ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

COMME EXIGENCE PARTIELLE
À L'OBTENTION DE LA
MAÎTRISE EN GÉNIE DE LA CONSTRUCTION
M.Ing.

PAR
ASNAR Raoul

DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL POUR ÉTABLIR LE FLUX MONÉTAIRE DES PROJETS DE CONSTRUCTION

MONTRÉAL, LE 22 Septembre 2004

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ
PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

Mme Michèle St-Jacques, directrice de projet
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Jean Paradis, codirecteur
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Edmond Miresco, président du jury
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Hugues Rivard
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

IL A FAIT L'OBJET D'UNE PRÉSENTATION DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 14 SEPTEMBRE 2004

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL POUR ÉTABLIR LE FLUX MONÉTAIRE DES PROJETS DE CONSTRUCTION

Raoul Asnar

SOMMAIRE

Dans un contexte actuel de compétition et de complexité croissantes au sein de l'industrie de la construction, il est vital pour un entrepreneur d'exercer un suivi régulier et précis de ses disponibilités en espèces au travers de son flux monétaire. Cette pratique a pour but de prévenir tout risque d'un manque inattendu de liquidité qui pourrait paralyser les activités en cours, voire dans certains cas mener à la faillite.

Au cours d'une revue de la littérature approfondie sur la détermination du flux monétaire et son application au domaine de la construction, une quarantaine de variables ont été répertoriées. Leur étude a permis d'en retenir une trentaine comme véritablement influentes à l'échelle du projet du point de vue de l'entrepreneur. Ainsi, une méthode de détermination du flux monétaire de projet basée sur les échéanciers et un devis estimatif a été mise sur pied, puis appliquée à Microsoft Project.

De ce fait, il a été possible de générer des courbes de dépenses et de revenus qui tiennent compte de l'ensemble des paramètres retenus, pour aboutir à la détermination du flux monétaire à l'échelle du projet. De plus, l'intégration de la méthode PERT a rendu possible l'introduction d'une probabilité de variation de la durée des activités et a ainsi permis de générer des courbes optimistes, prévisibles et pessimistes.

Au final, l'outil développé se révèle parfaitement exploitable et accessible. Celui-ci est doté non seulement d'une grande précision mais également d'un soutien informatique simple et rapide qui offre la possibilité de saisir les mises à jour par des ajustements mineurs.

En guise de recommandations, il serait bon que l'outil puisse profiter d'un aspect plus automatique afin d'optimiser encore le rapport temps nécessaire / précision des résultats. Enfin, il est nécessaire qu'il soit étendu à l'échelle de l'entreprise, car c'est ce dernier qui suscite véritablement l'intérêt de l'entrepreneur.

DEVELOPING A TOOL TO ASSESS THE CASH-FLOW OF CONSTRUCTION PROJECTS

Raoul Asnar

ABSTRACT

Because competition and complexity are increasing in the construction industry, it's crucial for the contractor to have an appropriate financial management. Thus, a regular and accurate follow-up of its cash situation through the study of its cash-flow is necessary. This is important for him to prevent any risk of an unexpected lack of liquidity, which could paralyse the activities in progress and in some cases lead him to bankruptcy.

Among forty variables studied during the literature survey, thirty were considered truly influential at the project level and were successively integrated in the development of a methodology based on the cost and schedule items. Once the approach of the expenditure and incomes curves modeling was determined, the methodology was implemented with Microsoft Project.

So it was possible to generate expenditure and incomes curves which take into account all the parameters selected up to the modeling of the cash-flow at the project level. Moreover, the integration of the PERT method gives the opportunity to the contractor to generate optimistic, foreseeable and pessimistic cash-flow curves according to the possible variation of the duration of the activities.

At last, the tool appears truly efficient and easy to use. This one presents a high degree of accuracy and thanks to the data processing, it can take into account the various updates by few adjustments.

Suggested improvements would be to automate the data capture of the retentions. Moreover, it would be interesting for the contractor if it could be extended to the company level, because the cash-flow at this scale represents the most important information.

REMERCIEMENTS

Avec l'achèvement de ce mémoire c'est un cycle qui se termine, celui de mes études et un autre qui commence, celui de mon avenir professionnel. Espérons simplement que les pages à venir seront aussi belles que les précédentes.

Ce travail de maîtrise je le dois avant tout à ma motivation personnelle, néanmoins le résultat n'aurait pas été à la hauteur de celui-ci, si je n'avais pas bénéficié des encouragements des uns et des autres.

Je tiens à remercier tout particulièrement mes parents pour leur soutien moral et financier tout au long de mes études, je suis conscient des efforts consentis et je leur en suis redevable, mais qu'ils se rassurent, j'achève à la maîtrise (enfin ... je crois). Mes grands parents, Marcel et Simone, je leur dis à tous deux à très bientôt dans le Sud et « Merci pour tout ». Ma sœur Laure, un modèle d'abnégation et de travail, ma cousine Élodie, à qui je souhaite bonne chance dans la poursuite de ses études. Merci aux familles Noni, Missioux et Vacossin pour leurs encouragements, à Étienne et ces chums pour m'avoir initié à la vie québécoise et à Anthony pour nos soirées dance floor en fin de semaine.

Merci également à l'administration de l'ETS pour m'avoir généreusement attribué une bourse durant mon séjour, aux occupants du local 1740 pour leur bonne humeur et à la colonie marseillaise de l'ETS.

Enfin, je ne pourrai passer sous silence toute ma considération à l'égard de ma directrice de recherche Michèle St-Jacques et ma gratitude à l'égard de mon codirecteur Jean Paradis. Merci à tous deux pour vos précieux conseils, votre expérience et votre disponibilité malgré les sollicitations.

Comme toute œuvre majeure qui marque son époque on parle d'un avant et d'un après. Pour ma part, je pourrai dire qu'il y a eu un avant et un après Montréal, tant les deux années passées ici m'ont apporté sur le plan non seulement technique mais également personnel.

Merci à tous pour votre soutien.

TABLE DES MATIÈRES

Page

SOMMAIRE i
ABSTRACT ii
REMERCIEMENTS iii
TABLE DES MATIÈRES v
LISTE DES TABLEAUX viii
LISTE DES FIGURES ix
LISTE DES GRAPHIQUES xi
GLOSSAIRE xii
INTRODUCTION 1
CHAPITRE 1 4
1.1 Le flux monétaire 4
1.1.1 La définition 4
1.1.2 L'approche mathématique 5
1.2 Les caractéristiques principales du flux monétaire 9
1.2.1 La complexité de la problématique 9
1.2.2 Le flux monétaire un processus dynamique 11
1.2.3 Les attentes suscitées par la détermination du flux monétaire 11
1.3 La vision du flux monétaire selon les intervenants 12
1.3.1 L'entrepreneur 12
1.3.1.1 Le flux monétaire et les problèmes de disponibilité d'espèces 12
1.3.1.2 Le flux monétaire pour améliorer la rentabilité 16
1.3.1.3 Les différents niveaux d'étude du flux monétaire 17
1.3.2 Le client 18
1.4 Le flux monétaire au cours du cycle de vie du projet 19
1.4.1 Le flux monétaire au cours des étapes préliminaires 19
1.4.2 Le flux monétaire au cours de l'étape de planification 20
1.4.3 Le flux monétaire au cours de l'étape de réalisation 20

CHAPITRE 2 21
2.1 Les modèles mathématiques 22
2.1.1 Les modèles nomothétiques 22
2.1.1.1 Les avantages 28
2.1.1.2 Les inconvénients 29
2.1.2 Les modèles idiographiques 30
2.1.2.1 Les différentes approches 32
2.1.2.2 Les avantages et les inconvénients 33
2.2 Les modèles d'intégration coût/temps 34
2.2.1 Les avantages 35
2.2.2 Les inconvénients 35
2.3 Les variables recensées 37
2.3.1 Les variables de coûts et de temps 38
2.3.2 Les variables de revenus 45
2.3.3 Les variables de dépenses 51

CHAPITRE 3 54
3.1 Les objectifs fixés 54
3.2 Le choix d'un modèle d'intégration coût/temps 57
3.2.1 Les justifications 57
3.2.2 Les réponses aux limites du modèle 58
3.3 Les variables non retenues 60
3.3.1 Les variables difficilement mesurables ou non influentes 60
3.3.2 Les variables en dehors des objectifs établis 65
3.4 La méthode 66
3.4.1 La détermination des courbes de coûts par activité 66
3.4.1.1 L'introduction des variables de coût 67
3.4.1.2 L'introduction des variables de temps 68
3.4.2 L'étude des dépenses 70
3.4.2.1 La détermination des courbes de dépenses par mode de paiement 71
3.4.2.2 La détermination de la courbe générale de dépenses 74
3.4.3 L'étude des revenus 75

3.4.3.1 La détermination des courbes de gains par élément de la demande de paiement 76
3.4.3.2 La détermination de la courbe générale de gains 78
3.4.3.3 La détermination de la courbe des revenus 79
3.4.4 La détermination de la courbe de flux monétaire de projet 81
3.4.5 Les mises à jour 81
3.4.5.1 Les mises à jour de la courbe de dépenses 82
3.4.5.2 Les mises à jour de la courbe de revenus 83

CHAPITRE 4 85
4.1 Les étapes préparatoire à l'outil 86
4.1.1 Le travail préparatoire au sein de Microsoft Project 86
4.1.2 Le travail préparatoire au sein de Microsoft Excel 92
4.2 La marche à suivre pour l'utilisation de l'outil 100
4.2.1 La détermination des courbes de coûts par activité 101
4.2.1.1 La détermination du coût par activité 101
4.2.1.2 L'introduction des items de temps 106
4.2.2 Le regroupement des catégories de coûts par mode de paiement 108
4.2.3 Le regroupement des activités selon la ventilation des prix 110
4.2.4 La saisie du profit et du débalancement 111
4.2.5 L'importation des courbes de coûts par mode de paiement et de la courbe de gains 113
4.2.6 L'introduction des délais de paiement et du pourcentage de retenue 114
4.2.7 L'introduction des remises de retenues 116
4.2.8 La détermination de la courbe de flux monétaire de projet 119
4.2.9 La saisie des mises à jour 122

CONCLUSION 125
RECOMMANDATIONS 128
BIBLIOGRAPHIE 129

LISTE DES TABLEAUX

Page

Tableau I Un exemple de décomposition du projet selon des items de coûts.....26
Tableau II Les constantes et coefficients de la résolution polynomiale.....28
Tableau III Un exemple de débalancement des items d'un contrat 47
Tableau IV Les sept modes de paiement intégrés initialement à la liste de valeur 88
Tableau V Les 16 items issus du Devis Directeur National intégrés initialement à la liste de valeurs 90

LISTE DES FIGURES

Page

Figure 1 Un exemple de données générales à la base des modèles nomothétiques 29

Figure 2 Un exemple de relations multiples entre activités et items de coûts 37

Figure 3 Le schéma de prise en compte des frais généraux dans la détermination du flux monétaire à l'échelle de l'entreprise 40

Figure 4 L'arborescence menant à l'obtention du flux monétaire à l'échelle de l'entreprise 63

Figure 5 Le processus de prise en compte des escomptes au cas par cas 65

Figure 6 Les étapes préliminaires communes à la détermination des dépenses et des revenus 67

Figure 7 L'arborescence menant à l'obtention de la courbe des dépenses cumulatives 71

Figure 8 L'arborescence menant à l'obtention de la courbe des revenus cumulatifs 76

Figure 9 La création d'un champ « Mode de paiement » muni d'une liste de valeurs prédéfinie 88

Figure 10 La création d'un champ « Numéro de demande de paiement », muni d'une liste de valeurs prédéfinie 89

Figure 11 La détermination des éléments de la courbe de dépenses à partir de la courbe de coûts 93

Figure 12 Le cheminement logique dans l'introduction des délais de paiement et du pourcentage de retenue 94

Figure 13 Le tableau préformaté relatif à la détermination des dépenses et des revenus 97

Figure 14 Le tableau préformaté relatif à la détermination des remises de retenues 99

Figure 15 Le cheminement logique dans l'introduction des remises de retenues 100

Figure 16 La saisie des ressources 102
Figure 17 L'affectation des ressources aux différentes activités du projet 103
Figure 18 Un exemple d'affectation d'une ressource à prix forfaitaires 104
Figure 19 La saisie des durées optimistes, attendues et prévisibles 107
Figure 20 Un exemple d'affectation aux activités d'un calendrier spécifique 108
Figure 21 Un exemple d'affectation aux ressources d'un mode de paiement 109
Figure 22 Le résultat du regroupement des ressources selon leur mode de paiement 109
Figure 23 Un exemple d'affectation aux activités d'un numéro de demande de paiement 110
Figure 24 Le résultat du regroupement des activités selon leur numéro de demande de paiement 111
Figure 25 La saisie d'une modification sur le pourcentage de profit 112
Figure 26 La ventilation débalancée de chaque élément de la demande de paiement 112
Figure 27 Saisie du nombre de modes de paiement et du nombre d'éléments dans la demande de paiement au sein de la macro « Cash flow » 113
Figure 28 Les résultats de l'importation de l'ensemble des courbes de coûts et de gains par l'intermédiaire de la macro « Cash flow » 114
Figure 29 Un exemple de la saisie de la date de facturation, du délai de paiement et du pourcentage de retenue caractérisant chaque mode de paiement ainsi que le mode de facturation 115
Figure 30 Les résultats obtenus suite à l'introduction des délais de paiement et du pourcentage de retenue 116
Figure 31 La détermination des dates de remises et des montants de remises de chacune des retenues 119
Figure 32 Les résultats de la détermination du flux monétaire 121

LISTE DES GRAPHIQUES

Page

Graphique 1 Un exemple de courbe cumulative de coûts 6
Graphique 2 Un exemple de courbe cumulative de dépenses 7
Graphique 3 Un exemple de courbe de flux monétaire 13
Graphique 4 Un cas défavorable de besoins en financement 14
Graphique 5 Un cas favorable de besoins en financement 14
Graphique 6 Le flux monétaire de vingt projets d'un million de livres et d'une durée de douze mois 24
Graphique 7 La décomposition de la courbe de coûts selon différentes catégories 26
Graphique 8 Les courbes de flux monétaires individuels et moyens pour trois projets 32
Graphique 9 Un concept basique de débalancement 48
Graphique 12 Le suivi comparé entre la courbe de dépenses et la courbe de revenus. 120
Graphique 13 La courbe de flux monétaire de projet 121
Graphique 14 Le flux monétaire de projet optimiste 123
Graphique 15 Le flux monétaire de projet attendu 123
Graphique 16 Le flux monétaire de projet pessimiste 124

GLOSSAIRE

Actualisation. Réevaluation globale du prix initial d'un produit, d'une proposition, d'un marché, effectuée à un moment donné pour tenir compte de l'évolution de paramètres économiques.

Approche idiographique. Approche centrée sur l'étude d'individus, considérés de manière isolée. Le principe est de tenter de caractériser finement le fonctionnement d'individus, et de chercher dans un second temps ce que ces fonctionnements individuels ont en commun.

Approche nomothétique. Approche tentant d'inférer des réponses d'un groupe de sujets à un modèle moyen. Dans ce sens, les fluctuations des individus par rapport à ce modèle sont assignées à des erreurs aléatoires et sans signification.

Banqueroute. Situation juridique d'une société ou d'un particulier qui a fait cession de ses biens ou contre lequel une ordonnance de séquestre a été émise.

Bilan. État financier établi pour rendre compte de la situation financière à une date donnée.

Capitaux empruntés. Fraction (ou totalité) des investissements d'un ouvrage provenant d'emprunts effectués à l'extérieur de la société responsable de l'exploitation.

Capitaux propres. Fraction (ou totalité) des investissements d'un ouvrage financés par la trésorerie de la société responsable de l'exploitation.

Charges financières. Charges représentant les intérêts des capitaux empruntés.

Contingences. Dépenses imprévues

Coûts directs. Coûts directement affectables, sans calcul intermédiaire, à un produit, un service, une activité, une opération ou un centre de coûts.

Coûts fixes. Montant des dépenses à consentir dès l'instant où une unité est construite, qu'elle soit ou non en fonctionnement.

Débalancement. Surfacturation volontaire opérée par l'entrepreneur sur ses facturations au propriétaire, afin de soulager son déficit initial.

Déterminisme. Ordre des faits suivant lequel les conditions d'existence d'un phénomène sont déterminées, fixées, absolument de telle façon que, ces conditions étant posées, le phénomène ne peut pas ne pas se produire.

Espèces. Moyens de paiement qui comprennent exclusivement la monnaie métallique et les billets de banque.

Financement. Ensemble des moyens financiers nécessaires à la création, au fonctionnement ou au développement d'une entreprise.

Fond de roulement. Représente les actifs disponibles pour garantir la capacité de l'entreprise à faire face à ses dettes à court terme.

Frais généraux. Frais engagés pour fabriquer des biens ou rendre des services, qu'il n'est pas possible ou peu

pratique d'imputer directement aux produits fabriqués, aux services rendus ou à des centres de frais.

Gestion de trésorerie. Ensemble de techniques permettant au trésorier d'un groupe d'entreprises d'obtenir la meilleure gestion possible des flux monétaires et financiers de celui-ci.

Inflation. Induite par les coûts ou par l'excès de demandes, l'inflation est un déséquilibre global qui se traduit par une augmentation générale des prix.

Jours ouvrables. Journées pendant lesquelles le personnel aurait pu travailler (même s'il ne l'a pas fait), par opposition aux jours fériés.

Jours ouvrés. Journées pendant lesquelles le personnel a effectivement travaillé.

Liquidité. Capacité ou aptitude d'un bien à se transformer plus ou moins rapidement en espèces.

Modèle déterministe. Modèle mathématique de prévision qui ne comporte pas d'éléments aléatoires et pour lequel, par conséquent, tous les éléments de prévision du système sont parfaitement déterminés par l'état présent (et/ou passé).

Rentabilité. Rendement d'une entreprise mesuré par le rapport bénéfice/capitaux investis.

Suivi. Fonction consistant à s'enquérir de façon permanente d'une situation, à la comparer aux exigences et à définir les actions correctives éventuelles.

Stochastique. Dont le déterminisme n'est pas absolu et pouvant être étudié par la statistique.

Trésorerie. Ensemble des liquidités dont l'entité dispose à un moment donné.

