes	Exemples de charges indirectes
Heures d'ingénierie	Heures des personnels intervenant directement sur le projet	Supervision, moyens des services, gestion des personnels....
Matériels (principaux ou banalisés)	Prix d'achat	Charges d'approvisionnement, coûts de stockage...
Sous-contrats (ingénierie ou travaux)	Prix des contrats	Charges de gestion des contrats, de supervision ou réception des travaux...

L'utilisation de la méthode analytique pour déterminer le budget du projet pose un certain nombre de problèmes méthodologiques.

Tout d'abord, les charges prises en compte dans le budget du projet peuvent être directes ou indirectes par rapport à la tâche. Les charges indirectes doivent être isolées sur un compte particulier pour être en mesure d'apprécier les causes d'écarts entre coûts prévus et réalisés.

En second lieu, le caractère directe ou indirecte des charges par rapport aux tâches est étroitement lié à la décomposition hiérarchique du projet (organigramme technique). Une charge peut être indirecte par rapport aux tâches de niveau de décomposition k , mais directe par rapport au niveau de la tâche de niveau de décomposition $k-1$.

Le coût des prestations de travail des services fonctionnels au projet peut s'effectuer sur des bases différentes tant au niveau du budget, qu'au niveau du suivi budgétaire (facturation):

- un taux moyen du service prestataire peut être retenu pour le budget comme pour la facturation ;
- le coût réel de la prestation peut être retenu pour le budget et pour la facturation ; cette solution suppose une prévision très précise des ressources utilisées.
- un taux moyen du service prestataire peut être retenu pour le budget et un coût réel de la prestation pour la facturation. Cette situation complique le suivi budgétaire en cours de réalisation du projet.

Le second problème méthodologique porte sur la définition de l'échéancier précis de consommation du budget du projet. En effet, l'exécution d'une tâche se réalisant sur une durée caractérisée par sa date de début et sa date de fin, il reste à répartir dans le temps l'intensité et la valeur de la consommation de ressources utilisées par la tâche. Plusieurs solutions sont possibles parmi lesquelles :

- la répartition uniforme du coût de la tâche sur chaque période élémentaire durant laquelle la tâche est exécutée. Si, au niveau prévisionnel, cette solution est simple, elle pose des difficultés en cours de suivi budgétaire puisque le dépense et la durée réelles ne sont connues qu'après exécution de la tâche.

- la répartition du coût de la tâche pour moitié au début d'exécution et pour moitié en fin d'exécution. Pour le suivi budgétaire, lors de la réalisation du projet, la moitié du montant prévu est imputé à la date de début de la tâche et le solde est imputé à la date de fin de la tâche sur la base de la dépense réelle.

Le budget de base du projet comprend l'ensemble des consommations valorisées de ressources par les tâches, d'une part, et, d'autre part :

- un budget non distribué, destiné à prendre en compte les consommations de ressources de tâches encore mal spécifiées, lors de la programmation du projet.
- une provision générale ou réserve de gestion, qui est destinée à faire face aux aléas et aux imprévus.

Le budget définitif du projet suppose donc d'avoir déterminé le montant et affecté la provision générale.

3.3. Dimensions organisationnelles du budget

Un budget est avant tout un plan d'action chiffré à court terme et constitue donc un « contrat » entre la direction du projet et les différents acteurs intervenant. En contrepartie des ressources allouées aux différents intervenants par la direction du projet, celle-ci attend un certain niveau de résultats (des spécifications) dans un certain délai.

Sur un plan technique, ces dimensions organisationnelles se traduisent par un organigramme O.B.S (« Organizational Breakdown Structure ») un organigramme ABS (« Activity Breakdown Structure ») et un organigramme RBS (« Ressource Breakdown Structure »).

L'idée des différents organigrammes est que chacun des intervenants au projet évalue l'organisation de l'affaire selon son propre point de vue (on parle de manière générale en contrôle de gestion du principe de contrôlabilité) :

- le client interne ou externe (maître d'ouvrage) s'intéresse principalement à l'organigramme technique, c'est-à-dire au contenu et au livrable de chacune des tâches ;
- le maître d'œuvre, c'est-à-dire, la direction de l'entreprise ou la direction du projet, s'intéresse essentiellement à l'organigramme OBS qui signifie organigramme des métiers. Il s'agit de l'organisation des métiers au sein du projet.
- Les organigrammes ABS et RBS intéressent essentiellement les responsables des sections opérationnelles (métiers) ; ils indiquent la nature des activités à réaliser pour réaliser la tâche concernée ainsi que les ressources disponibles (moyens humains ou matériels).