Ventilation des coûts (Répartition des coûts). Processus qui consiste à répartir un coût (coût d'un achat en bloc, charge indirecte, etc.) entre ses différents éléments ou entre des centres de coûts ou sections, selon un mode logique de ventilation.

INTRODUCTION

L'industrie de la construction est un secteur d'activité où complexité et compétition sont croissantes. En outre, les marges bénéficiaires sont de plus en plus resserrées. Il est donc indispensable pour l'entrepreneur d'aujourd'hui de gérer efficacement ses disponibilités en liquidité et ceci pour deux raisons majeures.

D'une part, pour la réalisation des activités journalières d'une entreprise de construction. En effet, les problèmes financiers apparaissent évidents lorsque les fonds disponibles s'avèrent insuffisants pour couvrir les dépenses liées aux matériaux, à l'équipement, aux paiements de la main d'œuvre, des sous-traitants ou des fournisseurs (Hinze et Ashton, 1981). Si l'entreprise n'était pas en mesure d'assurer la réalisation de ses activités quotidiennes et donc générer de l'argent, elle pourrait difficilement faire face à ses dépenses et sombrerait rapidement vers la banqueroute.

D'autre part, pour améliorer la rentabilité des opérations gérées par l'entreprise. A la lumière des mouvements de trésorerie, l'entrepreneur est capable de mettre en place des mesures qui améliorent sa situation financière. L'objectif de ces mesures est de diminuer les besoins de l'entrepreneur en terme de financement. En effet, tout projet nécessite un apport de fonds, destiné à compenser les périodes où les dépenses sont supérieures aux revenus. Ces fonds doivent être générés soit sous forme de capitaux propres, soit sous forme de capitaux empruntés à des institutions financières. Ceci signifie, qu'il y a un coût caché dans le projet en terme d'intérêts perdus sur des dépôts non réalisés ou des intérêts payés pour les emprunts souscrits auprès des banques.

Ainsi, le suivi du flux monétaire qui se définit comme l'estimation des besoins en espèces par périodes de temps (Reinschmidt et Frank, 1976), s'avère primordial pour la pérennité financière de toute entreprise. Cependant, le problème lié au suivi du flux monétaire est qualifié au sein même de la revue de la littérature comme plus complexe pour l'industrie de la construction que pour toute autre industrie de fabrication. Une complexité propre au secteur de la construction qui s'explique notamment par un environnement de travail changeant, par la multiplicité des intervenants et par les

règles obéissant aux marchés financiers. Ainsi, malgré la prise de conscience par l'ensemble des intervenants de son importance dans le processus de gestion, le flux monétaire n'a pas reçu au sein de l'industrie de la construction une aussi grande attention que pour les autres industries.

Actuellement les outils de détermination de flux monétaires disponibles sont complexes à utiliser, leurs résultats sont souvent sujets à des interprétations et pour la plupart ils ne sont pas reliés à des échéanciers. Ce mémoire consiste à développer un outil de détermination du flux monétaire à l'échelle du projet, qui tentera de remédier à ces problèmes et aux manquements des modèles existants. Cet outil exploitable tout au long du cycle de vie du projet, répondra aux attentes formulées par les entrepreneurs en termes de précision. En outre, il se voudra simple et rapide, afin que l'entrepreneur soit en mesure de mettre en place un suivi de son flux monétaire qui intègre des mises à jour régulières. Il se voudra également spécialement pertinent en phase de réalisation. En effet, sans toutefois dévaloriser l'importance de la détermination et du suivi du flux monétaire au cours des premières étapes d'un projet, il semble opportun de privilégier le suivi du flux monétaire au cours de la phase de réalisation. C'est au cours de cette étape que la précision doit être optimale, car l'objectif va au-delà de la détermination d'un simple ordre de grandeur des besoins en financement. Pour parvenir à cette finalité, l'outil sera basé sur les échéanciers de projet et leurs évolutions en cours d'exécution.

Enfin, afin d'offrir un plus grand nombre d'opportunités d'applications, l'outil développé s'appuiera sur des logiciels généraux d'échéanciers et de calculs. Le recours à des applications informatiques spécifiques n'étant pas favorable aux petites et moyennes entreprises, qui n'auraient très probablement pas les moyens d'obtenir de tels logiciels.

Afin de parvenir à cette finalité, le travail à entreprendre s'articule autour de trois étapes principales.

La première reposera sur une revue de la littérature comprenant deux volets. Dans un premier temps, sera abordée la notion de flux monétaire au travers de sa définition, de

son approche mathématique, de ses caractéristiques principales et de l'importance de son rôle au sein du système de gestion. Dans un deuxième temps, il sera question des différents modèles destinés à générer les courbes de prévision de flux monétaires, de leurs avantages et de leurs inconvénients. Enfin, elle s'achèvera avec le recensement de l'ensemble des variables influant sur le flux monétaire.

Au cours de la deuxième étape, seront traitées les justifications du recours à un modèle d'intégration coûts/temps pour répondre aux objectifs fixés. En outre, sera abordée l'intégration aux échéanciers de l'ensemble des paramètres jugés véritablement influents à l'échelle du projet. L'objectif visé sera de générer des courbes de dépenses et de revenus qui tiennent compte de l'ensemble des paramètres retenus.

Enfin, la troisième et dernière étape reposera sur l'application de la méthode développée à Microsoft Project. La finalité d'une telle démarche est d'obtenir un outil fonctionnel de détermination du flux monétaire, offrant la possibilité de mises à jour simples et rapides.

CHAPITRE 1

LE FLUX MONÉTAIRE : REVUE DE LA LITTÉRATURE

De nos jours, la gestion des projets de construction s'avère de plus en plus délicate, non seulement en raison d'une complexité et d'une compétition accrues mais également du fait de marges bénéficiaires de plus en plus restreintes. Ainsi, tout entrepreneur se doit de réaliser un suivi efficace et précis de ses disponibilités en liquidités. En effet, des difficultés sont à prévoir si l'entrepreneur se trouve dans l'incapacité de faire face à ses dépenses quotidiennes, du fait d'un manque de liquidités. C'est pourquoi, la mise en place d'un suivi du flux monétaire apparaît comme une véritable nécessité.

Au sein de ce premier chapitre, basé essentiellement sur l'étude de la revue de la littérature, l'objectif sera de définir la notion de flux monétaire. Dans un premier temps, seront abordées la définition et l'approche mathématique du flux monétaire. Dans un deuxième temps, seront traitées les caractéristiques principales présentées par le flux monétaire et son suivi. Enfin, il sera question de l'importance du rôle du flux monétaire au sein du système de gestion d'un projet de construction, du point de vue des différents intervenants.

1.1 Le flux monétaire

1.1.1 La définition

Le terme de flux monétaire, tel qu'il est utilisé en analyse financière, désigne en général la variation du fond de roulement net provenant de l'exploitation (Jaedicke et Sprouse, 1970). En d'autres termes, il désigne la différence à l'échelle du temps, entre les revenus cumulatifs et les dépenses cumulatives enregistrés. Il révèle ainsi la situation en espèces à n'importe quel instant « t » donné et peut donc être positif ou négatif.

Il est bon de signaler également que, pour certains auteurs, le flux monétaire se définit différemment. Celui-ci correspond aux flux d'espèces circulant au sein d'une compagnie, qu'ils soient des entrées (cash in) ou des sorties (cash out). Le flux monétaire net, quant à lui, désigne le flux monétaire comme il l'a été défini précédemment (Kaka et Price, 1991; Kenley et Wilson, 1986 ; Pilcher, 1985; Tucker, 1984 ; Teets, 1976).

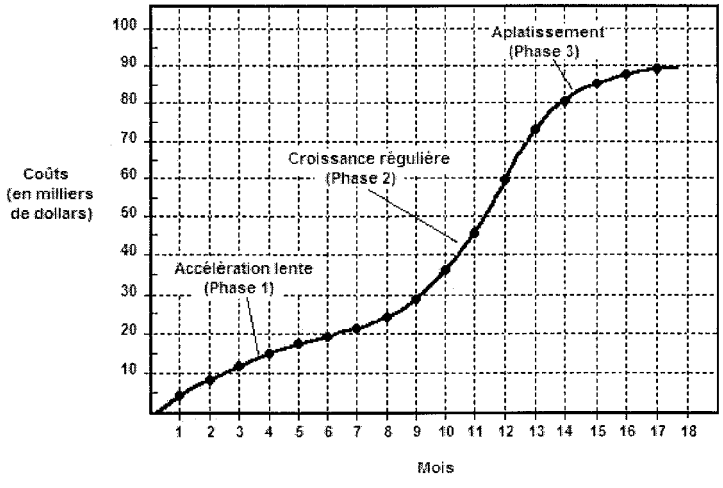
1.1.2 L'approche mathématique

Ce paragraphe relatif à l'approche mathématique du flux monétaire, se décompose suivant deux points distincts. Dans un premier temps, il sera question de la forme en « S » présentée notamment par les courbes cumulatives de coûts. Une caractéristique de forme qui se trouve au cœur d'un grand nombre de modèles de prévision de flux monétaires. Dans un deuxième temps, il paraît utile de s'intéresser à la détermination des différentes composantes du flux monétaire, en vue de sa détermination. Ainsi, conformément à sa définition, seront abordées successivement l'étude des dépenses et celle des revenus, ainsi que les éléments qui les caractérisent. En effet, même si le flux monétaire est un concept relativement basique, (différence cumulative au cours du temps entre les revenus et les dépenses), il semble opportun d'introduire certaines notions capitales, comme les délais de paiement, les délais de facturation et les retenues. En outre, il est indispensable de situer leur intervention au sein même du processus de détermination du flux monétaire.

- **La courbe en « S »**

Les activités de construction sont exécutées dans un certain ordre technologique et tous les coûts d'un projet de construction se produisent de façon continue pendant l'avancement des travaux. En conséquence, la courbe cumulative de coûts du projet est généralement un graphique en forme de « S ». Cette courbe se décompose en trois

phases distinctes. La première se caractérise par une accélération lente au début. La seconde est marquée par une croissance régulière mais plus rapide à la mi-contrat. Enfin, au cours de la troisième et dernière phase, un aplatissement progressif est observé (Graphique 1). Il est à noter que pour de grands projets au cours desquels la période correspondant à la mi-contrat rassemble toutes les équipes de travail, le segment approprié de la courbe de coûts tend à devenir une droite (Peer, 1982).



Graphique 1 Un exemple de courbe cumulative de coûts
(Adapté de Gilbert, Miresco et Martineau, 2000)

- **Les différentes composantes du flux monétaire**

  - *Les dépenses*

Le point de départ de l'étude des dépenses est la détermination de la « courbe de coûts ». Celle-ci se définit comme la projection des coûts du projet en fonction du temps et se caractérise par sa forme en « S » (Graphique 1). Il est important de préciser que sa détermination ne tient pas compte de la méthode de paiement et par conséquent, qu'elle ne reflète pas la sortie réelle de l'argent.

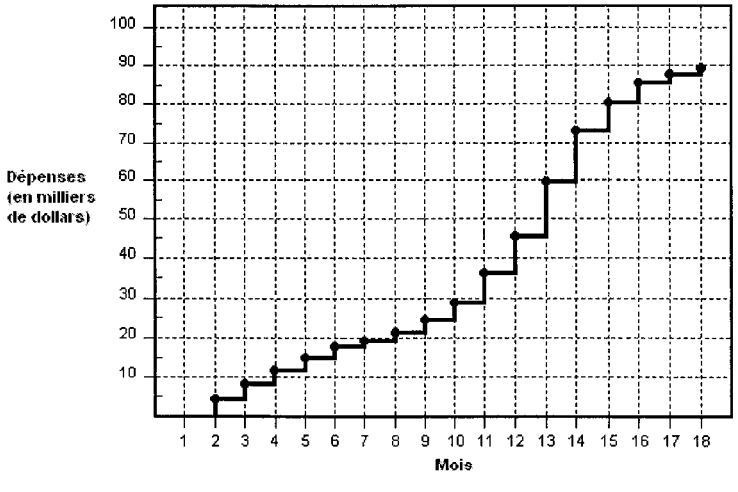
En effet, la sortie réelle de l'argent, liée aux paiements de tous les coûts directs est obtenue par la détermination de « la courbe des dépenses », compilée sur la base de la

courbe de coûts. Elle est réalisée en projetant les coûts en fonction de leur temps utile et de la méthode de paiement. La prise en compte du délai de paiement permet de caractériser la différence entre le moment où une ressource est employée sur le chantier et le moment où elle est payée. Ce délai peut être positif ou négatif selon la méthode de paiement adoptée. De plus, seulement une partie des factures validées sont payées par l'entrepreneur. Un certain pourcentage est conservé par l'entrepreneur à titre d'incitation auprès de ses sous-traitants pour qu'ils accomplissent le contrat. Ce pourcentage est appelé « retenue ».

Au final, la courbe des dépenses se définit généralement selon l'équation (1.1) :

Courbe des dépenses = f (Courbe des coûts + Délais de paiements + Retenues) (1.1)

Enfin, l'introduction des délais de paiement va également influer sur la forme de la courbe des dépenses. La forme en « S » caractéristique de la courbe de coûts va laisser sa place au profit d'une courbe en escalier (Graphique 2).



Graphique 2 Un exemple de courbe cumulative de dépenses

- *Les revenus*

De manière analogue aux dépenses, les revenus comprennent un élément de base qui est « la courbe de gains », définie comme la projection des gains du projet en fonction du temps. La courbe de gains est compilée sur la base des coûts cumulatifs auxquels sont ajoutés les termes de profit, de contingence et de débalancement. Elle présente, au même titre que la courbe de coûts, une forme en « S ». Cependant, son élaboration ne tient pas compte de la méthode de paiement du propriétaire. Par conséquent, la courbe de gains ne reflète pas la rentrée réelle de l'argent. Cette dernière ne sera obtenue que par la détermination de « la courbe des revenus » compilée sur la base de la courbe de gains.

En effet, la courbe des revenus tient compte du délai existant entre les dates de facturation et celles où les acomptes sont effectués. Ce délai s'appelle la « période de facturation ». De plus, seulement une partie des factures validées deviennent des paiements. Un certain pourcentage est conservé par le propriétaire à titre d'incitation auprès de l'entrepreneur pour que ce dernier accomplisse le contrat. Ce pourcentage, conservé par le propriétaire, est appelé « retenue ». Le paiement de la retenue à l'entrepreneur est réalisé à l'achèvement satisfaisant du contrat.

Au final, la courbe des revenus se définit généralement selon l'équation (1.2) :

$$\text{Courbe des revenus} = f\,(\text{Courbe des gains} + \text{Délai de facturation} + \text{Retenue}) \quad (1.2)$$

Enfin, par analogie avec la courbe des dépenses, l'introduction du délai de facturation, dans la détermination de la courbe des revenus, va engendrer une courbe en forme d'escalier.

- *Le flux monétaire*

Une fois les dépenses et les revenus identifiés, le flux monétaire à l'échelle du projet peut être facilement déterminé. Ce dernier se définit comme la différence entre la courbe des revenus et la courbe des dépenses (équation (1.3)) :

$$\text{Flux monétaire}_{\text{projet}} = \text{Courbe des revenus} - \text{Courbe des dépenses} \qquad (1.3)$$

Une courbe de flux monétaire dite « théorique » peut être établie sur la simple base des courbes de coûts et de gains. La courbe obtenue ne peut être véritablement exploitable du fait de la précision limitée induite par cette approximation. Néanmoins, elle peut être utilisée comme indicateur par l'entrepreneur.

1.2 Les caractéristiques principales du flux monétaire

1.2.1 La complexité de la problématique

Le flux monétaire est un problème important et complexe auquel doivent faire face les compagnies de différentes tailles. En principe, il nécessite des approches distinctes et des outils propres selon la nature et la complexité des opérations (Barbosa et Pimentel, 2001).

En outre, selon Barbosa et Pimentel (2001), au sein de l'industrie de la construction, les procédures de planification et de contrôle sont relativement plus distinctes et plus complexes que celles des compagnies de fabrication.

- **La complexité de l'environnement**

La complexité propre à l'industrie de la construction s'explique notamment par l'évolution perpétuelle de l'environnement de travail. Cette situation implique une quantité de travail très importante passée à compiler et remettre à jour le suivi du flux monétaire (Peer, 1982). Une complexité qui s'accentue de nos jours, en raison de

l'introduction de nouvelles méthodes d'approvisionnement, de nouvelles technologies, de nouvelles ressources et de la multiplication des professionnels impliqués dans un projet (Perera et Imriyas, 2004). Cette complexité accrue s'explique également du fait des restrictions et des règles obéissant aux marchés financiers.

Les risques financiers ont plusieurs sources, parmi lesquels sont inclus selon Barbosa et Pimentel (2001) :

a. le besoin d'un capital important ;
b. les possibles retards concernant les paiements effectués par le client ;
c. l'exposition aux changements de taux d'intérêts durant la période comprise entre la signature du contrat et la fin du plan de paiement.

- **La complexité de la précision**

Le problème avec le flux monétaire réside dans le fait que l'exercice de prévision, le plus détaillé qui soit, ne conduira pas à une formidable précision. En effet, des facteurs difficilement observables et qui échappent au contrôle du prévisionniste sont à l'origine de tels écarts (Coates, 1985).

Parmi ces derniers, il est possible de citer :

a. l'avance ou le retard sur le programme de construction ;
b. les paiements retardés ou avancés par l'entrepreneur sur l'achat des matériaux ;
c. les délais dans le processus d'évaluation du travail achevé ;
d. les paiements en avance faits à l'entrepreneur ou aux sous-traitants ;
e. les paiements retenus pour travaux défectueux.

Ainsi, malgré la prise de conscience par l'ensemble des intervenants de son importance dans le processus de gestion, l'étude du flux monétaire n'a pas reçu, au sein de l'industrie de la construction, une aussi grande attention que pour les autres industries.

1.2.2 Le flux monétaire un processus dynamique

La prévision du flux monétaire et son suivi sont des processus dynamiques. Les déviations dans l'avancement des projets d'un côté et le début de nouveaux projets de l'autre, nécessitent des mises à jours constantes. En raison de la grande quantité de travail impliquée, beaucoup de compagnies préfèrent s'en passer totalement. D'autres, les basent sur des valeurs moyennes sur des intervalles relativement longs, mais ceci tend à masquer les fluctuations et peut créer un faux sentiment de sécurité (Peer, 1982).