Les questions de contrôle et de maîtrise des coûts du projet sont grandement simplifiées lorsque chacune des tâches de l'organigramme technique correspond à une responsabilité unique définie. Les organigrammes d'activités et de ressources sont des outils destinés à aider les responsables des sections opérationnelles pour planifier et allouer leurs ressources. Ces différents organigrammes vont permettre de distinguer deux types de budgets initiaux.

Le budget initial (B.I) est celui qui a été établi par le contrôleur de gestion sur la base du dossier d'initialisation du projet lors de l'ordonnancement du projet (il s'agit du budget que nous avons décrit au paragraphe précédent). Ce budget est en général établi dès que la faisabilité du projet a été démontrée. Ce budget initial est transmis aux différentes spécialités et métiers (sur la base de l'organigramme O.B.S) qui vont établir pour chaque tâche qui leur a été confiée leur liste d'activités et de ressources qui seront nécessaires. Pour chacune des activités définie et nécessaire à la réalisation de la tâche, le responsable métier doit indiquer les moyens matériels et humains nécessaires ainsi que les risques. Chacune des activités

décrites doit s'inscrire dans les dates jalons définies dans le planning directeur défini lors de la planification initiale du projet.

La liste des activités et des ressources nécessaires établie (on parle de fiches de lots) par les responsables des métiers font alors l'objet d'une négociation et d'un accord entre les responsables des métiers et la direction du projet. Après accord, chacune des fiches de lots devient le contrat, l'engagement du responsable vis à vis du directeur de projet.

Chacune des fiches de lot décrit l'engagement du responsable des métiers qui porte sur :

- Le travail à faire c'est-à-dire la nature des tâches de l'organigramme technique à réaliser ;
- La liste des activités de l'organigramme ABS jugées nécessaires pour exécuter la tâche ;
- La liste des moyens humains et matériels nécessaires de l'organigramme RBS et leur répartition au cours du temps ;
- Le coût des différentes ressources et le coût total de réalisation de la tâche ;
- Les délais de réalisation ;
- Les différents risques ou aléas identifiés.

Le rôle du contrôleur de gestion du projet est d'aider aux négociations de ressources entre les responsables des métiers et la direction du projet puis, une fois les accords réalisés, de consolider l'ensemble des informations (de consommations de ressources et de délais) pour établir le budget initial prévisionnel d'opérations (BIPO).

En général, le BIPO fait apparaître des dépassements par rapport au BI. Deux solutions sont alors possibles :

- Conserver l'écart de coût parce qu'il est considéré comme raisonnable ou gérable par la direction du projet en accord avec la direction de l'entreprise ;
- Ne pas accepter ces écarts et dans ce cas, il faudra soit renégocier les tâches avec les responsables opérationnels, soit redéfinir certaines tâches du projet ou encore, renégocier avec le client du projet (maître d'ouvrage).

Pour la suite du pilotage du projet, le BIPO devient la « référence ». Celui-ci n'est modifiable que si et seulement si la modification ou le complément représente une variation du périmètre du projet acceptée par le maître d'ouvrage. Dans ce cas, le contrôleur de gestion établit une fiche de modification qui précise la justification de la modification et le détail des coûts modifiés.

3.4. Principaux risques encourus en phase de planification du projet

L'identification des principales sources de risques souligne le rôle du contrôleur de gestion en phase de planification du projet.

Risques « internes » liés à la définition des spécifications	Risques « externes » liés à la définition des spécifications
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Imprécision des tâches ▪ Incohérences dans le cahier des charges ▪ Risques techniques et d'industrialisation ▪ Manque de maîtrise des processus de développement et de suivi des projets 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Risques liés à une obsolescence commerciale (pour les produits nouveaux) ; ▪ Risques réglementaires sur les spécifications

4. Le suivi des coûts du projet au cours de son exécution

Comme l'indique Anthony (1988), « *au cours du processus de contrôle, les données sur les coûts réels, le temps réel et les réalisations sont comparées aux prévisions. La comparaison peut être établie soit lorsqu'une étape identifiée du projet est atteinte, soit régulièrement, par exemple à la fin de chaque semaine, ou de chaque mois* ».

Les objectifs du contrôle de gestion de la phase d'exécution d'un projet de conception et de développement d'un nouveau produit sont de mettre en place un système facilitant le pilotage du projet, notamment en permettant :

- la mesure des réalisations ;
- la confrontation entre les réalisations et les prévisions ; cette confrontation a pour objectif de mettre en évidence les points sur lesquels le plan d'origine n'a pas été respecté, d'analyser les raisons des dérives et leurs conséquences prévisibles sur la suite du projet.
- la recherche de solutions et la prise d'actions correctives permettant de maintenir les objectifs initiaux ou modifier les objectifs du projet.