Ce dynamisme est une donnée essentielle à tout bon système de suivi du flux monétaire. Sans de fréquentes mises à jour, comme le soulignent O'Leary et Tucker (1996), les prévisions de flux monétaires n'aideraient en rien à la prise de décision. Le flux monétaire se réduirait à un outil visant à matérialiser simplement les effets d'une décision basée sur d'autres critères. La mise en place d'un bon système de suivi du flux monétaire doit se baser sur la réalisation de prévisions quotidiennes, hebdomadaires ou mensuelles, mais pas moins fréquemment qu'une fois par mois. Agir dans cette optique avertira l'entrepreneur en avance de ces futurs besoins d'argent et lui indiquera si, oui ou non, il lui faut consentir un emprunt supplémentaire (Fogel, 1997).

1.2.3 Les attentes suscitées par la détermination du flux monétaire

Le temps disponible pour une prévision détaillée du flux monétaire est souvent limité, notamment à l'étape de pré-soumission. De plus, le suivi du flux monétaire nécessite de fréquentes mises à jour. Par conséquent, les entrepreneurs exigent des techniques plus simples, qui ne nécessitent qu'un investissement humain et temporel minimum, avec une exactitude raisonnable, afin de permettre une utilisation fréquente (Kaka et Price, 1993).

1.3 La vision du flux monétaire selon les intervenants

La gestion efficace des ressources est de grande importance aussi bien pour les clients que pour les entrepreneurs dans l'industrie du bâtiment. Des efforts sont par conséquent opérés pour la plupart des projets, pour planifier et contrôler les ressources, même si des révisions sont faites de temps en temps durant l'exécution des projets (Singh et Woon, 1984).

1.3.1 L'entrepreneur

La gestion des espèces circulant au sein d'une entreprise est essentielle pour son fonctionnement et ceci pour deux raisons majeures. D'une part, pour assurer le paiement des activités quotidiennes, afin que l'entreprise continue à générer de l'argent. Si tel n'était pas le cas, elle pourrait difficilement faire face à ses dépenses et sombrerait rapidement vers l'immobilisme et a fortiori vers la banqueroute. D'autre part, pour améliorer la rentabilité des opérations réalisées par l'entreprise, en gérant leur financement.

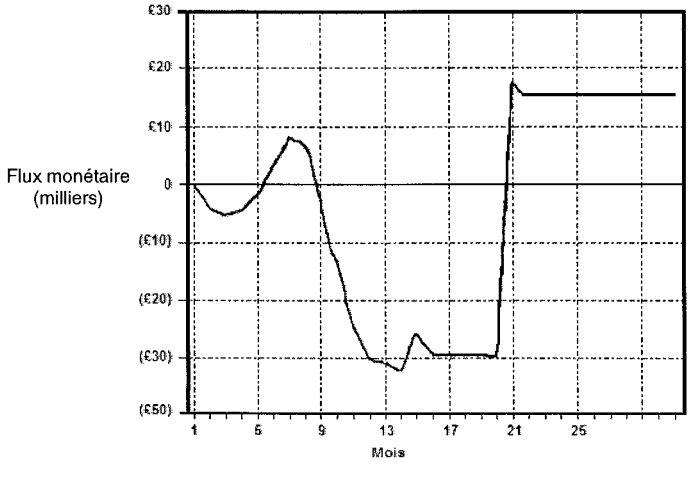
1.3.1.1 Le flux monétaire et les problèmes de disponibilité d'espèces

- **L'entrepreneur et son financement**

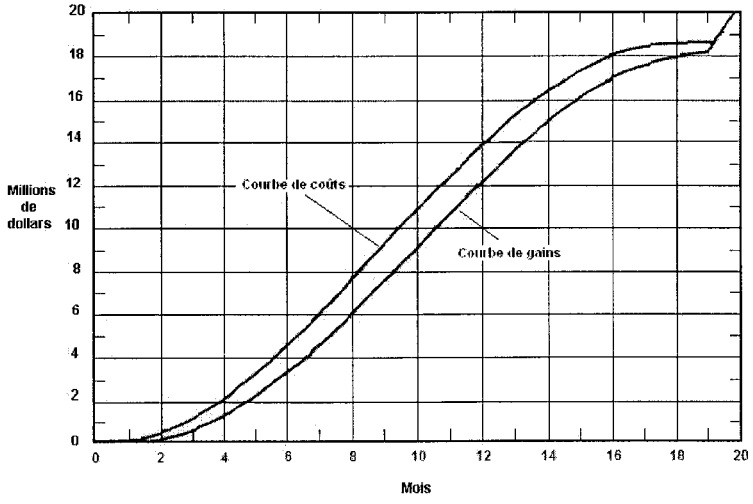
Lorsqu'un entrepreneur soumissionne et réalise un projet, il y a habituellement une période durant la première partie où les dépenses dépassent les revenus. Les fonds requis pour permettre à l'entrepreneur de traverser cette période sont appelés financement. Prévoir ces besoins en financement constitue l'objet d'un suivi du flux monétaire efficace. Tout au long de la durée du projet, le profil du flux monétaire cumulatif est en déficit la plupart du temps. C'est seulement dans la dernière partie du projet qu'un flux monétaire positif sera observé (Graphique 3). Dans le but de financer ce déficit, des fonds doivent être générés, soit en interne ou soit empruntés à des institutions financières. Ceci signifie qu'il y a un coût caché dans le projet en terme d'intérêts perdus sur des dépôts non réalisés ou des intérêts payés pour les emprunts

souscrits auprès des banques. En outre, avoir un compte dans le rouge n'aide pas l'entrepreneur à apaiser les créditeurs et à obtenir plus de prêts quand cela s'avère nécessaire (Hwee et Tiong, 2002). Par conséquent, sans bonne gestion de la trésorerie au regard de l'analyse du flux monétaire, les entrepreneurs financeront eux-mêmes les projets de construction pour les propriétaires (Copare, 1990).

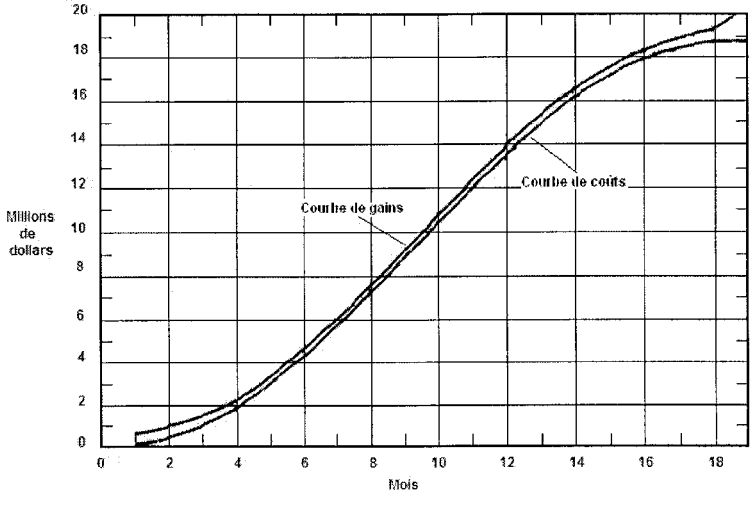
Ainsi, à titre d'exemple, il peut être utile de s'intéresser aux deux cas de figures présentés sous la forme des Graphiques 4 et 5. D'un côté, il y a une situation défavorable en terme de financement pour l'entrepreneur, représentée par le Graphique 4. En effet, durant la majeure partie du projet, les coûts sont supérieurs aux gains, induisant un flux monétaire théorique négatif. Au final, même si l'entrepreneur retire un certain profit de cette réalisation, il aura financé l'intégralité du projet pour le client. De l'autre côté, le Graphique 5, où le financement nécessaire à l'opération se montre propice à sa réalisation. Les gains étant supérieurs aux coûts, le flux monétaire théorique demeure positif. Ainsi, les besoins en financement de la part de l'entrepreneur devraient se limiter au démarrage du projet. Par la suite, les espèces générées par les paiements du client pour les travaux réalisés devraient permettre de financer en grande partie les travaux en cours, les coûts fixes et les frais généraux.



Graphique 3 Un exemple de courbe de flux monétaire
(Adapté de Kaka, 1996)



Graphique 4 Un cas défavorable de besoins en financement
(Adapté de Carty, Feiler, Simonson, Spruill et Teicholz, 1985)



Graphique 5 Un cas favorable de besoins en financement
(Adapté de Carty, Feiler, Simonson, Spruill et Teicholz, 1985)

Il est à noter également que les besoins en financement varient en fonction de la nature du projet. Ainsi, tout en bas de l'échelle des besoins en financement, se trouvent les projets de bâtiments où la plupart sinon tous les travaux sont réalisés en sous-traitance. L'entrepreneur général ne payant généralement pas les sous-traitants jusqu'à ce qu'il soit payé par le propriétaire. Ce type d'opération ne demande qu'un minimum de financement. Au centre de l'échelle se trouvent les travaux dont une partie est sous-traitée et l'autre assumée par l'entrepreneur. Enfin, tout en haut de l'échelle se trouvent

les projets où l'entrepreneur réalise lui-même la grande majorité des travaux. Ce type de projet requiert un montant de financement très important (Carty, Feiler, Simonson, Spruill et Teicholz, 1985).

- **Les problèmes de Banqueroute**

L'industrie de la construction représente l'un des secteurs avec le plus haut taux d'échecs chaque année. Des études ont démontré que le nombre d'échecs dans ce secteur d'activité est beaucoup plus élevé qu'il ne devrait l'être. En outre, le taux élevé de faillites commerciales n'est pas dû au fait que les propriétaires d'entreprise ne connaissent pas les techniques de construction, mais plutôt qu'ils n'ont pas développé des compétences ou des techniques de gestion d'entreprise. Beaucoup d'entrepreneurs ne réalisent pas qu'ils doivent avoir le capital suffisant pour faire face aux paiements hebdomadaires, aux dépenses générales, aux dépenses quotidiennes et à l'apport d'argent comptant pour le démarrage de projet, pendant le cycle de paiement (Copare, 1990). De même, Singh et Woon (1984) expliquent qu'il y a plus de sociétés de construction qui échouent du fait d'un manque de liquidité, qu'en raison d'une insuffisance au niveau de la planification et du contrôle d'autres ressources.

Ainsi, selon Peer et Rosenthal (Navon, 1996), une compagnie peut survivre au cours d'une période de transition sans connaître de profit ou même en subissant une perte. Cependant, il est probable qu'elle s'effondre en raison d'un manque de liquidité et ceci même si elle présente un bilan très positif. De même, selon Teets (1976), peu importe la rentabilité d'une entreprise en terme de performance de travail, car s'il n'y a pas de suivi efficace des mouvements de liquidité, la compagnie ira très probablement à sa perte. En d'autres termes, s'il n'y a pas de moyen de convertir efficacement la rentabilité en espèces, celle-ci n'a aucune valeur (Teets, 1976).

Une solution pour résoudre ce problème de disponibilité d'espèces est de faire un approvisionnement par des prêts. Un système approprié de suivi du flux monétaire est essentiel dans cette démarche de recherche de fonds (Hwee et Tiong, 2002). En effet, les banques et d'autres établissements financiers sont habituellement beaucoup plus

enclins à prêter l'argent aux compagnies qui peuvent présenter des prévisions périodiques de flux monétaire (Navon, 1995). Il est fréquent qu'en l'absence ou en raison de l'inadéquation d'un système de suivi du flux monétaire, le problème de disponibilité d'espèces se manifeste sans avertissement préalable. Une telle situation va contraindre l'entreprise à se précipiter auprès des banques lors d'un manque de liquidité inattendu pour obtenir un prêt. Malheureusement, il s'agit d'une configuration dans laquelle les banques se montrent réticentes ou dans le meilleur des cas vont consentir des prêts, mais à des taux très élevés (Navon, 1996).

Ainsi, l'une des principales causes de banqueroute est l'inadéquation des ressources en espèces et l'échec dans la tentative des entrepreneurs de convaincre les créditeurs que cette inadéquation est seulement temporaire (Kaka et Price, 1991). Une situation à laquelle peut remédier la mise en place d'un système approprié de suivi du flux monétaire. S'il est suffisamment précis, il permettra à l'entrepreneur d'anticiper toute fluctuation significative de ses disponibilités d'espèces. En outre, son étude révèlera la nécessité ou non de consentir un emprunt supplémentaire ou plus important. De plus comme cela a été mentionné précédemment, il constituera auprès des banques un gage de sécurité. Au final, avec l'application d'un suivi du flux monétaire approprié, l'entrepreneur ne doit pas craindre un manque de liquidité imprévu.

1.3.1.2 Le flux monétaire pour améliorer la rentabilité

Le succès de n'importe quelle affaire est lié à sa capacité à obtenir un profit significatif sur l'investissement consenti. Ainsi, la rentabilité est le but principal de la plupart des entreprises. Bien que les méthodes utilisées pour atteindre cet objectif soient très diverses, toute entreprise doit porter une attention particulière à son processus de gestion financière, pour maintenir des profits acceptables (Hinze et Ashton,1981).

Au sein de l'industrie de la construction, la rentabilité est directement dépendante des habiletés de l'entrepreneur à contrôler le coût et la planification du projet. Le contrôle de projet n'est pas une question triviale, même si dans l'industrie de la construction, on profite du luxe de disposer d'un nombre considérable de données relatives aux coûts.

Les projets sont complexes et présentent une certaine susceptibilité au risque. Le risque nécessite une attention particulière, notamment lors des phases préparatoires, car il peut bouleverser le contrôle du projet et en affecter la rentabilité (Garden et Creese, 2000). De même, lorsqu'un projet de construction est en cours, son flux monétaire est le facteur le plus important qui peut perturber de manière significative la rentabilité. Ainsi, l'entrepreneur peut bénéficier d'un avantage certain, si ce dernier dispose à l'avance des tendances du flux monétaire pour un projet (Hwee et Tiong, 2002).

L'intérêt de recourir au flux monétaire, en tant qu'outil de gestion, est de matérialiser les besoins en financement au cours du projet. Il s'avère donc primordial pour un entrepreneur de réaliser une étude précise du flux monétaire à la lumière de techniques de gestion financière. L'entrepreneur sera ainsi en mesure d'arrêter la stratégie la plus favorable sur le débalancement et sur les retenues faites à ses sous-traitants. En outre, l'étude du flux monétaire révèlera à l'entrepreneur les périodes les plus délicates vis-à-vis du financement. Il tentera alors d'accélérer aux mieux les paiements du client et de retarder ses dépenses vis-à-vis des sous-traitants et fournisseurs. L'objectif principal de l'ensemble de ces mesures étant de parvenir à diminuer le financement et par conséquent de gagner de l'intérêt sur les espèces conservées durant le cycle de construction. Il semblerait que l'intérêt réalisé par les entrepreneurs, en mesurant les effets de l'ensemble des exercices de stratégie financière sur le flux monétaire, soit relativement significatif lorsque l'on considère l'intégralité des profits réalisés à l'échelle du projet (Kaka, 1995). Si des fonds supplémentaires sont nécessaires à la réalisation de l'opération, la rentabilité du projet et a fortiori de l'entreprise en seront directement affectée. En effet, si ces fonds sont débloqués en interne, cela va entraîner des pertes sur des intérêts qui n'ont pu être réalisés. Si ce sont des fonds d'origine privée, l'entrepreneur devra payer des intérêts sur l'emprunt souscrit.

1.3.1.3 Les différents niveaux d'étude du flux monétaire

Les entrepreneurs peuvent percevoir les prévisions de flux monétaires à deux niveaux. Le premier est au cours de l'estimation et de la soumission, quand la prévision ne

concerne qu'un seul projet. Ceci permet à l'entreprise de sélectionner les contrats qui peuvent être financés à partir des ressources disponibles. Le deuxième niveau concerne la prévision des flux monétaires globaux pour tous les projets actifs et qui doivent être régulièrement établis toutes les deux semaines ou chaque mois (Kaka et Price, 1991).

Toutefois, les travaux entrepris en planification financière dans le domaine de la construction se sont concentrés principalement sur les prévisions de flux monétaire au niveau du projet. Car prévoir le flux monétaire global d'une compagnie de construction nécessite au préalable la prévision du flux monétaire des différents projets (Kaka et Lewis, 2003).

1.3.2 Le client

Certes, la gestion du flux monétaire s'avère plus complexe pour l'entrepreneur en raison des nombreux intervenants avec lesquels il traite et de ce fait plus délicate dans son approche. Néanmoins, il est important d'avoir à l'esprit que le souci du flux monétaire n'est pas exclusif à l'entrepreneur.

En effet, il semble inévitable de retrouver tout en haut de la liste des recommandations énoncées par le client les informations relatives au flux monétaire (Coates, 1985). A l'image de l'entrepreneur, le client sera également concerné par le coût et la disponibilité des fonds de roulement d'exploitation requis, pour s'acquitter des obligations contractuelles pour les paiements. Il lui faut également se conformer à un budget annuel pour les travaux (Lowe et Lowe, 1988).

Les raisons qui expliquent le besoin du client de prévoir son flux monétaire de projet à l'avance, peuvent être récapitulées ainsi, soit :

a. pour identifier les paiements des intérêts sur l'emprunt à court terme pendant la phase de conception et de construction du projet en entreprenant une étude de faisabilité sur la viabilité financière ;

b. pour s'assurer qu'il y a suffisamment de fonds de roulement d'exploitation en espèces disponibles pour respecter tous les engagements contractuels pendant la phase du projet. Ceci inclurait des coûts tels que l'achat du terrain, les paiements à l'entrepreneur et les honoraires des professionnels ;

c. pour permettre au client de prévoir et de tenter d'optimiser sa position financière en empruntant à court terme aux taux les plus avantageux.

1.4 Le flux monétaire au cours du cycle de vie du projet

1.4.1 Le flux monétaire au cours des étapes préliminaires

La détermination du flux monétaire prévisionnel est essentielle durant la phase de soumission, où la décision de soumissionner sur un projet peut être influencée par des considérations financières. De plus, elle permet d'évaluer sa possible influence sur l'ensemble des liquidités disponibles de la compagnie. L'entrepreneur a besoin d'une évaluation de l'incidence des paiements du client, ainsi que des projections des paiements des employés, des fournisseurs de matériaux et des sous-traitants. Lorsqu'ils seront combinés, ils permettront une évaluation financière du projet aussi bien que l'évaluation des paiements des intérêts sur les emprunts consentis à court terme (Lowe et Lowe, 1988).