Lors du processus de suivi de la réalisation du projet, les objectifs de calendrier des charges, de délai et de coût doivent être suivis simultanément, des arbitrages entre ces trois critères étant toujours possibles.

Le contrôle des réalisations en phase d'exécution du projet repose sur des outils similaires à ceux du contrôle budgétaire des opérations récurrentes : l'analyse des écarts.

A une date t , le budget à date remplace le budget initialement établi (c'est-à-dire le BIPO). Le budget à date est un budget flexible qui intègre les modifications intervenues.

Les réalisations sont comparées au budget à date et les écarts sont analysés en écart de planning et écart sur consommations de ressources, l'écart de coût. L'écart sur consommation de ressources s'analyse en écart sur quantités utilisées et en écart sur prix .

Le suivi des coûts du projet au cours de son exécution suppose donc :

- de définir le nouveau référentiel à la date d'analyse ;
- de déterminer les coûts réels des travaux réalisés à la date d'analyse ;
- de tirer les écarts entre le référentiel à la date d'analyse et les coûts réels ;
- et éventuellement de proposer des pistes d'analyse pour définir les mesures correctives lorsque les écarts sont jugés difficilement acceptables.

4.1. le budget à date, synthèse des données de référence

Lors du démarrage du projet, le budget de référence est le BIPO (budget initial prévisionnel d'opérations) qui résulte :

- d'une part, de la programmation prévisionnelle du projet ;
- d'autre part, des négociations entre les responsables opérationnels et la direction du projet.

A une date ultérieure, un certain nombre d'événements ont pu se produire conduisant à revoir les prévisions initiales. Sur un plan pratique, ces événements se traduisent par des fiches de modification proposées par les responsables opérationnels et acceptées par la direction du projet. Ces modifications conduisent à une évolution du référentiel budgétaire qui se traduit sur le plan du contrôle de gestion du projet par un budget à date. Ce dernier intègre les décisions modificatives intervenues pour tenir compte des difficultés ou opportunités rencontrées.

Sur un plan méthodologique, ce budget à date se distingue du coût prévisionnel réestimé du projet qui est, en fait, une réestimation du coût final prévisionnel de projet incorporant l'ensemble des modifications intervenues à la date d'analyse. Nous étudierons ce problème dans un prochain paragraphe.

La réalisation du budget à date pose la question de la prise en compte des modifications. On appelle modification toute variation contractuelle de quelque nature que ce soit par rapport aux bases initiales définies dans les clauses du contrat et traduites au BIPO. Un des rôles du contrôleur de gestion est de surveiller les principales sources de modifications afin de les détecter au plus tôt.

- Modifications issues du client dans le cas de projets d'équipement ou d'ouvrages vendus : certaines modifications sont formellement demandées par le client, mais d'autres résultent de discussions informelles entre les représentants du client et ceux du maître d'œuvre. Le maître d'œuvre doit être vigilant pour que ces demandes ne se transforment, à la longue, en suppléments de prestations sans contreparties.
- Modifications issues des services opérationnels du maître d'œuvre : le risque essentiel est de réaliser des prestations non demandées par le « client », qui augmentent le budget sans augmenter les recettes.
- Modifications issues des fournisseurs : il convient de distinguer celles qui ne peuvent être répercutées au client, car elles résultent d'un oubli de la part du maître d'œuvre de celles qui peuvent être répercutées. Il convient également de faire attention aux risques de sur-spécification des livrables des fournisseurs (améliorations technologiques diverses....).

Dans tous les cas, une modification doit être documentée et approuvée par la direction du projet. Le contrôleur de gestion du projet révisé alors son budget.

4.2. L'analyse de l'exécution du projet

L'objectif de cette analyse est de déterminer pour une date identique à celle du budget à date les réalisations effectives (avancement réel du projet) et les coûts effectivement supportés. Cela pose deux types de problèmes méthodologiques :

- Quels sont les coûts réels à prendre en compte ? Cette question porte sur la distinction entre un coût engagé, un coût comptabilisé et un coût dépensé.
- Comment mesurer l'avancement physique ?

A) La mesure de l'avancement physique

La question de la mesure de l'avancement physique se pose principalement pour les tâches constituées d'heures de personnel. En ce qui concerne les achats et la sous-traitance, la constatation du coût est en général lié à la livraison du bien ou à la réalisation de la prestation. De manière générique, l'avancement physique sera mesuré par le ratio :

$$\frac{\text{Travail réalisé}}{\text{Travail total à réaliser}}$$

Le travail total à réaliser est à l'origine celui prévu au BIPO, corrigé des modifications approuvées par la direction du projet.

Ce travail total à réaliser peut se mesurer en quantités (nombre de plans à dessiner, nombre d'appareils à commander, de composants à implanter, de mètres cubes de béton à couler...). L'avancement physique est alors le rapport entre la quantité réalisée et la quantité totale à réaliser.

Cependant, il se peut que le travail ne puisse être mesuré par des éléments tangibles et dénombrables. Dans ce cas, la mesure du travail réalisé ne sera possible que si des événements physiques marquants dans le déroulement des tâches ont été spécifiés lors de la planification initiale du projet. Par exemple, pour des études, on peut retenir la première estimation d'un plan, pour les achats l'émission d'une commande ou l'établissement d'un tableau de comparaison des prix. A chacun de ces événements, un pourcentage d'avancement est défini en accord avec le responsable de tâche intéressé.

Sur un plan pratique, il est évident que la mesure de l'avancement physique sera d'autant simplifiée que la durée retenue pour les tâches ne sera pas trop longue et que les différentes tâches disposent de « livrables » clairs et identifiables.

La détermination de l'avancement physique et la comparaison entre l'avancement théorique et l'avancement réel permettent de déterminer des écarts de quantités de ressources consommées par rapport à la prévision contenue dans le budget à date.

Nature des ressources	Principaux écarts de quantités
Heures d'ingénierie	– Rendement des ingénieurs
Equipements principaux	– Ecart techniques faisant varier les quantités. Ces écarts ne doivent pas avoir été intégrés au budget à date, ce qui constitue un cas rare
Matériels banalisés	Les évolutions de quantités sont mesurées dans les différents métrés : – Métrés de tuyauterie ; – Listes d'instrumentations ; – Carnets de câbles ; – Listes de moteurs électriques – Métrés de charpente métallique. Les écarts sur quantités peuvent provenir de mauvaises spécifications lors de l'établissement du budget à date, soit de gâchis de ce matériel banalisé. Les écarts sur quantités supposent une budgétisation et un suivi des quantités très précis
Marchés de travaux, sous-traitance	Ils sont suivis par le co-contractant et leur prise en compte dépend de la nature du contrat (cost plus ou forfait)

B) Les coûts à prendre en compte

On peut distinguer trois moments différents de prise en compte d'un coût :

- Le coût engagé est le plus pertinent pour la direction du projet puisqu'il correspond à la conséquence des décisions prises ;

- Le coût comptabilisé ou enregistré correspond au montant des factures ou salaires enregistrés par le système comptable. C'est celui qui est suivi par les systèmes d'information comptable de l'entreprise.
- Le coût dépensé intéresse principalement le financier de l'entreprise.

Les relations temporelles entre ces trois moments du coût sont complexes et supposent de différencier, notamment, les ressources stockables de celles qui ne le sont pas.

Lors de l'évaluation des consommations réelles, il y a donc lieu de s'interroger sur le fait générateur du suivi des coûts du projet et d'en tenir compte pour l'analyse des différents écarts. La différence entre les coûts réels et les coûts budgétés (pour un avancement identique) doivent permettre de faire apparaître des écarts de coût de valorisation des tâches.

Nature des ressources	Principaux écarts de valorisation
Heures d'ingénierie	<ul style="list-style-type: none"> – Variation du taux horaire ou du taux horaire chargé ; – Variation de taux de change.
Equipements principaux	<ul style="list-style-type: none"> – Variation des prix unitaires des fournisseurs ou des charges indirectes d'approvisionnement ; – Variations de taux de change. – Changement de fournisseur...
Matériels banalisés	<ul style="list-style-type: none"> – Variation des prix unitaires des fournisseurs (évolution des conditions économiques...) ou des charges indirectes d'approvisionnement ; – Changement de fournisseur...
Marchés de travaux, sous-traitance	<ul style="list-style-type: none"> – Variation des prix unitaires des contractants (évolution des conditions économiques...) ou des charges indirectes d'approvisionnement ; – Changement de fournisseur...

4.3. La détermination des écarts

Les bases de comparaison du contrôle de gestion du projet en phase d'exécution peuvent être résumées dans le tableau suivant (ECOSIP, 1993) :

HYPOTHESES		COÛT ENCOURU (coût réel du travail effectué)	BUDGET ENCOURU (coût budgété du travail prévu)	VALEUR ACQUISE (coût budgété du travail effectué)
PLANNING	PREVU			
	REALISE			
COÛT	PREVU			
	REALISE			

A) Les éléments à comparer

Le coût encouru ou coût réel du travail effectué (CRTE) correspond au coût réel des travaux réalisés à la date d'analyse et imputables au projet.