Cette analyse doit permettre à l'entrepreneur de savoir si la limite de crédit pouvant être accordée peut être dépassée ou si le coût relatif aux intérêts peut se révéler suffisamment important pour être un facteur prépondérant dans le coût du projet. Si l'un de ces deux cas de figure se produit, la direction peut choisir de rejeter le projet et d'utiliser son équipe d'estimateurs sur une opportunité plus favorable. Le coût relatif à une estimation peut représenter jusqu'à un pourcent du profit attendu. Ainsi, une appréciable quantité d'argent peut être sauvée en choisissant de ne pas effectuer d'estimation détaillée pour un projet finalement non rentable (Ashley et Teicholz, 1977).

De manière synthétique, l'étude du flux monétaire au cours des premières étapes d'un projet procure aux entrepreneurs des informations sur (Kaka, 1996) :

a. le montant du capital nécessaire pour réaliser le projet ;
b. le montant maximal des dépenses ;
c. le montant des intérêts qui doivent être payés suite aux emprunts ;
d. l'évaluation de différentes stratégies de soumission (débalancement, etc.).

1.4.2 Le flux monétaire au cours de l'étape de planification

Durant l'étape de planification, des alternatives, des méthodes de construction, des structures organisationnelles et des approches logistiques doivent être évaluées sur la base de différents critères. Ces derniers comprennent entre autres, les paiements d'intérêts, le plafond des dépenses, etc., autant d'éléments qui se trouvent au cœur de l'étude du flux monétaire (Navon, 1995). Il apparaît donc nécessaire pour l'entrepreneur de mesurer l'impact sur son flux monétaire de toutes les alternatives susceptibles d'être retenues, avant d'arrêter une décision finale. Cet outil de gestion financière doit faire partie intégrante du système de prise de décision mis en place par l'entrepreneur.

1.4.3 Le flux monétaire au cours de l'étape de réalisation

Comme d'autres outils de gestion, les prévisions de flux monétaires sont un processus répété. A l'origine, un plan de prévisions ou une cible est établi et puis, quand le projet est en marche, l'exécution est mesurée et comparée au plan. Presque invariablement, il y a des écarts entre le plan et l'exécution réelle et, par conséquent, le plan doit être modifié afin de rencontrer la cible originale ou l'atteindre au moins aussi étroitement que possible (Navon, 1995).

Hwee et Tiong (2002) soulignent également qu'au fur et à mesure de la progression de la phase de construction, le gestionnaire doit s'interroger sur comment le flux monétaire va être affecté et comment les facteurs de risques vont évoluer. Ces interrogations vont permettre au gestionnaire de projet d'être en mesure d'anticiper toute modification significative et d'en avertir au besoin les banques.

CHAPITRE 2

LES MODÈLES D'ÉLABORATION DU FLUX MONÉTAIRE

Au début des années 70, de nombreux projets furent reportés ou annulés en raison de l'incapacité à réunir un capital suffisant pour les financer. En plus de l'argent qui se faisait rare, les taux élevés d'intérêt et d'inflation sur les capitaux des projets de construction étaient susceptibles de rester sérieux au cours des années à venir. Il est alors apparu souhaitable de développer de nouvelles méthodes pour aider à la planification et à la gestion des projets de construction, à la lumière des contraintes imposées par le financement (Reinschmidt et Frank, 1976).

Ainsi, clients et entrepreneurs ont senti le besoin de développer des systèmes de suivi du flux monétaire. De l'argent a alors été investi, par des clients de projet de construction (notamment au public), dans la recherche et dans l'étude consacrées aux prévisions du flux monétaire (Kaka et Price, 1993). Suite à cet engouement, un nombre considérable de recherches ont été menées. Parmi les modèles développés, les plus populaires peuvent être divisés en deux catégories : les modèles mathématiques et les modèles d'intégration coût/temps.

Au sein de ce second chapitre, qui constitue le deuxième volet de la revue de la littérature, il sera question de la détermination du flux monétaire. Dans un premier temps, seront présentés les différents modèles d'élaboration et de prévision du flux monétaire, leurs avantages ainsi que leurs inconvénients. Dans un deuxième temps, seront recensées et explicitées l'ensemble des variables jugées influentes sur la détermination du flux monétaire. Le but étant de permettre au lecteur de percevoir non seulement le rôle, le contexte, mais également l'influence, induite par la prise en compte de chacune des variables.

2.1 Les modèles mathématiques

L'objectif des modèles mathématiques est de résoudre le problème de détermination des prévisions de flux monétaire en développant des techniques qui se veulent simples et indépendantes de tout exercice de planification. Le but étant de parvenir à concevoir des outils qui permettent à l'entrepreneur de réaliser une prévision plus rapide, avec une précision raisonnable et qui s'avèrent spécialement pertinents durant l'étape de pré-soumission (Barbosa et Pimentel, 2001).

Ainsi, ce sont les économies en terme de temps et d'efforts qui expliquent principalement l'engouement des chercheurs pour le développement des modèles mathématiques. Parmi l'ensemble des modèles développés, on distingue les approches dites « nomothétiques » et celles dites « idiographiques ».

2.1.1 Les modèles nomothétiques

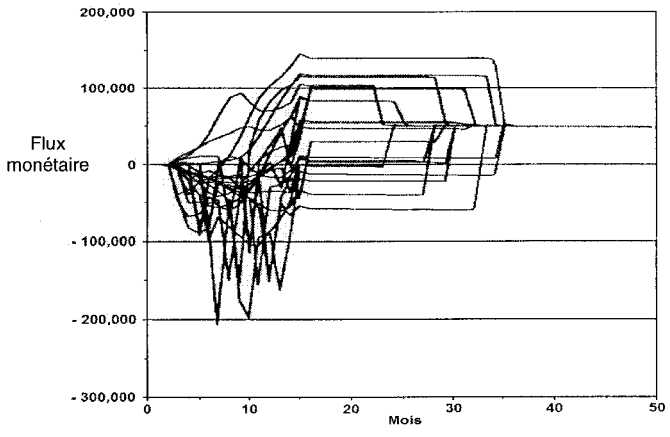
L'étude des flux monétaires des projets de construction est devenue populaire au cours de la fin des années 60. Plusieurs approches à l'analyse ont été utilisées, dont la grande majorité se caractérise par leur aspect nomothétique. Cette approche consiste à découvrir des lois et des principes généraux qui s'appliquent à des groupes de projets de construction, afin d'établir des prévisions de flux monétaires (Kenley et Wilson, 1986). C'est dans cette optique que la grande majorité des chercheurs ont travaillé sur l'exploitation des données historiques relatives aux coûts des entreprises de construction. En effet, par le passé, l'exploitation des informations relatives aux coûts des projets réalisés a déjà prouvé son immense valeur pour l'établissement du coût à l'étape architecturale ou en soumission. Une telle source d'informations peut également être utilisée pour établir les tendances de flux monétaires pour différents types de bâtiments (Singh et Woon, 1984). L'idée directrice de l'approche nomothétique est de parvenir à exploiter les informations historiques de l'entreprise, afin de générer des courbes de référence utilisables comme base à la prévision de flux monétaires.

- **Les différentes approches**

  - *Le recours aux courbes standard de flux monétaire*

Nul doute que le modèle le plus simple consisterait à exploiter une courbe standard de flux monétaire applicable à un groupe ou à une catégorie de projets. C'est dans cette optique que Nazem (1968), selon Kaka et Price (1991), a orienté ses premiers travaux dans l'analyse des données historiques relatives aux flux monétaires de projet. L'objectif de cette étude était de parvenir à générer une courbe de flux monétaire de référence qui puisse servir de base aux prévisions. Si, de plus, il parvenait à démontrer que la forme des courbes de flux monétaires obéissait à un modèle prévisible, alors il s'agirait d'une information des plus utiles. Cependant les courbes de flux monétaires tendent tellement à varier, qu'elles semblent être une base fragile pour préparer une quelconque prévision. Il fut ainsi entendu que le recours à de telles courbes ne pouvait être fiable et l'idée fut abandonnée.

Le Graphique 6, témoin des recherches pratiquées par Kaka en 1996, permet d'observer cette variabilité des profils de flux monétaires produits. En effet, pour un total de vingt projets d'un million de livres, d'une durée de douze mois et présentant les mêmes délais de paiement, la détermination de leurs courbes relatives de flux monétaire a fourni une palette de profils très variée. Les courbes obtenues ne présentant aucune régularité, malgré le fait que certains paramètres soient restés constants, il est impossible d'en retirer une quelconque loi générale.



Graphique 6 Le flux monétaire de vingt projets d'un million de livres et d'une durée de douze mois
(Adapté de Kaka, 1996)

En conséquence, un grand nombre de techniques et de modèles ont été développés pour la prévision de courbes standard de gains ou de coûts. Ces dernières étant plus fiables dans leur détermination.

En effet, il est bon de préciser que la plupart des modèles mathématiques sont développés pour les prévisions de courbes de gains ou de coûts uniquement. Les prévisions mathématiques des flux monétaires, quant à elles, sont basées en premier lieu sur une prévision de courbes de gains ou de coûts qui est ensuite transformée en flux monétaire (équations (1.1), (1.2) et (1.3)) (Navon, 1996). Ces courbes sont alors transformées en courbes de revenus et de dépenses, pour finalement générer la courbe de flux monétaire à l'échelle de projet.

- *Le recours aux courbes standard de gains*

A la différence de la courbe de flux monétaire standard, la courbe de gains, dite de référence, se révèle exploitable comme base à la prévision du flux monétaire et ceci pour deux raisons. D'une part, sa forme en « S » caractéristique est mathématiquement modélisable. D'autre part, il a été observé, contrairement aux courbes de flux monétaire, une certaine régularité du profil de ces courbes au sein de regroupements de projets. Ces courbes s'inscrivent par conséquent dans une approche nomothétique.

Ainsi, en l'absence d'une courbe standard de flux monétaire, la possibilité de construire une courbe de gains de référence, pour des groupes ou des catégories de projet, a été le sujet de nombreuses recherches (Miskawi 1989 ; Khosrowshahi, 1991; Kaka et Price, 1991; Singh et Lokanathan, 1992). L'intérêt principal du recours aux courbes de gains réside dans le fait que les gains constituent la réflexion monétaire du travail accompli. En outre, les gains représentent l'élément monétaire le mieux connu à n'importe quelle étape de la planification (Ashley et Teicholz, 1977).

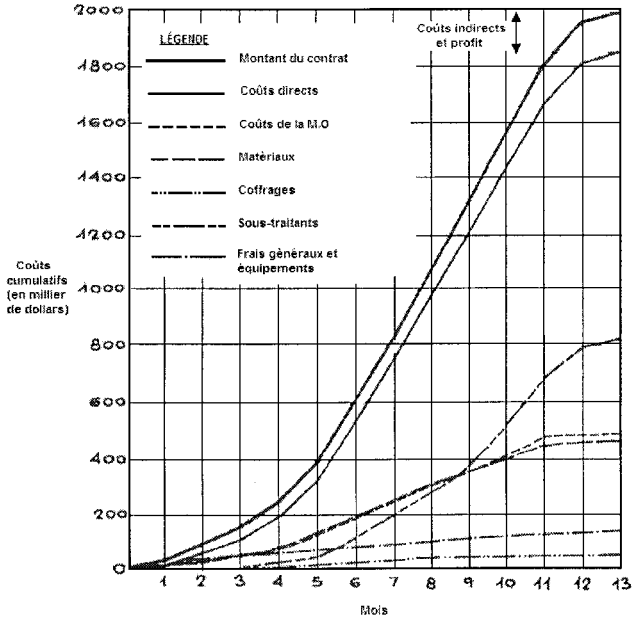
- *Le recours aux courbes standard de coûts*

D'un point de vue pratique, la justification de l'exploitation des courbes de coûts, comme base à la prévision du flux monétaire, est identique à celle formulée pour les courbes de gains. A savoir la régularité de leur profil au sein de regroupements de projets et leur forme en « S » caractéristique, mathématiquement modélisable. Il existe cependant des distinctions entre les modèles basés sur les courbes standard de gains et ceux basés sur les courbes standard de coûts, qu'il est nécessaire de préciser.

En effet, la volonté de recourir à un modèle de courbes de coûts, selon Kaka et Price (1991), repose sur le simple fait qu'une courbe standard de coûts peut être développée avec davantage de précision qu'une courbe de gains ou que n'importe quelle autre courbe. En effet, les courbes de coûts ne peuvent être considérablement affectées par des arrangements contractuels. En revanche, la courbe de gains pour un contrat particulier peut varier en raison notamment d'une stratégie de débalancement différente. L'entrepreneur débalançant rarement le coût des items avec le même taux, d'un projet à l'autre.

De plus, afin d'ajouter de la flexibilité au modèle, il est bon de préciser également que ces courbes de coûts peuvent être subdivisées selon les diverses catégories de coûts (Graphique 7). Ainsi le coût direct peut être décomposé en éléments tels que la main d'œuvre, les matériaux, l'équipement, les sous-traitants, définis comme un pourcentage du coût total (Tableau I). Pour chacun de ces éléments, il est alors possible d'appliquer

un délai de paiement spécifique. Le but étant de parvenir à un modèle plus précis, capable d'être ajusté afin de représenter un large éventail de profils de flux monétaires.



Graphique 7 La décomposition de la courbe de coûts selon différentes catégories
(Adapté de Peer, 1982)

Tableau I

Un exemple de décomposition du projet selon des items de coûts

Items de coûts	Proportions en pourcentage selon le type de bâtiment					
	Résidentiel	Commercial avec sous-sol	Commercial sans sous-sol	Industriel	Scolaire Primaire	Scolaire Secondaire
Matériaux	43,4	24,3	25,2	46,5	54,5	51,8
Sous-traitants désignés	14,6	45,6	43,1	12,2	4,7	7,5
Sous-traitants	20,6	17,4	18,3	24	20,9	21,7
Main d'œuvre	4,4	4,3	4,4	5,7	3,6	5,7
Frais généraux d'entreprise	3,4	2,7	2,8	2,3	6,2	4,0
Frais généraux de chantier	4,9	4,0	4,3	2,8	5,7	2,3
Equipements	8,7	1,7	1,9	6,5	4,4	7,0

(Adapté de Singh et Lokanathan, 1992)

- **La détermination des courbes en « S » standard**

Une fois que les chercheurs ont pris conscience de l'opportunité qu'offrait l'exploitation des courbes en « S » standard, dans la détermination des courbes de flux monétaire de projet, ils se sont intéressés aux solutions mathématiques susceptibles de générer de telles courbes.

Ainsi une grande variété de recherches ont été menées dans le but de trouver une formule simple de courbes typiques, caractérisant le temps en fonction du coût (gain) ou le coût (gain) en fonction du temps. La grande majorité de ces recherches, pour ne pas dire toutes, ont conduit à la détermination de courbes en « S » basées sur des fonctions polynomiales ou sinusoïdales. Celles-ci ont été conçues afin d'obtenir un rapport mathématique reliant le coût cumulatif (gain cumulatif) et le temps écoulé du projet (O'Leary et Tucker, 1996). La plus populaire de ces résolutions mathématiques se trouve être une fonction polynomiale du troisième, du quatrième ou du cinquième degré (équation (2.1)) (Peer, 1982).

$$P(X) = aX^5 + bX^4 + cX^3 + dX^2 + eX + f \qquad (2.1)$$

Les coefficients sont obtenus par régression sur les données historiques de l'entreprise. Un exemple de constantes et de coefficients de la résolution polynomiale pour différents types de bâtiments est donné au Tableau II.

Tableau II

Les constantes et coefficients de la résolution polynomiale

Constantes / Coefficients	Valeurs des constantes et des coefficients selon le type de bâtiment					
	Résidentiel	Commercial avec sous-sol	Commercial sans sous-sol	Industriel	Scolaire Primaire	Scolaire Secondaire
Constante (f)	3,49E-02	1,61	0,35	0,22	1,02	-1,14E-01
coefficient du 1er degré (a)	0,78	0,6	1,46	0,9	0,71	0,56
coefficient du 2ème degré (b)	2,01E-02	1,42E-05	-5,41E-02	-7,40E-03	-5,60E-03	1,26E-02
coefficient du 3ème degré (c)	-3,69E-04	1,44E-04	1,62E-03	3,87E-04	1,50E-04	-3,05E-04
coefficient du 4ème degré (d)	3,06E-06	-6,50E-07	-1,79E-05	-4,80E-06	-1,30E-07	3,62E-06
coefficient du 5ème degré (e)	-1,17E-08	-4,10E-09	6,64E-08	1,78E-08	-5,20E-09	-1,39E-08

(Adapté de Singh et Lokanathan, 1992)

2.1.1.1 Les avantages

Les avantages présentés par cette approche simplifiée sont nombreux. D'une part, elle permet une économie considérable en temps et en efforts, réalisée sur la collecte des données relatives au projet. En effet, les modèles nomothétiques sont susceptibles de générer une courbe de prévision de flux monétaire lorsque les données relatives au projet sont limitées. Certains modèles se contentent de la saisie de la durée du projet, de son coût total et de données d'ordre général (Figure 1). Ainsi ils permettent des prévisions rapides de scénarii alternatifs, ne nécessitant qu'un minimum de données et le jugement du preneur de décisions. Une rapidité qui offre l'opportunité au client ou à l'entrepreneur de baser ses décisions sur une information disponible de flux monétaire, plutôt que d'accepter les conséquences sur le flux monétaire d'une décision prise sur la base d'autres critères (O'Leary et Tucker, 1996).

D'autre part, compte tenu du besoin de mises à jour régulières dans l'établissement du flux monétaire, les déviations causées par l'imprécision d'une approche mathématique sont insignifiantes pour l'usage pratique. En effet, des écarts entre la prévision et la réalité sont inévitables, de sorte que la disponibilité d'informations raisonnablement

précises et à jour est plus importante que l'exactitude absolue d'une prévision. En outre, il faut se rappeler que la finalité de la détermination du flux monétaire de projet est de générer le flux monétaire à l'échelle de l'entreprise. Ainsi, il peut être également supposé qu'en travaillant sur plusieurs projets en parallèle, à différentes étapes d'avancement, les déviations obtenues tendent à s'équilibrer (Peer, 1982).

Nom du projet :	I1		
Durée du contrat :	23 mois	Valeur totale du contrat :	$ 139,938,000
Dommages de liquidité/jour :		Période de garantie :	12
Pourcentage de retenue :	10 %	Délai de paiement du client :	2
Limite de retenue :	5 %	Limite maximale de retenue :	$
Date de début du projet :	Jan97	Date de fin du projet :	Nov98
Délai de paiement des sous-traitants :	1	Profit et contingences :	1.5
Allocation de crédit de fournisseur :	2		
Est. prop. des coûts de matériaux :	45%	Est. prop. des coûts de la main d'oeuvre :	28%
Est. prop. des coûts de sous-traitants	10%	Est. prop. des coûts d'équipements :	9%
Est. prop. des coûts indirects :	8%		

Figure 1 Un exemple de données générales à la base des modèles nomothétiques (Adapté de Hwee et Tiong, 2002)

2.1.1.2 Les inconvénients

Certes, les recherches menées par Singh (1989) ont révélé que l'application de courbes en « S » appropriées pour les projections de flux monétaires peut atteindre une précision d'environ 88 à 97 pour cent. Cependant, il semble évident que la précision atteinte, en basant les prévisions sur des courbes standard, dépend en grande partie du degré de cohérence entre la courbe en « S » adoptée et le projet réalisé (Kaka et Price, 1993).

En outre, certaines circonstances peuvent suggérer que le recours à des courbes en « S » standard puisse s'avérer inapproprié. En effet, le travail considéré pour ces structures existantes peut ne pas correspondre en terme de rapidité de paiement à la réalité traitée. Quel que soit le projet, si l'installation des items les plus importants (en

terme de coût) est retardée, on observera une modification de la courbe en « S » (Coates, 1985).

De plus, il semblerait, selon Navon (1996), que la plupart de ces modèles ne prennent pas en compte les délais de paiement ni les délais de facturation. De surcroît, leur sensibilité vis-à-vis de petits changements, selon O'Leary et Tucker (1996), est difficilement observable.

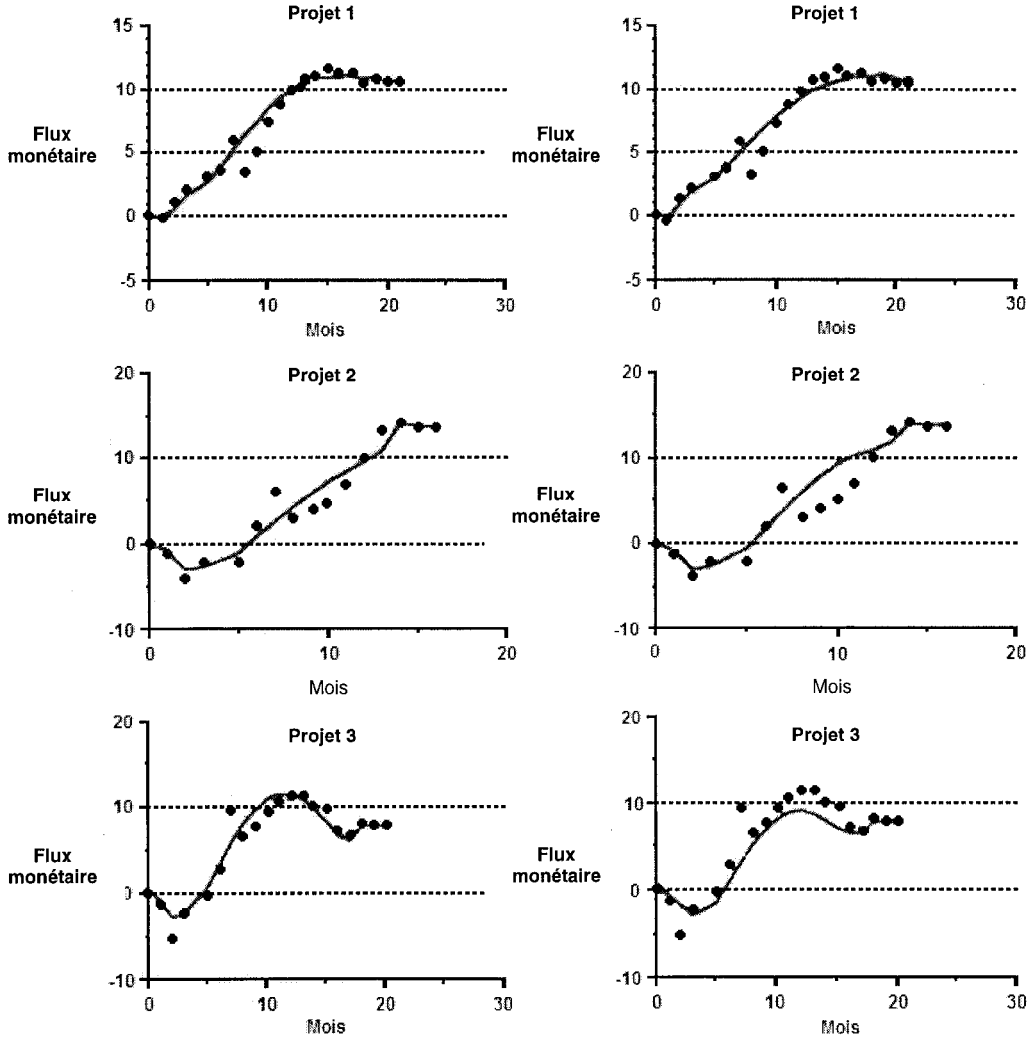
Enfin, la plupart de ces modèles sont de nature stochastique et nécessitent un effort supplémentaire pour analyser les résultats. Ainsi ces approches mathématiques ne sont pas favorables à l'entrepreneur, pour qui la simplicité d'exploitation des résultats est une considération importante (Hwee et Tiong, 2002). De ce fait, un tel modèle exige toujours une évaluation professionnelle du réalisme des prévisions.

2.1.2 Les modèles idiographiques

Les modèles nomothétiques ont été développés pour la détermination de comportements applicables à l'ensemble de l'industrie. Quand les recherches ont démontré que cet objectif n'était pas susceptible d'être réalisé, une plus grande flexibilité a été introduite en recherchant des caractérisations au sein des groupes ou des catégories de projet (la répartition habituelle étant faite sur le type de projet et/ou le montant du chantier). Cependant, au sein même de catégories, il a été constaté que, pour certains projets, les dépenses ne s'adaptaient pas aux prévisions (Kenley et Wilson, 1986). Ainsi, selon Kaka et Price (1993), l'échec des modèles nomothétiques, dans leur tentative de produire des courbes en « S » standard fiables et suffisamment variées, permet d'introduire l'approche idiographique. Cette méthode repose sur le principe de base selon lequel les courbes de coûts (gains) sont généralement uniques et doivent être modélisées séparément (c'est à dire qu'une courbe devrait être adaptée pour chaque projet). En effet, les projets de construction font face à une telle variabilité que les courbes basées sur des données historiques ne sont pas capables de fournir une précision suffisante. Paradoxalement, certains modèles nomothétiques de flux monétaires soutiennent que généralement deux facteurs, date et type de projet, sont

suffisants pour générer une courbe de référence. Ces simplifications commodes ignorent les interactions complexes avec l'environnement économique ou politique, les relations des syndicats et les personnalités en conflit auxquels doivent faire face les projets de construction. Plusieurs de ces facteurs ont été perçus pour être importants au niveau du coût, du temps et de la qualité d'exécution des projets de bâtiments. Par conséquent, les modèles qui ignorent tous ces facteurs dans la recherche de flux monétaires doivent être remis en cause (Kenley et Wilson, 1986).

Au cours de leur étude sur l'approche idiographique, Kenley et Wilson (1986) ont analysé 72 projets commerciaux et industriels, qu'ils ont répartis suivant deux groupes. A partir des données collectées, ils ont développé une courbe en « S » pour chacun des projets de manière individuelle et une courbe en « S » moyenne pour chacun des deux groupes. L'erreur obtenue à partir des deux courbes moyennes (une pour chaque groupe) était plus haute que celle obtenue à partir d'ajustements individuels. Ceci a révélé que l'erreur systématique impliquée dans la régression de groupe était haute et que les courbes individuelles prenaient une forme unique. Un échantillon de ces recherches est fourni par le Graphique 8 où, pour trois projets distincts, les courbes individuelles à gauche sont plus précises que les courbes moyennes situées à droite, comparativement aux résultats réels (matérialisés par des points noirs).



Graphique 8 Les courbes de flux monétaires individuels et moyens pour trois projets (Adapté de Kaka et Price, 1991)

2.1.2.1 Les différentes approches

- **La remise en cause de la régression polynomiale**

L'une des principales remises en cause de l'approche nomothétique repose sur le principe de régression adopté. Ainsi une partie significative des recherches visant à introduire l'approche idiographique est basée sur l'étude des principes de régression. Nombreux sont les chercheurs ayant utilisé la régression polynomiale comme base à la

détermination nomothétique des courbes de coûts ou de gains. En effet il semble possible d'adapter une fonction polynomiale, à n'importe quelle forme sigmoïde exigée, à partir de la détermination des limites et des constantes. Cependant, la régression opérée pour une méthode nomothétique est réalisée pour des données de groupes. Il s'agit donc d'un procédé qui nécessite un rassemblement de données issues d'un grand nombre de projets. Etant donné la nature des données impliquées et les principes même de l'analyse de régression, Kenley et Wilson (1986) précisent que la validité de ce procédé est incertaine.

- **L'équation générale d'une courbe en « S »**

Parmi les tentatives de caractérisation individuelle des projets, des recherches ont été menées sur l'établissement d'une équation générale de courbe en « S ». Selon Kenley et Wilson (1986), Berny et Howes (1982) sont parvenus à concevoir des méthodes pour déterminer la courbe en « S » spécifique d'un projet donné à partir d'une équation générale. En proposant ainsi une équation générale, afin de matérialiser une courbe en « S » propre au projet, à la différence d'une courbe de référence, ils se sont déplacés d'une approche nomothétique à une approche idiographique. Toutefois, l'auteur de ce mémoire prend soin de mentionner qu'il n'a pu vérifier par lui-même la nature de ces équations générales.

2.1.2.2 Les avantages et les inconvénients

Au même titre que les modèles nomothétiques, les modèles idiographiques font partie de la famille des modèles mathématiques. De ce fait, ils présentent sensiblement les mêmes avantages, à savoir principalement une économie en temps et en efforts. La seule différence notable, entre les deux approches, réside dans la notion d'unicité attribuée par les modèles idiographiques à chacun des projets traités. Ceci leur conférant une certaine flexibilité absente des modèles nomothétiques et par conséquent un niveau de précision supplémentaire. Ces propos trouvent confirmation auprès des recherches menées par Kaka et Price (1991) (Graphique 8), qui ont prouvé qu'un modèle idiographique donne des résultats plus précis qu'une approche

nomothétique, notamment en comparant la précision obtenue entre le cas individuel et le regroupement.

Cependant, Lowe et Lowe (1988) émettent quelques réserves concernant l'obtention d'une équation générale de courbe en « S ». En effet il leur semble très peu probable qu'une formule prédictive puisse jamais être suffisamment précise, étant donné que le futur n'est pas là pour être prévu mais est là pour être créé.

Enfin, selon Kenley et Wilson (1986), Hudson (1978) observa que des difficultés doivent être attendues lorsque l'on tente d'appliquer une équation mathématique simple à une situation de la vraie vie, particulièrement lorsqu'elle est aussi complexe que la construction d'un bâtiment.

2.2 Les modèles d'intégration coût/temps

Au même titre que les modèles mathématiques, les modèles d'intégration coût/temps basent leurs prévisions de flux monétaires de projet sur la détermination de la courbe de coûts (courbe en « S »). Néanmoins, à la différence de l'approche nomothétique qui repose sur une courbe de référence et à la différence de l'approche idiographique qui se fonde sur une équation générale, pour obtenir cette courbe en « S », la méthode d'intégration coût/temps se base sur la réalité du projet. En effet, la détermination de la courbe de coûts est obtenue par l'intégration des items de coûts issus du travail d'estimation et par l'intégration des items de temps issus du travail de planification.

Le recours à de tels modèles nécessite la compilation de données détaillées, de façon à pouvoir être le plus précis possible dans la détermination du coût de chacune des activités. En d'autres termes, les modèles d'intégration sont utilisés pour les projets disposant d'informations précises. Ces informations regroupent principalement un relevé de quantités et un devis estimatif incluant le coût des ressources, les éléments de construction pour chacune des activités, le coût des sous-traitants et les frais généraux. Ils doivent également s'appuyer sur un échéancier détaillé, comprenant la

description et la codification des activités, leur durée et une liste de toutes les ressources associées à chacune des activités (Navon, 1996).

Il existe de nombreux modèles d'intégration coût/temps pour les prévisions de flux monétaires. Ces derniers diffèrent par le degré de détail et de précision et par le caractère plus ou moins automatique de la méthode d'intégration des éléments de coûts au temps. Il est intéressant de noter que certaines techniques peuvent être probabilistes, mais la plupart d'entre elles demeurent déterministes.

2.2.1 Les avantages

Il semble admis de tous qu'idéalement, le flux monétaire prévisionnel devrait être basé sur l'échéancier et le calcul des quantités (Kaka, 1996). Une méthode basée sur la répartition des coûts suivant les activités, voire les ressources, tout en respectant la planification établie, doit permettre d'atteindre le degré de précision « optimum ».

En outre, les modèles d'intégration coût/temps ne souffrent pas de certaines limites auxquelles sont confrontées les modèles mathématiques, notamment en terme de caractérisation du projet traité. En effet, dans le cas de projets importants, il peut s'avérer nécessaire de déterminer le programme de construction en détails pour tenir compte de l'interaction entre les différents éléments de structure (Coates, 1985). De même, face à l'imprécision et aux difficultés d'interprétation des résultats issues des modèles mathématiques, les techniques d'intégration constituent une alternative fiable (Navon, 1996).

2.2.2 Les inconvénients

Certes l'approche idéale pour toute prévision du flux monétaire serait de relier les activités du projet dans un échéancier, afin de produire une courbe pour l'opération dans son ensemble. Cependant, pour un projet important, cette tâche s'avère complexe et nécessite un volume énorme de données dont la plupart ne sont pas disponibles avant que le projet ne débute (O'Leary, et Tucker, 1996). Ainsi, dans la plupart des cas,

collecter l'ensemble des informations nécessaires afin d'aboutir à des résultats fiables s'avère très coûteux en temps. Cela nécessite des ressources et de la main d'œuvre qui pourrait au final révéler un rapport bénéfice/coût faible (Barbosa, et Pimentel, 2001).

En effet, le problème avec les méthodes d'intégration est que la compilation d'une liste associant les ressources (qui constituent les items de coûts d'un devis estimatif) avec les activités (qui constituent les items de l'échéancier), réclament une débauche d'énergie et de temps qui pourrait s'avérer préjudiciable. De plus, tenter d'informatiser le processus se heurte habituellement à un problème de compatibilité. La principale difficulté réside dans le fait que les items de coûts sont spécifiés en terme d'éléments de construction (dalle, colonne, poutre, etc.), alors que l'échéancier est spécifié en terme d'activités (construction de coffrage, mise en place des armatures, coulage de béton, etc.). Par conséquent, les relations entre les items de coûts et d'échéancier peuvent se révéler rapidement complexes. D'un côté, un item d'échéancier donné peut être relié à uniquement un item de coût. D'un autre côté et plus souvent, les ressources d'un item de coût sont reliées à plus d'un item d'échéancier. Un exemple de relations multiples entre activités et items de coûts est présenté à la Figure 2, matérialisant ainsi la rapidité avec laquelle les relations peuvent se complexifier.

En outre, dans la pratique, les changements à l'échéancier et aux coûts ne sont pas systématiquement réalisés. Il faut attendre qu'une importante modification soit nécessaire. Par conséquent, en agissant ainsi, le flux monétaire n'est plus un outil dynamique et n'opère donc plus dans la prise de décision (O'Leary et Tucker, 1996).

Enfin, selon Singh et Lokanathan (1992), l'argument qui veut que les prévisions de flux monétaires formulées sur la base d'une quelconque technique de planification soient plus précises, n'est qu'une illusion. En effet, seulement huit à dix pour cent des projets de construction sont achevés dans les délais prévus.

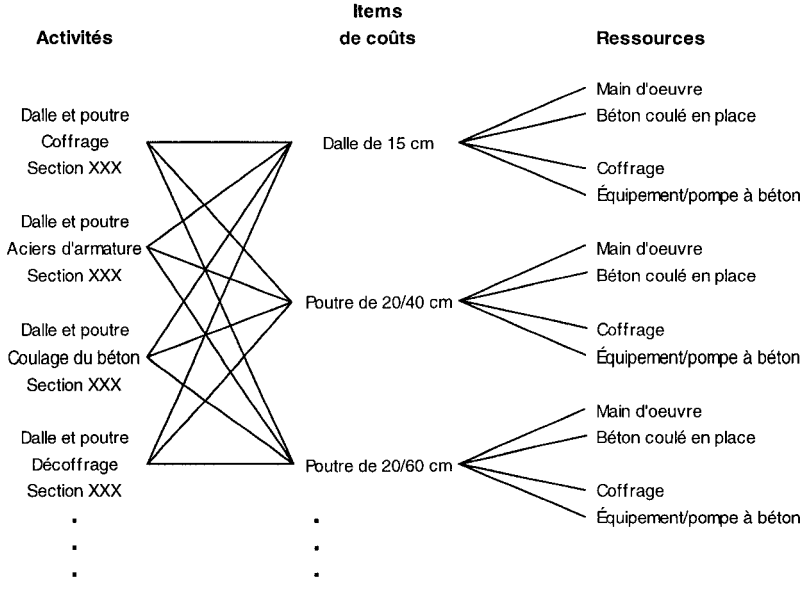


Figure 2 Un exemple de relations multiples entre activités et items de coûts (Adaptée de Navon, 1995)

2.3 Les variables recensées

L'objet de cette deuxième partie du chapitre est de recenser et d'expliciter l'ensemble des variables jugées influentes sur la détermination du flux monétaire. Il importe ici de rappeler que les modèles de prévisions de flux monétaires, qu'ils soient basés sur une approche mathématique ou d'intégration coût/temps, se fondent sur la détermination de la courbe de coûts. Celle-ci est ensuite transformée en courbe de revenus et en courbe de dépenses, pour finalement générer la courbe de flux monétaire de projet. En outre, le regroupement de l'ensemble des flux monétaires de projet permet d'obtenir le flux monétaire à l'échelle de l'entreprise. C'est pourquoi, l'ensemble des paramètres répertoriés se répartissent suivant trois catégories distinctes. D'une part, seront explicitées l'ensemble des variables de coût et de temps, à la base de la détermination des courbes de coûts. D'autre part, seront abordées les variables qui s'appliquent spécifiquement à l'étude des revenus. Enfin, il sera question des variables relatives à l'étude des dépenses.