Si le projet s'était déroulé conformément au budget à date, on aurait supporté le budget encouru appelé coût budgété du travail prévu (CBTP).

La différence observée entre les deux grandeurs peut avoir pour origine :

- Une différence de planning, c'est-à-dire une avance ou un retard du travail réalisé par rapport aux prévisions.
- Des différences de prix, c'est-à-dire que le coût réel des ressources consommées est différent du coût budgété des ressources consommées, que l'on dénomme « effet prix ».

Cet « effet prix » peut, lui-même, avoir deux origines :

- Tout d'abord, les quantités de ressources utilisées sont différentes de ce qui avait été budgété pour obtenir le même avancement physique (amélioration ou dégradation de la productivité) ;
- Ensuite, les prix unitaires réels et budgétés peuvent être différents.

Pour pouvoir calculer ces différentes sources d'écarts, on introduit la valeur théorique des travaux effectués, le coût budgété du travail effectué (CBTE) qui s'obtient en valorisant les tâches effectivement réalisées par leur coût unitaire prévisionnel budgété. Cela revient à se poser la question suivante : Si on se ramène au niveau réel d'avancement, quel aurait du être le coût d'après la budget de référence ? En conséquence, le CBTE adopte la même hypothèse d'avancement du planning que le CRTE et la même hypothèse de valorisation des ressources consommées que le CBTP.

B) Le calcul des écarts

L'écart global est égal à la différence entre le coût budgété du travail prévu (CBTP) et le coût réel du travail effectué (CRTE) :

$$\text{Ecart global} = \text{CBTP} - \text{CRTE}$$

L'écart de planning est égal à la différence entre le coût budgété du travail effectué et le coût budgété du travail prévu :

$$\text{Ecart/planning} = \text{CBTE} - \text{CBTP}$$

Si l'écart est positif, le planning réel est en avance par rapport au planning prévu. Cet écart de planning est exprimé en valeur et, en conséquence, sa signification est peu évidente .

Cependant, exprimé en pourcentage ($\frac{\text{écart de planning}}{\text{CBTP}}$) et complété par d'autres outils

(analyse de l'avancement détaillé des tâches) permettant de suivre précisément les avances ou retards par rapport au délai initialement prévu, l'écart de planning est un outil pertinent de suivi.

L'écart de coût (parfois dénommé écart de performance ou écart de productivité) est égal à la différence entre le coût budgété du travail effectué et le coût réel du travail effectué :

Ecart/coût = CBTE – CRTE

Cet écart peut être décomposé (selon les méthodes traditionnelles d'analyse des écarts en contrôle budgétaire) en écart de productivité (variation des quantités de ressources nécessaires pour réaliser la tâche) et en écart sur prix (variations du prix unitaire de la ressource consommée).

L'analyse de l'écart de coût est relativement simple :

- Si le CRTE est supérieur au CBTE, on est en présence de coûts supplémentaires qu'il faudra compenser par des économies ultérieures ou alors, entériner par une augmentation du budget.
- Dans le cas contraire, les réalisations du projet ont coûté moins cher que prévu, ce qui accroît les chances de tenir dans l'enveloppe budgétaire.

La pertinence de la mesure des performances par la détermination et l'analyse des écarts dépend de la qualité des prévisions. L'estimation des coûts du projet est progressivement affinée au cours du cycle de vie du projet de conception et de développement du nouveau produit et les risques d'erreurs d'estimation du coût sont réduits.

En phase de définition du projet, les coûts sont estimés à l'aide des méthodes paramétriques et le risque d'erreur est de l'ordre de 10-15 %.

Lorsque les spécifications techniques sont précisées, les coûts sont évalués selon les méthodes analytiques et le risque d'erreur est réduit.

L'objectif de suivi du budget est double :

- réestimer périodiquement le coût du projet, en tenant compte des éléments nouveaux (imprévus ou modifications) intervenus ;
- mettre en œuvre les actions correctives permettant de tenir ou de se rapprocher des objectifs initiaux de performance du projet.

Ce processus de contrôle des coûts a posteriori a un caractère différent de celui des coûts récurrents : dans le cadre des opérations récurrentes, l'analyse des écarts et la mise en œuvre d'actions correctrices se justifient par la stabilité et la récurrence des opérations contrôlées. Dans le cadre d'un projet de conception d'un produit nouveau, le contrôle a posteriori des coûts ne porte pas sur des opérations stables et récurrentes. Les actions correctrices ne peuvent porter que sur des tâches futures et non sur les opérations à l'origine des écarts constatés. Dans le cas où l'amélioration de la productivité des tâches futures est difficile, voire impossible, les techniques de contrôle budgétaire de projet se transforment en systèmes d'enregistrement a posteriori des dérives. En conséquence, le suivi du budget du projet permet de prendre en compte l'interdépendance temporelle des décisions.