2.3.1 Les variables de coûts et de temps

Les variables de coûts et de temps constituent le cœur de tout modèle de détermination du flux monétaire. En effet, qu'il s'agisse d'un modèle mathématique ou d'un modèle d'intégration coût/temps, ces derniers sont basés sur la détermination des courbes de coûts. Par définition, une courbe de coûts étant la représentation graphique de l'évolution du coût (cumulatif) au cours du temps.

- **Les variables de coûts**

Les variables de coûts regroupent exclusivement les items de coût qui composent un projet. Au sein de la revue de la littérature, neuf variables de coût ont été répertoriées, à savoir :

a. les coûts directs (Sears, 1981 ; Kaka et Price, 1991, Navon, 1995)
b. les coûts indirects (Navon, 1995) ;
c. la variation du coût du projet, de l'activité, de la ressource (Kaka, 1996) ;
d. les escomptes (Coates, 1985 ; Kaka, 1996) ;
e. les contingences (Peer, 1982 ; Copare, 1990 ; Kaka, 1996) ;
f. la pénalité de retard (Kaka, 1996) ;
g. le financement (Reinschmidt et Frank, 1976 ; Kaka et Price, 1991) ;
h. les ordres de changements (Hwee et Tiong, 2002) ;
i. l'inflation (Reinschmidt et Frank, 1976 ; Kaka et Price, 1991) ;

Il est à noter que l'intégralité de ces variables de coûts sont des variables d'estimation et que certains modèles se contentent uniquement de la saisie du coût total du projet pour les synthétiser.

- *Les coûts directs*

Les coûts directs d'un projet regroupent l'ensemble des coûts liés à l'achat de l'équipement, à l'achat de matériaux et au paiement de la main d'œuvre.

Dépendamment de la précision recherchée au sein du modèle, les coûts directs peuvent se référer soit au projet dans sa globalité (les modèles mathématiques), soit aux activités, soit aux items de coût, voire dans certains cas aux ressources (notamment les modèles d'intégration coût/temps).

Il est nécessaire de préciser également que les coûts directs doivent être caractérisés non seulement par leur montant, mais également par leur profil. Le profil d'un coût désigne la façon dont le coût est réparti sur la durée de son affectation (régulière, croissante, décroissante, en cloche, en plateau, etc.).

- *Les coûts indirects*

L'exécution d'un projet entraîne des frais qui n'ajoutent rien au projet mais qui sont absolument nécessaires pour mener celui-ci à terme. Ces frais indirects se divisent en deux catégories : les frais généraux de projet et les frais généraux d'entreprise. Les frais généraux de projet incluent tous les frais occasionnés directement par l'exécution du projet tels que le salaire du chef de chantier, les installations temporaires. Par ailleurs, les frais généraux d'entreprise incluent tous les frais occasionnés par l'existence de l'entreprise, que des contrats soient en cours ou non tels que le loyer, les frais de comptabilité (Paradis et Gervais, 1997).

Les coûts indirects, au même titre que les coûts directs, ne présentent a priori aucune ambiguïté quant à leur participation au coût d'un projet. Néanmoins, la prise en compte des frais généraux d'entreprise au niveau du flux monétaire de projet soulève des interrogations. En effet, contrairement aux frais généraux, qui se réfèrent directement au projet, les frais généraux de l'entreprise forment un tout. Ainsi, il est impossible d'isoler la part qui se réfère à un projet donné. Par conséquent, il devrait être logique de prendre en considération ces frais généraux uniquement lorsque l'on étudie le flux monétaire à l'échelle de l'entreprise et non plus à celle du projet, comme l'indique la Figure 3.

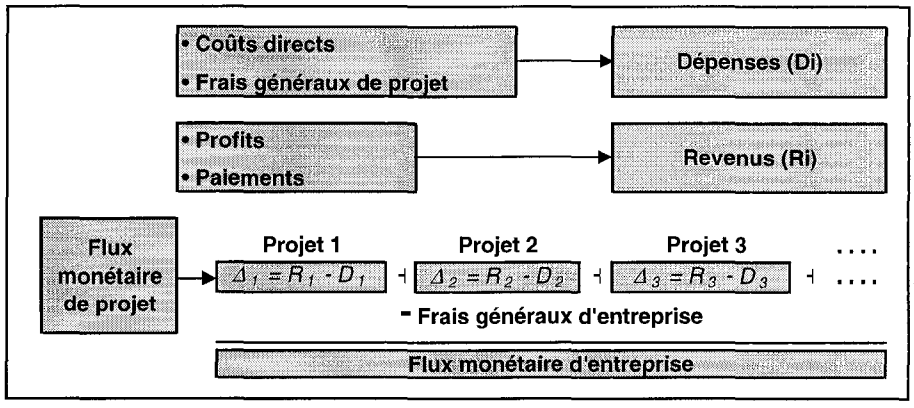


Figure 3 Le schéma de prise en compte des frais généraux dans la détermination du flux monétaire à l'échelle de l'entreprise

Il est intéressant également de se pencher sur le point de vue défendu par Navon (1995). En effet, selon lui, agir en ce sens peut donner une vision plus optimiste quand on examine le flux monétaire du projet. Le flux des entrées qui est basé sur les prix aux contrats, comprend une compensation pour les frais généraux de la compagnie. Ainsi, le flux monétaire qui se définit comme le flux des entrées moins celui des sorties peut paraître trop optimiste si les dépenses excluent les frais généraux liés à l'entreprise.

Afin de lever toute ambiguïté sur le sujet, les frais généraux d'entreprise seront considérés au sein de ce mémoire comme une variable affectant le flux monétaire à l'échelle de l'entreprise uniquement. Cette décision se trouve motivée par le simple fait que le flux monétaire de projet ne constitue qu'une étape, en vue de la détermination du flux monétaire d'entreprise. Ainsi, que le flux monétaire de projet soit trop optimiste ou non importe peu. La seule obligation est d'atteindre la précision optimale lors de l'établissement du flux monétaire d'entreprise.

- *La variation du coût du projet, de l'activité, de la ressource*

Au cours des mises à jour, certaines déviations vis-à-vis des coûts peuvent être enregistrées, du fait de l'inflation, de travaux non prévus, de travaux défectueux, etc. Qu'il s'agisse d'une hausse ou d'une baisse, son influence sur le coût du projet est

indéniable. Par conséquent, la variable relative à la variation du coût du projet, de l'activité ou de la ressource est une notion influente sur le flux monétaire de projet.

- *Les escomptes faites par les fournisseurs ou les sous-traitants*

Il existe deux raisons pour lesquelles le fournisseur ou sous-traitant peut-être amené à réaliser un escompte à la faveur de l'entrepreneur. D'une part, l'entrepreneur donne suite à une demande de la part du sous-traitant ou fournisseur pour être payé au cours d'un période de temps donnée (en avance par rapport au contrat). L'entrepreneur, s'il accepte les nouvelles conditions, pourra profiter d'un certain pourcentage de remise sur les produits fournis ou l'activité réalisée. Il s'agit dans ce cas d'un escompte de paiement. D'autre part, la quantité de produits ou de travail à fournir est importante du point de vue du fournisseur ou du sous-traitant. Celui-ci peut être amené à effectuer une remise sur le coût de sa prestation. Il s'agit dans cette configuration d'un escompte de volume.

Qu'il s'agisse d'un escompte de paiement ou de volume, leur prise en compte s'accompagne d'une diminution des coûts, équivalente à la remise opérée par le sous-traitant ou fournisseur.

- *Les contingences*

Les contingences regroupent un montant alloué au projet pour répondre à des dépenses imprévues. En d'autres termes, elles représentent une marge de sécurité financière, dont le montant est déterminé pour faire face aux aléas de la réalisation du projet. A ce titre, elles constituent un item de coût à part entière.

- *La pénalité de retard*

En cas de prolongation du chantier, celle-ci se traduit par un préjudice pour le propriétaire, sous forme d'une immobilisation improductive (perte locative). Les cahiers des charges prévoient parfois une pénalité pour retard ou encore des clauses de

dommages liquidés (Gilbert, Miresco et Martineau, 2000). Au même titre que les coûts directs et indirects, la pénalité de retard constitue un item de coût à part entière.

- *Le financement*

Dans le but de financer les déficits d'espèces, des fonds doivent être générés soit à l'interne ou soit empruntés à des institutions financières. Ceci signifie qu'il y a un coût caché dans le projet en terme d'intérêts perdus sur des dépôts non réalisés ou des intérêts payés pour les emprunts souscrits.

Ainsi, il s'avère nécessaire au cours du suivi du flux monétaire, de déterminer le coût dû aux intérêts sur une base mensuelle (dans les cas où le flux monétaire est négatif) (équation (2.2)) (Reinschmidt et Frank, 1976).

$$I_t = |F_t|\left(\frac{r}{100}\right); F_t<0 \qquad (2.2)$$

F_t = flux monétaire d'entreprise
I_t = coût des intérêts au mois « t »
r = pourcentage mensuel du taux d'intérêt

- *Les ordres de changements*

Les ordres de changements désignent des modifications aux travaux approuvées contractuellement par les différentes parties. Au cours de la phase de construction, les ordres de changements peuvent venir modifier le travail de l'entrepreneur général durant n'importe quel mois. Si un projet avec de nombreux changements prévisibles est signé, les entrepreneurs se doivent d'être conscients des variations probables de leurs besoins en financement. En outre, ils doivent se préparer à un capital d'investissement bien plus important, notamment si les ordres de changements deviennent nombreux au cours de la dernière partie du projet (Hwee et Tiong, 2002).

- *L'inflation*

Induite par les coûts ou par l'excès de demandes, l'inflation est un déséquilibre global qui se traduit par une augmentation générale des prix. C'est lors des périodes difficiles, où le taux d'inflation est élevé que le besoin de prévisions de flux monétaire est encore plus important (Kaka et Price, 1991). Ce facteur qui influence grandement le flux monétaire, car il affecte directement les coûts, présente en outre une notion d'incertitude liée à l'évolution du marché. Sa prise en compte s'avère ainsi délicate et doit faire l'objet d'une grande attention.

- **Les variables de temps**

Si le temps vient à changer, les coûts vont également subir une modification que ce soit au niveau de leur montant ou de leur répartition. Il est donc essentiel d'adjoindre à la notion de coût, la notion de temps. Au sein de la revue de la littérature, cinq variables de temps ont été répertoriées, à savoir :

a. la date de début du projet, de l'activité (Kaka, 1996) ;
b. la durée du projet, de l'activité (Reinschmidt et Frank, 1976) ;
c. la probabilité de variation de la durée du projet, de l'activité (Reinschmidt et Frank, 1976) ;
d. les jours ouvrables (Navon, 1995) ;
e. l'avancement (Sears, 1981 ; Navon, 1995 ; Hwee et Tiong, 2002).

Il est à noter que l'intégralité de ces variables temporelles sont des variables de planification et que certains modèles se contentent uniquement de la saisie de la durée totale du projet pour les synthétiser.

- *La date de début et la durée du projet, de l'activité*

La date de début et la durée du projet (de l'activité), désignent deux variables nécessaires à la répartition des coûts dans le temps. La date de début constitue

simplement un point de départ à la détermination, tandis que la durée, va fixer implicitement un point final.

La connaissance de la date de début du projet va permettre, entre autre, de fixer la valeur du taux d'inflation à prendre en considération dans le calcul des coûts du projet.

- *La probabilité de variation de la durée du projet, d'une activité*

En planification de projet, il est généralement admis que la durée de chacune des activités est parfaitement connue, c'est à dire déterministe. Cela constitue une hypothèse raisonnable pour un échéancier détaillé, mais cela ne peut être le cas au cours des premières étapes de planification (Reinschmidt et Frank, 1976). L'introduction d'une variable relative à la probabilité de variation de la durée, influe sur la répartition du coût du projet ou de l'activité au cours du temps et a fortiori entraîne une modification au niveau du flux monétaire.

- *Les jours ouvrables*

Le nombre de jours ouvrables d'un projet influe directement sur sa durée. Ainsi, selon Navon (1995), il est nécessaire d'évaluer le nombre de jours ouvrables d'un projet à la lumière des paramètres liés à la saison, à la localisation du projet, au type de travail, aux méthodes de construction et aux vacances.

- *L'avancement*

Au fur et à mesure de l'avancement du projet, des déviations par rapport aux prévisions sont enregistrées. Les déviations qui font état d'une modification sur la durée ou la date de début du projet (de l'activité) doivent être logiquement intégrées.

2.3.2 Les variables de revenus

Au sein de cette section, sera regroupé l'ensemble des variables spécifiques à l'étude des revenus. En effet, le suivi des rentrées d'argent dans le temps (cash in) constitue avec l'étude des dépenses, les deux composantes principales de la détermination du flux monétaire. Ainsi, l'ensemble des variables qui affectent les revenus d'un projet influencent également son flux monétaire. Au sein de la littérature, dix variables spécifiques à l'étude des revenus ont été recensées, à savoir :

a. le profit (Peer, 1982 ; Copare, 1990 ; Kaka, 1996) ;
b. le débalancement (Ashley et Teicholz, 1977 ; Kaka et Price, 1993) ;
c. le délai de facturation (Teets, 1976 ; Peer, 1982 ; Navon, 1995) ;
d. la probabilité de retard de paiement du client (Barbosa et Pimentel, 2001) ;
e. la probabilité de paiements retenus pour travaux défectueux (Coates, 1985) ;
f. les retenues du client (Hinze et Ashton, 1981 ; Singh et Lokanathan, 1992 ; Kaka, 1996) ;
g. les intérêts sur les retenues remis par le client (Hinze et Ashton, 1981) ;
h. les gains d'investissement (Barbosa et Pimentel, 2001) ;
i. le bonus d'avance (Kaka, 1996) ;
j. la sur ou sous estimation de l'avancement des travaux entre l'entrepreneur et l'architecte (Hwee et Tiong, 2002).

- *Le profit*

L'entreprise de construction étant une entreprise à but lucratif, il est nécessaire d'ajouter au coût du projet un montant de profit (Paradis et Gervais, 1997). Ce terme de profit constitue l'élément à la base de la différenciation entre les gains et les coûts.

- *Le débalancement*

À cause des coûts engendrés par la mobilisation, par l'achat de matériaux, par les retenues et les délais pour recevoir les paiements, la plupart des entrepreneurs

présentent un flux monétaire négatif au début du cycle du projet. Même s'il semble difficile de contrebalancer cette situation défavorable, l'entrepreneur peut décider de surcharger ses facturations au propriétaire afin de soulager son déficit initial. Cette surfacturation volontaire opérée par l'entrepreneur est appelée « débalancement ». La plus populaire des techniques de débalancement se trouve être le principe de facturation dégressive (front end loading). Ce dernier repose sur l'application d'un facteur de débalancement, destiné à augmenter le prix des premiers items (d'un point de vue chronologique). Néanmoins cette surfacturation doit s'accompagner en parallèle d'une diminution du prix des derniers items, si bien que le travail pris dans son ensemble n'a pas évolué. L'intérêt principal d'une telle démarche pour l'entrepreneur est de recevoir le plus d'argent possible au début du projet, pour avoir moins de déboursés à faire sur les items qui se font au cours des premières étapes. Même si, à la fin des travaux l'entrepreneur ne retire que le prix coûtant des items ou presque, il aura fait fructifier ce qu'il a reçu en ayant moins de capital à investir (Gervais, 2003).

Un exemple simplifié de débalancement par facturation dégressive (front end loading) est présenté par l'intermédiaire du Tableau III et du Graphique 9. Un facteur de débalancement égal à cinq pour cent du coût de l'activité est appliqué sur 50 pour cent du coût total du projet (soit jusqu'à 1 200 000 $/2 = 600 000 $). Par conséquent, jusqu'à ce que le coût du projet atteigne 600 000 $, le coût des items de la demande de paiement, formulée par l'entrepreneur, sera majoré de dix pour cent (soit cinq pour cent de facteur de débalancement et cinq pour cent de profit). Une fois les 600 000 $ de coûts dépassés, l'entrepreneur devra appliquer un facteur de débalancement de moins cinq pour cent. La raison étant que le coût du travail pris dans son ensemble ne doit pas être affecté par la surfacturation initiale. Le terme de profit demeurant égal à cinq pour cent tout au long du projet, pour cette période les gains seront donc équivalents aux coûts.