B) Contrôle budgétaire et analyse des risques.

Les hypothèses établies au cours de la phase de programmation du projet sont progressivement confirmées ou infirmées en cours de phase d'exécution. Les risques, au cours de la phase d'exécution, sont liés (Giard, 1991) :

- au risque de détection tardive, qui repose essentiellement sur la qualité et la disponibilité de l'information ;
- au risque de diagnostic erroné, qui repose fréquemment sur des problèmes d'interprétation des données ;
- au risque de réponses erronées, ce qui pose la question de l'articulation entre les logiques locales et le global.

L'analyse du risque de dépassement des coûts est réalisé à partir des techniques traditionnelles de contrôle de gestion des projets. Le rôle du contrôle de gestion est notamment de mettre en place les instruments de suivi des décisions :

- le contrôle budgétaire : cet outil est conçu principalement dans une perspective de contrôle ex-post et permet une régulation du système par rétroaction, l'écart entre le réel et les objectifs conduisant au déclenchement d'actions correctives . Il ne permet pas de réduire totalement le risque de détection tardive.
- les tableaux de bord : des indicateurs pertinents peuvent signaler l'apparition de risques pouvant affecter le fonctionnement du système. Ils peuvent également réduire le risque de réponses erronées en tant qu'outil d'évaluation incorporant un rôle coordinateur.

Un processus de simulation des coûts restant à engager peut être entrepris au cours de la phase d'exécution du projet permet d'affiner l'évaluation du risque de dépassement budgétaire.

5. La détermination du coût final prévisionnel du projet

L'analyse de l'exécution du projet ainsi que le calcul des écarts constitue une première étape du pilotage en cours d'exécution du projet. La réestimation du coût final prévisionnel du projet a pour objectif de détecter et de mesurer l'ampleur éventuelle des dépassements avant que ceux-ci deviennent irréversibles. En conséquence, les mesures correctives ne pourront être suggérées et adoptées qu'après la mesure de la conséquence des principaux écarts sur le coût final prévisionnel du projet.

La réestimation se traduit par la détermination du budget actualisé prévisionnel d'opération ou BAPO. Ce budget se calcule comme le BIPO, c'est-à-dire par tâches de l'organigramme technique puis par métier (organigramme OBS) et éventuellement par activités (organigramme ABS). Par rapport aux concepts introduits dans le paragraphe précédent, à une date quelconque, le BAPO est déterminé de la manière suivante :

$$\text{BAPO (t)} = \text{CRTE (t)} + \text{Estimation (t) du reste à faire}$$

L'estimation du reste à faire suppose donc de réévaluer les consommations de ressources en valeur pour pouvoir terminer le projet. Les conditions économiques qui s'appliquent sont celles de la fin du projet.

5.1. La réestimation des consommations de ressources nécessaires

Nous distinguerons les quatre catégories de ressources qui ont été préalablement identifiées :

- Les heures d'ingénierie ;
- Les équipements principaux ;
- Le matériel banalisé ;
- Les marchés de travaux et la sous-traitance.

□ *La réestimation des coûts d'ingénierie*

Elle suppose de réestimer les heures nécessaires pour terminer le projet ainsi que les coûts horaires. La réestimation des heures s'appuie à une date t sur la connaissance des éléments suivants :

- Nombre d'heures prévues par le BIPO ;
- Nombre d'heures réalisées ;

- Avancement physique des différentes tâches d'ingénierie.

On peut donc, en supposant que la productivité de la main d'œuvre reste constante sur la durée nécessaire pour terminer le projet, déterminer les heures par la formule suivante :

$$\text{Heures réestimées à productivité constante} = \frac{\text{Heures consommées}}{\text{Avancement physique}}$$

La seconde étape consiste à réévaluer les coûts horaires. Ceux-ci sont, en général, déterminés par le contrôle de gestion dans le cadre du budget de l'entreprise. Ces coûts horaires peuvent être des taux moyens par service ou des taux moyens par catégorie. Il y a lieu d'étudier la nature des charges comprises dans les taux horaires :

- Uniquement des charges salariales (salaires et charges sociales) ;
- Des charges salariales ainsi que d'autres charges indirectes du service ;
- Des charges salariales, des charges indirectes du service, ainsi qu'une quote-part des frais généraux de l'entreprise.