Tableau III

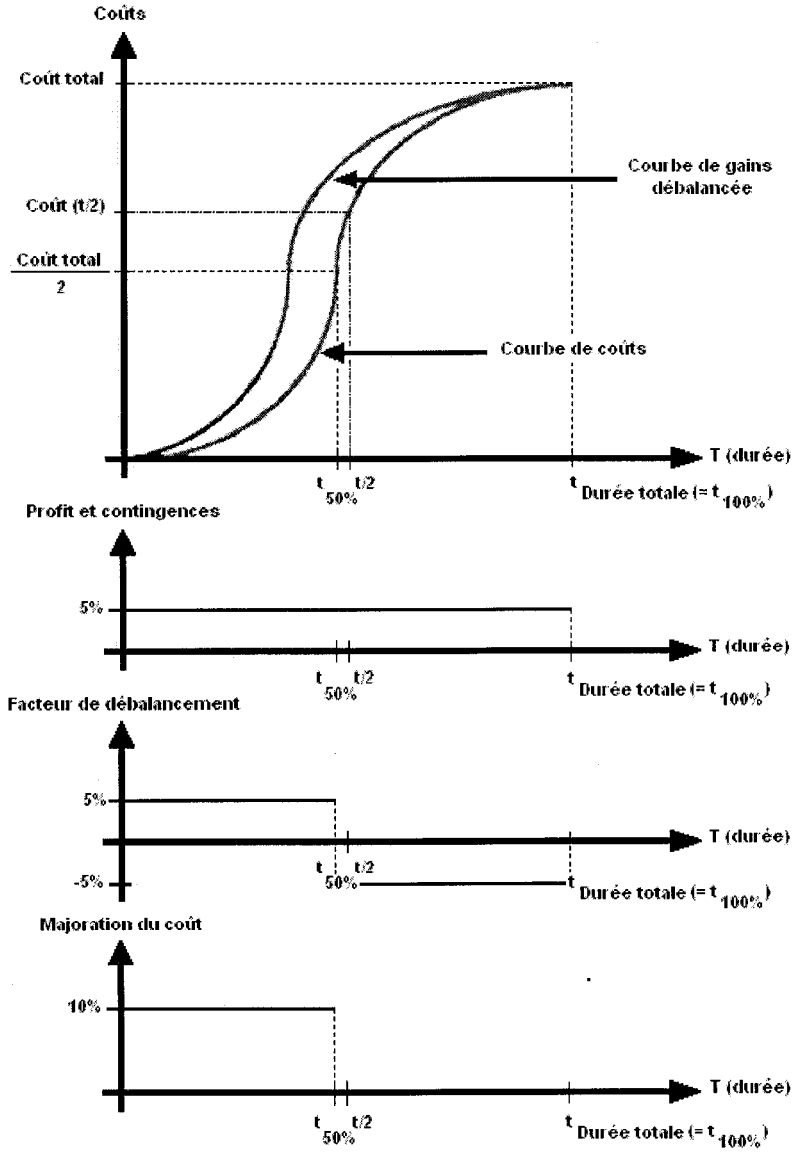
Un exemple de débalancement des items d'un contrat

Mois	Coûts du travail mesuré	Travail cumulatif mesuré	Débalancement	Profit	Gains cumulatifs ajustés	Gains sans débalancement
1	10	10	5%*10	5%*10	11	10,5
2	20	30	5%*20	5%*20	33	31,5
3	40	70	5%*30 et -5%*10	5%*40	76	73,5
4	30	100	-5%*30	5%*30	106	105
5	10	110	-5%*10	5%*10	116	115,5
6	10	120	-5%*10	5%*10	126	126

Le facteur de débalancement est de 5% du contrat. Le profit est de 5%.
Les coûts et les gains sont exprimés en dizaine de milliers de dollars

(Adapté de Kaka, 1996)

Ce principe relativement simple de débalancement présente toutefois une influence non négligeable sur le flux monétaire et notamment sur la répartition des gains au cours du temps. En effet, il est intéressant de noter que, pour le même projet et le même programme de travail, deux entrepreneurs sont susceptibles de produire deux courbes différentes de flux monétaire. Cette observation est due non seulement à des erreurs d'estimation, mais également à l'application d'une stratégie de débalancement différente (Kaka et Price, 1993).



Graphique 9 Un concept basique de débalancement

- *Le délai de facturation*

Au sein de l'industrie de la construction, l'entrepreneur soumet généralement sur une base mensuelle ses factures au propriétaire pendant la phase de réalisation. Ces facturations sont examinées par les représentants du propriétaire. Si elles sont jugées cohérentes, c'est-à-dire qu'elles traduisent la réalité de l'avancement, alors elles seront approuvées pour le paiement. Ainsi, le délai de facturation caractérise le laps de temps

qui s'est écoulé entre la date à laquelle a été effectué le relevé d'avancement et celle où le propriétaire effectue le paiement à l'entrepreneur (Peer, 1982).

Cette variable constitue le facteur le plus important dans la caractérisation des revenus à partir des gains. En effet, la saisie du délai de facturation permet d'obtenir à partir des gains la rentrée réelle de l'argent.

- *La probabilité de retard de paiement du client*

Dans certains cas, il peut arriver que le client ne respecte pas les échéances prévues au contrat et que ses paiements soient remis en retard à l'entrepreneur. La probabilité de retard de paiement du client désigne ainsi une variable difficile à déterminer, mais son influence est importante car l'entrepreneur doit également payer ses sous-traitants et fournisseurs. Une situation inconfortable, qui le place en délicatesse vis-à-vis de son flux monétaire (Barbosa et Pimentel, 2001).

Il est donc primordial pour tout entrepreneur de déterminer le comportement de paiement d'un client lorsqu'il calcule son flux monétaire. Ce comportement ne peut être établi que par l'étude d'expériences communes. S'il s'agit d'un client qui a déjà travaillé avec l'entrepreneur, ce dernier se doit de se référer aux données historiques de l'entreprise. Dans le cas où ils n'auraient jamais travaillé ensemble, un contrôle auprès d'autres entrepreneurs et/ou sociétés avec lesquels il a travaillé est essentiel (Teets, 1976).

- *La probabilité de paiements retenus pour travaux défectueux*

Au même titre que la variable introduite précédemment, la probabilité de paiement retenu pour travaux défectueux repose sur l'intégration d'un délai supplémentaire pour que l'entrepreneur puisse percevoir son dû. Les conséquences sur le flux monétaire sont évidentes puisqu'il recevra plus tard le paiement de travaux qu'il a déjà réalisés. Néanmoins, à la différence de la probabilité de retard de paiement, cette variable ne l'affecte véritablement que lorsqu'elle s'applique à ses propres travaux. En effet, si les

travaux défectueux concernent des travaux sous-traités, l'entrepreneur ne paiera le sous-traitant qu'une fois qu'il sera lui-même rémunéré.

- *Les retenues du client*

A partir des factures adressées par l'entrepreneur au client, seulement une partie de celles qui seront validées deviennent des paiements. En effet, un certain pourcentage est conservé par le client à titre d'incitation auprès de l'entrepreneur, pour que ce dernier accomplisse le contrat (Singh et Lokanathan, 1992 ; Hinze et Ashton, 1981).

Pour caractériser cette variable relative aux retenues exercées par le client, il est nécessaire d'introduire à la fois le pourcentage de retenue appliqué ainsi que la date de remise de la retenue. La remise de la retenue doit être réalisée suivant deux échéances : l'une correspondant à la fin des travaux, l'autre à la fin de la période de garantie (soit généralement 12 mois après la fin des travaux) (Kaka,1996).

- *Les intérêts sur les retenues remis par le client*

Une politique relativement équitable menée par le propriétaire consiste à remettre la retenue à l'entrepreneur avec l'intérêt qu'il a gagné en conservant cet argent. Ce terme d'intérêts constitue pour l'entrepreneur une rentrée d'argent, il s'agit par conséquent d'une source de revenus supplémentaires.

- *Les gains d'investissement*

Un excédent d'espèces, résultant de paiements cumulatifs supérieurs aux coûts, peut être réinvesti dans la compagnie afin de gagner un taux de rendement en retour. Ainsi, lorsqu'un flux monétaire positif est généré, il doit être exploité pour évaluer le gain potentiel que représente son investissement (Ashley et Teicholz, 1977).

A l'image du facteur précédent, les gains d'investissement constituent une source supplémentaire de revenus pour l'entrepreneur et à ce titre influencent le flux monétaire.

- *Le bonus d'avance*

Dans le cas où le chantier, serait achevé en avance par rapport au contrat, ce dernier peut prévoir ou non la remise d'un bonus (Gilbert, Miresco et Martineau, 2000). Ce gain additionnel doit être pris en compte lors de l'étude du flux monétaire.

- *La sur/sous estimation de l'avancement des travaux entre l'entrepreneur et l'architecte*

Bien que la sur ou sous estimation puisse se produire durant la phase de construction du projet, la valeur totale du contrat ne change jamais. Au final, la totalité du montant au contrat sera reçu, mais le flux monétaire du projet s'en trouve affecté. Si, par exemple, plus d'argent était perçu par l'entrepreneur en avance par rapport aux prévisions, la situation lui sera favorable (Hwee et Tiong, 2002).

En outre, Hwee et Tiong (2002) ont démontré par simulation qu'une sous-estimation peut s'avérer délicate (notamment dans le cas d'une sous estimation importante) et que les effets qui l'accompagnent peuvent contraindre l'entrepreneur à trouver des fonds supplémentaires pour combler les écarts. Une sur estimation, quant à elle, se révèle favorable mais les effets ne sont pas aussi importants.

2.3.3 Les variables de dépenses

Au sein de ce paragraphe, sera regroupé l'ensemble des variables spécifiques à l'étude des dépenses. En effet le suivi des sorties d'argent dans le temps (cash out) constituent avec l'étude des revenus, les deux composantes principales de la détermination du flux monétaire. Ainsi, l'ensemble des variables qui affectent les

dépenses d'un projet influencent également son flux monétaire. Au sein de la littérature, trois variables spécifiques à l'étude des dépenses ont été recensées, à savoir :

a. les délais de paiement (Peer, 1982 ; Navon, 1995) ;
b. les retenues de l'entrepreneur (Hinze et Ashton, 1981 ; Singh et Lokanathan, 1992 ; Kaka, 1996) ;
c. la sur/sous évaluation de l'avancement entre l'entrepreneur et ses sous-traitants (Hwee et Tiong, 2002 ; Coates, 1985).

- *Les délais de paiement*

Le délai de paiement représente le délai entre le moment où une ressource est utilisée sur le chantier et le moment où elle est payée par l'entrepreneur. Cette variable constitue le facteur le plus important dans la caractérisation des dépenses à partir des coûts. En effet, la saisie du délai de paiement permet d'obtenir à partir des coûts la sortie réelle de l'argent. A ce titre, il s'agit d'une variable primordiale dans la détermination du flux monétaire.

Il est nécessaire de préciser également que, dans le cas d'un escompte de paiement ce dernier s'accompagne vis-à-vis de l'entrepreneur d'une modification dans ses échéances de paiement. Par conséquent, il est nécessaire pour que cette variable soit correctement introduite d'adjoindre à l'activité qui s'y rattache un nouveau délai de paiement.

- *Les retenues de l'entrepreneur*

A partir des factures adressées par le sous-traitant à l'entrepreneur, seulement une partie de celles qui seront validées deviennent des paiements. En effet, un certain pourcentage est conservé par l'entrepreneur à titre d'incitation auprès de son sous-traitant pour que ce dernier accomplisse son contrat.

Pour caractériser cette variable relative aux retenues exercées par l'entrepreneur, il est nécessaire d'introduire à la fois le pourcentage de retenue appliqué ainsi que la date de remise de la retenue. La remise de la retenue peut être réalisée en une ou deux échéances dépendamment du travail réalisé par le sous-traitant. D'une part, l'intégralité de la retenue peut être remise à la fin des travaux du sous-traitant. D'autre part, une partie seulement est remise à la fin du projet et le reste est rendu à la fin de la période de garantie (soit généralement 12 mois après la fin des travaux).

- *La sur/sous estimation de l'avancement des travaux entre l'entrepreneur et les sous-traitants*

La sur/sous estimation de l'avancement des travaux entre l'entrepreneur et les sous-traitants est un phénomène qui existe. Toutefois, il semble selon les études menées pas Hwee et Tiong (2002) que les projets soient relativement insensibles à ce risque d'incertitude.

CHAPITRE 3

LE DÉVELOPPEMENT D'UNE MÉTHODE DE DÉTERMINATION DU FLUX MONÉTAIRE

L'objectif de ce troisième chapitre est de présenter une méthode de détermination du flux monétaire à l'échelle du projet. Celle-ci s'adressera aux entrepreneurs et se voudra non seulement rapide et précise, mais également spécialement pertinente en phase de réalisation. Afin de parvenir à cette finalité, la méthode se basera sur un modèle d'intégration coût/temps. En effet, l'inconvénient majeur qui caractérise ce modèle n'est plus d'actualité compte tenu des solutions informatiques dont dispose de nos jours l'industrie de la construction. En outre les besoins en termes de gestion de projets, au sein des entreprises, ont bien évolué. De sorte que les informations sur lesquelles se basent les modèles d'intégration sont désormais communément disponibles.

Dans un premier temps il s'agira de fixer les objectifs auxquels devra se conformer la méthode, pour être jugée performante et exploitable. Dans un deuxième temps les justifications du choix du modèle d'intégration coût/temps, en réponse aux objectifs fixés, seront explicitées. Enfin le cœur de ce chapitre sera consacré à l'établissement de la méthode de détermination du flux monétaire de projet, en tenant compte de l'ensemble des variables retenues.

3.1 Les objectifs fixés

L'objet de ce mémoire est de développer une méthode de détermination du flux monétaire qui tienne compte de l'ensemble des variables énumérées au chapitre deux et qui soit limitée à l'échelle du projet. En effet, la tâche à accomplir pour le développement d'un outil destiné à la détermination du flux monétaire à l'échelle de l'entreprise, dépasse l'envergure de ce mémoire. Cette méthode s'adressera spécifiquement aux entrepreneurs, car le suivi du flux monétaire vis-à-vis de cet intervenant est sans doute le plus important et le plus complexe. En outre, la portée de la méthode se limitera aux contrats à prix forfaitaires, car dans le domaine du bâtiment

il s'agit de la configuration la plus courante. De plus, sans dévaloriser l'importance du flux monétaire au cours des premières étapes d'un projet, cette méthode privilégiera le suivi du flux monétaire au cours de la phase de réalisation. En effet, c'est au cours de cette étape que l'entrepreneur se trouve confronter véritablement à des problèmes de disponibilité d'espèces. Des difficultés qu'il se doit de résoudre, car il en va de la pérennité financière de son entreprise. Ainsi, la méthode pour être jugée exploitable et performante se doit d'atteindre certains objectifs.

Il est tout à fait naturel de trouver tout en haut de la liste des objectifs fixés, les principales attentes formulées par les entrepreneurs, à savoir simplicité et rapidité. En effet, le temps disponible pour l'établissement du flux monétaire est souvent limité, de plus, l'entrepreneur doit faire face à des mises à jour régulières. Néanmoins la méthode mettra l'accent sur les objectifs en termes de précision et d'accessibilité au plus grand nombre. En effet c'est sur la base de ces éléments que sera fait, en grande partie, le choix du modèle à la base de la méthode.

- **Les objectifs en termes de précision**

Au regard des attentes suscitées par le suivi du flux monétaire au cours du cycle de vie d'un projet, il apparaît que le degré de précision exigible lors des différentes étapes ne soit pas constant. Par conséquent, la méthode peut privilégier un degré de précision évolutif, qui soit conforme aux attentes de l'entrepreneur à chaque étape. Néanmoins, il est nécessaire d'atteindre le degré optimum de précision en phase de réalisation, car l'objectif va au-delà de la détermination d'un simple ordre de grandeur des besoins en financement. L'entrepreneur se doit de respecter ses engagements vis-à-vis des banques et ainsi d'anticiper toute modification significative.

Pour parvenir à cette finalité, il est nécessaire d'adjoindre à la méthode la notion de flexibilité. Cette dernière doit permettre à l'entrepreneur de caractériser au mieux la réalité du chantier et l'environnement de chacun des projets traités. A cet effet, il est primordial que la méthode ainsi développée puisse introduire correctement l'ensemble des délais de paiement impliqués sur le projet. En effet, un projet de construction se

compose de différentes catégories de coûts, telles que la main d'œuvre, les équipements, les matériaux, les sous-traitants, chacune présentant un délai de paiement différent, ce qui rend leur prise en compte délicate. Cette variable, trop souvent négligée, est essentielle dans le processus de détermination du flux monétaire. Si son introduction n'est pas correctement envisagée au sein de la méthode, la validité de ses résultats peut être remise en cause.

- **Les objectifs en termes d'accessibilité au plus grand nombre**

Certains chercheurs, tels Hwee et Tiong (2002), Kaka et Lewis (2003), ont développé des modèles informatiques très complets, qui nécessitent des logiciels spécifiques. Ces derniers profitent de la simplicité des modèles mathématiques, lors des phases préparatoires et de la précision des modèles d'intégration coût/temps en phase de réalisation. Néanmoins les entreprises de construction, particulièrement celles de petite et de moyenne taille, n'ont probablement pas les moyens d'obtenir de tels logiciels. Non seulement en raison d'un coût d'acquisition très élevé, mais également du fait de la formation nécessaire à leur exploitation.

Ainsi une solution informatique, recourant à un logiciel général, offrira un plus grand nombre d'opportunités d'applications. Par conséquent la méthode qui sera développée, devra privilégier le recours à ce type de solution informatique. En effet, il semble inopportun de développer un outil si ce dernier ne peut être accessible au plus grand nombre.

En outre, il est intéressant, pour ne pas dire capital pour un entrepreneur, d'accéder à un résultat qui soit directement exploitable et non pas sujet à des interprétations. Il est donc essentiel que la méthode privilégie une approche véritablement déterministe.

3.2 Le choix d'un modèle d'intégration coût/temps

3.2.1 Les justifications

Le recours aux modèles mathématiques pour la détermination de courbes de flux monétaires en soumission et en phase préliminaire peut se justifier. Cependant, la précision souhaitée en phase de réalisation ne peut se fonder sur des similitudes de projets, sur le bon sens, voir sur des critères totalement subjectifs. Ainsi le recours à une méthode basée sur un modèle d'intégration coût/temps semble se justifier.

Malgré certaines critiques à l'égard du degré de fiabilité d'un exercice de planification le bon sens veut qu'un échéancier et une estimation, même préliminaires, fournissent une bien meilleure base pour une prévision de flux monétaire que n'importe quel regroupement ou équation générale. De plus, en se fondant sur la réalité du projet en termes de coûts et de temps, le modèle d'intégration coût/temps se caractérise par une grande flexibilité. En outre en raison d'un niveau d'étude basé sur les différentes catégories de coûts du projet (main d'œuvre, équipement, sous-traitants, frais généraux), la courbe de coûts peut être décomposée en courbes individuelles selon le mode de paiement. En offrant ainsi l'opportunité de générer une courbe de coûts correspondant à chacun des modes de paiement, le modèle d'intégration coût/temps facilite grandement l'introduction des délais de paiement.

Enfin le fait de recourir à un modèle d'intégration coût/temps, offre la possibilité de réaliser l'application informatique à partir d'un logiciel général de planification. L'outil développé sera ainsi accessible a toute entreprise qu'elle soit de grande ou de petite taille. De plus, la grande majorité de ces logiciels sont simples d'utilisation et la saisie des mises à jour ne réclame généralement qu'un investissement minime.

En conclusion, le cas d'entreprises gérant la construction de projets identiques mis à part, le modèle d'intégration coûts/temps apparaît comme plus à même de répondre aux objectifs fixés qu'un modèle mathématique.