□ *Equipements principaux*

La fabrication et la livraison d'un équipement sur un site suppose différentes étapes techniques et commerciales :

- Etapes techniques :
 - Les études de procédés qui conduisent à des calculs complémentaires d'ajustement ;
 - Des études de réalisation conjointes qui vont permettre de préciser les spécifications ;
 - Des études sur maquettes qui conduisent à des modifications de plans résultant des interfaces avec les autres corps de métier.
- Etapes commerciales :
 - L'appel d'offres auprès des fournisseurs ;
 - La passation de la commande
 - La gestion des éventuels avenants au contrat.

Il existe deux causes principales d'évolution du coût final d'un équipement :

- Des variations techniques, le coût technique à une date t étant différent de celui qui avait été préalablement retenu ;
- Des variations conjoncturelles (évolutions des prix des matières premières, évolutions de taux de change...).

En conséquence, la principale source de réestimation tient au fait que les estimations initiales sont toujours imparfaites.

□ *Matériel banalisé*

Le matériel banalisé constitue l'environnement du matériel principal et se compose de la fourniture :

- Du matériel électrique ;
- Du matériel d'instrumentation ;
- De la tuyauterie.

- De la charpente métallique ;
- Et de tout autre matériel nécessaire.

Une des difficultés est que le matériel banalisé occupe plusieurs emplacements dans une unité d'exploitation, qu'il est partout et qu'il est difficilement repérable. Les principales causes de l'évolution du coût du matériel banalisé sont au nombre de trois :

- Les évolutions technologiques du matériel : celles-ci font, en principe l'objet d'une feuille de modification. Leur gestion se rapproche donc de la gestion des modifications.
- Les évolutions de quantités : elles peuvent résulter d'imprécisions lors des estimations initiales ou de gâchis. Lorsqu'on constate ces évolutions de quantités, il est d'ailleurs généralement trop tard.
- Des évolutions de prix unitaires : ces prix peuvent dépendre des quantités négociées, des stocks et lieux d'approvisionnements des fournisseurs, de facteurs conjoncturels...

Le contrôleur de gestion devra donc tenter de suivre toutes ces évolutions afin de proposer une réestimation réaliste.

□ *Marchés de travaux, sous-traitance*

Après les équipements principaux et la matériel banalisé, le maître d'œuvre confie à d'autres tiers le soin de mettre en place ce qui a été étudié, manufacturé ou acheté. Les principales causes d'évolution du coût final de ces marchés de travaux sont :

- Des variations de quantités et de prix ;
- La sous-productivité en personnel de l'entreprise de travaux.
- Une part fixe trop faible (matériel et encadrement non approprié) de l'entreprise de travaux.

Pour les marchés de travaux, ce qui fait en général varier la valeur de la réestimation, ce sont les quantités à fournir. Le suivi par le contrôleur de gestion dépend du type de contrat entre le maître d'œuvre et l'entreprise :

- Pour les marchés au forfait, il faut suivre les évolutions des spécifications ;
- Pour des marchés au bordereau de prix unitaire, il y a lieu de suivre les cadences et les heures de montage prévues au BIPO ainsi que les prix unitaires.

La réestimation suppose donc de tenir compte des quantités d'heures nécessaires (sur la base des fiches de modifications), de la productivité du sous-traitant ainsi que des coûts horaires facturés.

5.2. L'analyse des dépassements et la mise en œuvre des mesures correctives

L'analyse des dépassements a pour objectif d'arbitrer entre les principaux objectifs du projet (délais, spécifications ou coût) de manière à ce que l'équilibre global reste acceptable.

□ *Ressources d'ingénierie*

Ecart	Actions correctives
Quantités d'heures : – Variations de la productivité ;	– Déterminer les causes de sous-

– Variations liées aux spécifications techniques	<ul style="list-style-type: none"> productivité (sous-charges, mauvaise organisation, modifications fréquentes du projet...) – Etablir des feuilles de modifications à soumettre au « client » (variation du périmètre) – Revoir les moyens mis en œuvre (qualifications, efficacités, procédures...)
Taux horaires	<ul style="list-style-type: none"> – Mettre en œuvre des mesures de productivité ; – Revoir les moyens mis en œuvre.

□ *Equipements principaux*

Ecart	Actions correctives
– Techniques	<ul style="list-style-type: none"> – Etablir de nouvelles solutions (études de conception à coût objectif) ; – Analyser les demandes de suppléments fournisseurs ; – Etablir une feuille de modification.
Conjoncturels	<ul style="list-style-type: none"> – Elargir la prospection fournisseur ; – Revoir les spécifications d'achat (technologie, matériaux...) – Etablir une feuille de modification.

□ *Matériel banalisé*

Ecart	Actions correctives
Quantités : – Déterminer l'origine précise de l'écart (ingénierie ou client)	<ul style="list-style-type: none"> – Vérifier les hypothèses de l'estimation ; – Revoir les schémas, les principes d'installation et d'implantation ; – Etablir une feuille de modification si l'écart provient du client.
Eléments qualitatifs (technologies, matériaux...)	<ul style="list-style-type: none"> – Analyser les spécifications concernées ; – Etablir une feuille de modification.
Ecart conjoncturels	<ul style="list-style-type: none"> – Elargir la prospection des fournisseurs ; – Réviser les choix techniques – Etablir une feuille de modification.

□ *Marchés de travaux et sous-traitance*

Ecart	Actions correctives
Quantités : – Réestimation des quantités	<ul style="list-style-type: none"> – Renégociation du contrat de sous-traitance ; – Augmenter les heures productives pour tenir les délais – Etablir une feuille de modification si

	l'écart provient du client.
Eléments qualitatifs (spécifications...)	<ul style="list-style-type: none"> – Analyser l'origine des évolutions de spécifications ; – Changer d'entreprise sous-traitante – Etablir une feuille de modification.
Ecart conjoncturels	<ul style="list-style-type: none"> – Accélérer les délais ; – Augmenter les moyens en heures non productives (encadrement et outillage) ; – Etablir une feuille de modification.

6. En guise de conclusion

La post-évaluation du projet et du responsable de projet poursuit des objectifs similaires à l'évaluation de la performance des opérations récurrentes. L'objectif de l'évaluation est de permettre d'améliorer la performance des futurs projets de conception, notamment par capitalisation de l'expérience.

L'évaluation du projet de conception porte sur les trois aspects définis en phase de planification : qualité du résultat final, délai de développement et coût.

L'évaluation d'un projet comprend deux analyses.

- l'évaluation de la performance de réalisation du projet : l'objectif de cette évaluation est de découvrir de meilleures méthodes de gestion des projets pour améliorer les performances futures. L'évaluation peut notamment mettre en évidence l'inadaptation de certaines règles ou procédures de gestion des projets. La post-évaluation du projet constitue une étape importante en matière d'apprentissage et de mémoire organisationnelle. Argyris et Schön définissent l'apprentissage organisationnel comme des changements, apportés par les membres de l'organisation et permettant d'améliorer les pratiques organisationnelles, qui font l'objet d'un codage dans les procédures de l'organisation. Les techniques de contrôle budgétaire des projets participent à l'apprentissage organisationnel, notamment par la détection et la correction d'erreurs dans les pratiques organisationnelles affectant la performance .
- l'évaluation des résultats du projet : elle est plus délicate, notamment en raison des délais nécessaires pour pouvoir mesurer l'impact en termes de coûts et bénéfices du projet. Cette évaluation porte en partie sur une comparaison de la rentabilité réelle du projet et de la rentabilité planifiée au moment de l'approbation du projet. Elle joue néanmoins un rôle principal pour l'estimation des futurs projets.

Sur un plan opérationnel, cette évaluation se traduit par un dossier de fin d'affaires regroupant les informations techniques, de gestion des coûts et des délais relatives à l'affaire. Le but de ce dossier de fin d'affaires est d'alimenter en renseignements précis la banque de données statistiques de l'entreprise, d'améliorer les méthodes de travail et d'avoir des bases précises pour les évaluations ou les futurs devis.

Exemple de contenu du rapport de fin d'affaires :

- Identification du projet :

- Nature et objectifs ;
 - Client ;
 - Lieu de construction ;
 - Co-contractants, maître d'œuvre.
- Nature de l'affaire :
 - Description succincte ;
 - Liste des documents contractuels ;
 - Liste des avenants aux contrats.
- Principales étapes du contrat :
 - Dates de début et date de fin du projet ;
 - Principaux jalons et « délivrables » du projet ;
 - Date de commande des principaux équipements ;
 - Mise en service industriel ;
 - Dates des réceptions provisoire et définitive ;
- Approvisionnements :
 - Liste des articles principaux ;
 - Fournisseurs (nature des prestations, types de rapports...) ;
 - Principales difficultés techniques rencontrées.
- Assurance et contrôle qualité .
- Gestion des délais :
 - Plannings d'origine et derniers plannings de l'affaire ;
 - Derniers tableaux d'avancement physique.
- Gestion des coûts et des finances :
 - Montage financier de l'opération ;
 - Répertoire des avenants acceptés et non acceptés par le client ;
 - Répertoire des commandes passées par les approvisionnements ;
 - BIPO et derniers BAPO ;
 - Méthodes particulières de pilotage économique retenues pour le projet.