3.2.2 Les réponses aux limites du modèle

Au sein de la revue de la littérature, certains inconvénients, concernant spécifiquement les modèles d'intégration coût/temps, ont été pointés du doigt. Il s'agit principalement des problèmes liés à la disponibilité des informations et à l'attribution des items de coûts aux items d'échéancier (Navon, 1995 ; O'Leary et Tucker, 1996 ; Barbosa et Pimentel, 2002).

- **La disponibilité des informations**

En raison d'une complexité et d'une compétition croissantes au sein de l'industrie de la construction, les besoins des entreprises en termes de gestion de projet ont évolué. Il est rare désormais qu'un entrepreneur, qui a le souci de réaliser une bonne gestion de ses projets, n'éprouve pas le besoin d'établir dès les premières phases un échéancier même préliminaire et un devis estimatif. Par conséquent, l'entrepreneur d'aujourd'hui dispose des informations suffisantes pour générer un flux monétaire sur la base d'un modèle d'intégration coût/temps. Un tel modèle ne sera pas pénalisé par le manque d'informations au cours des premières étapes du projet, car celles disponibles suffiront à l'établissement du flux monétaire préliminaire. De plus, au cours de l'étape de réalisation, les précisions apportées à l'échéancier et au devis estimatif d'une part et sur l'ensemble des conditions d'opération d'autre part vont conférer à la méthode une précision accrue et nécessaire. Certes le travail qui consiste à collecter l'ensemble des informations, que ce soit au niveau de l'estimation ou de la planification, peut s'avérer coûteux en temps. Cependant, les données issues de ces étapes préliminaires constituent des informations nécessaires à une bonne gestion et non pas spécifiquement générées pour établir le flux monétaire. Par conséquent, la méthode se contente de les exploiter et nécessite de ce fait un investissement raisonnable.

Enfin le contrôle des coûts, en raison des marges bénéficiaires resserrées, est également devenu une priorité de l'entrepreneur notamment en phase de réalisation. Ainsi, l'argument qui veut que les mises à jour des échéanciers ne soient pas

régulièrement réalisées n'a plus lieu d'être. La réalisation de ce travail bénéficie, en outre, de la rapidité des applications informatiques actuelles.

- **L'attribution des items de coûts aux activités**

Il a été énoncé précédemment que la compilation d'une liste, associant les items de coût du devis estimatif aux activités composant l'échéancier, nécessite une grande débauche d'énergie. Cette constatation étant la principale raison pour laquelle les modèles d'intégration coût/temps ne font pas l'unanimité auprès des chercheurs. Pour résoudre ce problème de compatibilité, de nombreux modèles font l'objet de recherches sur l'intégration des travaux d'estimation et de planification (Rasdorf et Abudayyeh, 1991 ; Kang et Paulson, 1998 ; Fayek, 2001 ; Perera et Imriyas, 2004). La grande majorité des modèles issus de ces travaux, proposent une résolution basée sur une estimation élémentale. Cette approche se base sur une décomposition du projet suivant un ensemble d'assemblages. Chacun des assemblages constituant un élément fonctionnel du bâtiment, commun généralement à tous les projets de construction de même nature (Gervais, 2003). L'intérêt majeur présenté par cette méthode de décomposition du projet réside dans le fait que l'assemblage ainsi formé se trouve beaucoup plus près de l'activité. Par conséquent, items de coût et items d'échéancier sont désormais semblables ou du moins au même niveau de détail. Le problème de compatibilité auquel se heurtent les modèles d'intégration coût/temps s'en trouve ainsi atténué pour ne pas dire résolu.

Au-delà de la méthode élémentale, il existe des logiciels commerciaux tels Timberline et Winestimate qui se basent sur cette décomposition du projet en assemblages. Ces derniers s'avèrent très pratiques d'usage, puisqu'ils permettent de choisir un assemblage référencé et d'y apporter toutes les modifications souhaitées. A savoir ajouter ou supprimer des items, modifier ses dimensions, mais également effectuer des calculs additionnels. De même, il est possible de modifier toute autre information relative à la productivité de la main d'œuvre et de l'équipement. Enfin, un autre avantage et non des moindres, repose sur leur interactivité avec certains programmes informatiques de planification. Autrement dit le travail d'estimation établi à partir de ces

logiciels est susceptible d'être importé au sein d'un logiciel de planification, afin de produire un échéancier où les coûts sont déjà affectés aux activités. Une complémentarité qui offre à l'entrepreneur l'opportunité de sauver de son temps.

Dans le cas de relevés de quantités traditionnels, le travail d'intégration est autrement plus complexe. Néanmoins certaines recherches proposent des modèles susceptibles de gérer ce type de relevé au même titre que les relevés issus d'une méthode élémentale. A titre d'exemple, le modèle développé par Perera et Imriyas (2004) se veut exploitable à partir d'applications informatiques générales telles que des bases de données et un logiciel de planification. Il est par conséquent accessible à toute entreprise quelle soit de grande ou de petite taille.

En conclusion, l'entrepreneur dispose de solutions adaptées pour gérer le problème lié à l'attribution des items de coût aux activités. Cette difficulté ne doit donc en aucun cas participer à une quelconque remise en cause, d'une méthode de prévisions de flux monétaires basée sur le principe d'intégration coût/temps.

3.3 Les variables non retenues

Au cours de cette section, des précisions seront apportées afin de justifier la mise à l'écart de telle ou telle variable. Deux raisons principales sont à l'origine de cette mise à l'écart. D'une part, en raison de considérations pratiques, certaines variables se révèlent difficilement mesurables ou peu influentes au niveau du projet. D'autre part, certaines variables se révèlent en dehors des objectifs établis.

3.3.1 Les variables difficilement mesurables ou non influentes

- *La sur ou sous évaluation de l'avancement*

La méthode peut raisonnablement faire abstraction de la sur ou sous évaluation de l'avancement, qu'elle soit entre l'entrepreneur et les sous-traitants ou entre l'entrepreneur et l'architecte. En effet, son influence sur le flux monétaire se révèle

limitée. Qu'il existe une sur ou une sous-évaluation de l'avancement, l'entrepreneur ne recevra de la part du client pas moins ou pas plus d'argent que ne présente l'avancement réalisé. En conséquence si sous-évaluation il y a, l'entrepreneur versera moins d'argent à son ou ses sous-traitants mais il en recevra également moins de la part du client. Il en va de même pour une sur évaluation, où l'entrepreneur versera cette fois ci plus d'argent mais il en recevra également plus de la part du client. Les conséquences en termes de financement d'une telle variable sont donc sans effet ou presque.

Enfin, lorsque le projet est en cours, il ne s'agira plus d'une sur ou d'une sous évaluation de l'avancement, mais simplement d'une mise à jour qui ne nécessite pas l'introduction d'une telle variable.

- *Les travaux défectueux*

La prise en compte d'une variable, relative aux travaux défectueux, qu'il s'agisse de dépenses additionnelles ou d'une modification dans le délai de facturation s'avère difficilement applicable en prévision. En effet, l'entrepreneur ne peut raisonnablement envisager de réaliser ses travaux de manière défectueuse.

En outre lorsque le projet est en cours, les modifications induites par des travaux défectueux feront l'objet de mises à jour.

- *Les intérêts sur les retenues remis par le client*

L'intégration d'une variable, relative au remboursement par le client des intérêts sur les retenues, s'avère inappropriée à l'échelle du projet. En effet, ce terme d'intérêts intervient après l'achèvement de l'opération (généralement à la remise de la retenue par le client). Ainsi ses conséquences en termes de financement sont sans effet. Néanmoins, son application à l'échelle de l'entreprise est évidente, puisqu'il affecte malgré tout le profit réalisé sur le projet.

- *La pénalité de retard / le bonus d'avance*

La raison de la mise à l'écart des variables relatives à la pénalité de retard et au bonus d'avance est rigoureusement identique à celle formulée pour le terme d'intérêts sur les retenues. A savoir une influence négative/positive sur le profit de l'opération traitée, mais non en termes de financement.

- *Les variables à l'échelle du flux monétaire d'entreprise*

En raison de la limitation du champ d'application de la méthode développée, celle-ci se bornant à l'étude du flux monétaire de projet, les variables spécifiques à la détermination du flux monétaire d'entreprise doivent être écartées.

Les variables faisant l'objet de ce paragraphe ne constituent sans doute pas un inventaire exhaustif de l'ensemble des facteurs pouvant intervenir sur la détermination des courbes de flux monétaire à l'échelle de l'entreprise. Néanmoins, dans le but de démontrer qu'aucune variable préalablement citées n'a été oubliée, elles ont été intégrées à la démarche (Figure 4).

Parmi les variables recensées au cours du second chapitre, six variables spécifiques à la détermination du flux monétaire d'entreprise ont été répertoriées, soit :

a. les frais généraux d'entreprise ;
b. le financement ;
c. les gains d'investissement ;
d. les intérêts sur les retenues remis par le client ;
e. les escomptes de paiement ;
f. la pénalité de retard/le bonus d'avance.

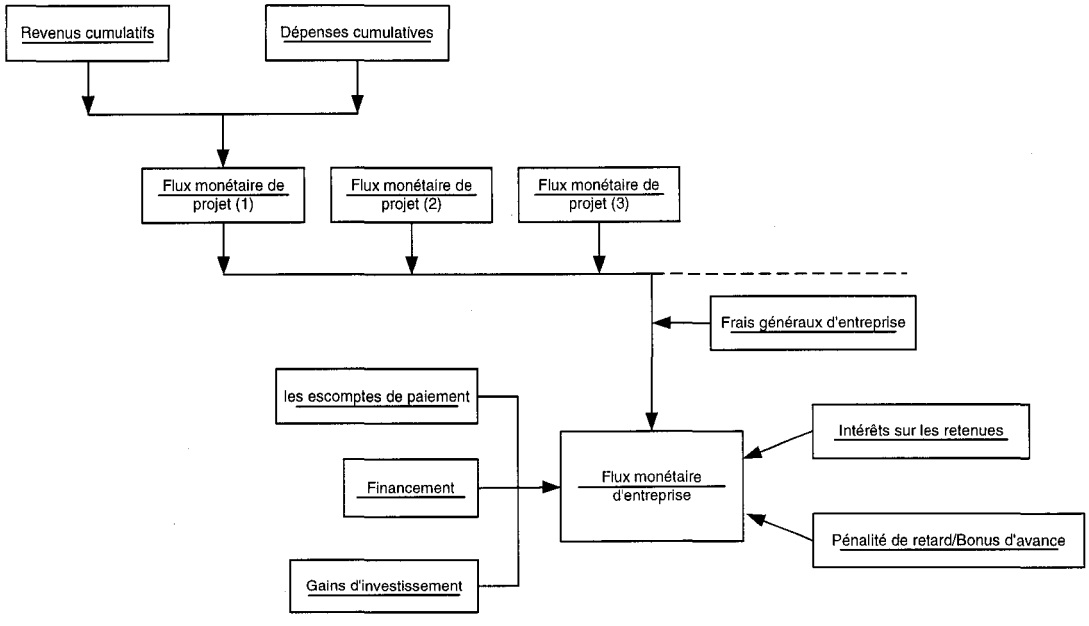


Figure 4 L'arborescence menant à l'obtention du flux monétaire à l'échelle de l'entreprise

S'il ne fait aucun doute que le financement et les gains d'investissement s'appliquent au flux monétaire d'entreprise, car ce sont des variables de gestion d'entreprise, il n'en va pas de même pour la variable relative aux escomptes de paiement. Sa présence au sein des variables spécifiques de flux monétaire d'entreprise s'explique de par l'approche adoptée pour sa prise en compte. En effet, l'entrepreneur dispose généralement de deux alternatives pour justifier son choix dans l'acceptation ou le refus des escomptes de paiement, qui se réfèrent exclusivement à l'étude du flux monétaire d'entreprise.

La première alternative est une approche générale, au sens où elle traite simultanément de l'ensemble des escomptes de leur acceptation ou de leur refus. Elle consiste à générer le flux monétaire d'entreprise avec et sans la prise en compte de l'ensemble des escomptes au contrat et de déterminer si, oui ou non, la position de l'entrepreneur s'en trouve véritablement affectée. Si l'entrepreneur observe que l'intégration de l'ensemble des escomptes le place dans une situation inconfortable vis-à-vis de son fond de roulement, il en refuse l'intégralité. Si l'entrepreneur n'est pas

affecté en termes de disponibilités d'espèces, par la modification des dates de paiement faisant l'objet d'un escompte, il les accepte.

La deuxième alternative est une approche plus individuelle, puisqu'elle offre la possibilité de prendre une décision au cas par cas. Cependant, elle nécessite une analyse plus poussée et son étude s'effectue après la détermination du flux monétaire d'entreprise. En effet, une fois le flux monétaire d'entreprise modélisé, il suffit à l'entrepreneur de déterminer si son flux monétaire est positif ou négatif au cours de la période où le paiement doit être avancé. Si les fonds sont disponibles en quantité suffisante, il ne lui coûte rien d'avancer son paiement de plus ou moins deux semaines car son compte courant ne lui rapporte généralement aucun intérêt (Figure 5).

Dans le cas où plusieurs escomptes sont susceptibles d'être réalisés au cours de la même période et ne permettant pas une acceptation collective, le choix revient à l'entrepreneur de privilégier un escompte ou un regroupement d'escomptes selon ses intérêts financiers.

Il est à noter que l'entrepreneur est obligé de se fonder sur les prévisions de flux monétaire à l'échelle de l'entreprise pour prendre une telle décision et non se limiter à une étude à l'échelle du projet. En effet, si le flux monétaire de projet est positif pour une période donnée, cela ne veut pas dire qu'il en est de même pour le flux monétaire à l'échelle de l'entreprise et inversement. Puisque c'est le flux monétaire d'entreprise qui renseigne l'entrepreneur sur ses disponibilités de fonds, c'est sur la base de cet outil qu'il doit appuyer sa décision d'accepter ou non un escompte. En conséquence, la variable relative aux escomptes de paiement est une variable spécifique à l'étude du flux monétaire d'entreprise.

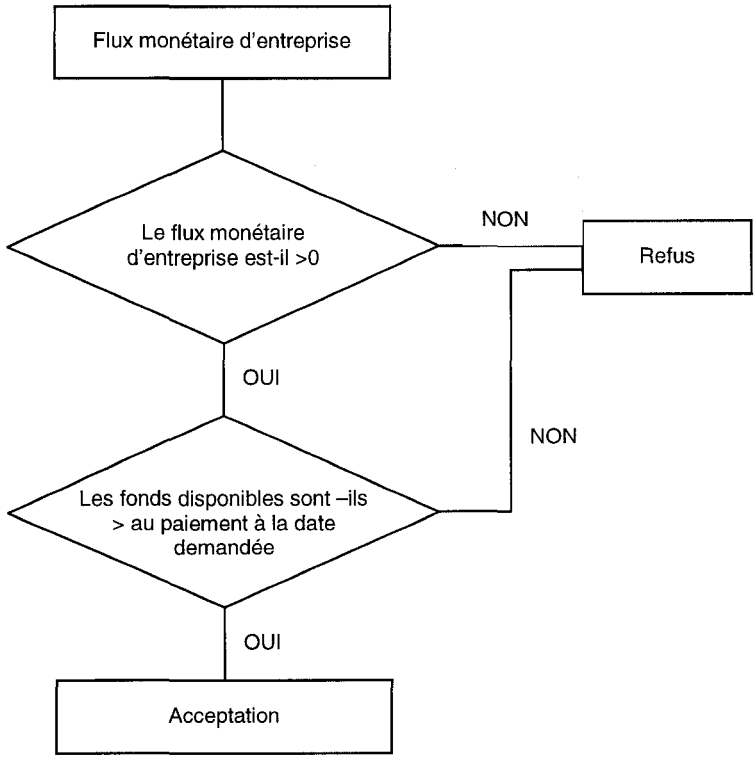


Figure 5 Le processus de prise en compte des escomptes au cas par cas

3.3.2 Les variables en dehors des objectifs établis

- *L'inflation*

L'inflation affecte exclusivement les coûts directement gérés par l'entrepreneur, car dans le cadre d'un contrat à prix forfaitaires, le montant des travaux sous-traités est parfaitement fixé contractuellement. En outre, ce sont principalement les coûts liés à l'achat des matériaux qui sont susceptibles d'être affectés par l'inflation. Cependant, cette variable n'a que très peu d'influence sur le flux monétaire à l'étape de réalisation, car le prix de la plupart des matériaux sont négociés au début du projet et sont utilisés jusqu'à son achèvement. En conclusion, l'inflation constitue une variable influente sur le flux monétaire de projet, mais principalement lors des phases préliminaires comme en préfaisabilité.

- *Les contingences*

La notion de contingences est propre au client et ne constitue pas en tant que telle, une variable qui affecte le flux monétaire de l'entrepreneur. La méthode développée se limitant uniquement à une application du point de vue de l'entrepreneur, cette variable n'a pu être retenue.

3.4 La méthode

Au sein de cette partie qui constitue le cœur du chapitre, sera explicitée la méthode. Il importe ici de rappeler qu'un modèle de prévisions de flux monétaires basé sur une approche d'intégration coût/temps, se fonde sur la détermination de la courbe de coûts. Celle-ci est ensuite transformée en courbe de revenus et en courbe de dépenses, pour finalement générer la courbe de flux monétaire de projet. C'est pourquoi, l'étude de la méthode se décompose suivant cinq volets distincts. Ainsi, sera successivement étudiée la détermination des courbes de coûts par activité, la détermination de la courbe des dépenses, celle de la courbe des revenus pour finalement générer la courbe du flux monétaire à l'échelle du projet. Enfin, en guise de conclusion, il sera abordé la notion de mises à jour, étape capitale dans le développement d'un outil qui se veut dynamique.

Dans un souci d'alléger l'appellation de l'ensemble des courbes générées au cours de la méthode, le terme « cumulatif » ne sera pas constamment précisé. Toutefois, l'ensemble des courbes établies seront toutes, sans exception, des courbes de données cumulatives.

3.4.1 La détermination des courbes de coûts par activité

La détermination des courbes de coûts par activité constitue l'étape commune à l'étude des dépenses et des revenus. Ces courbes intègrent des items de coût issus du travail d'estimation et des items de temps issus du travail de planification. Il est donc nécessaire d'aborder la méthode par l'introduction de deux étapes préliminaires (Figure

6). La première consiste à déterminer le coût total de chaque activité, tandis que la deuxième permet la matérialisation des courbes de coûts par activité.

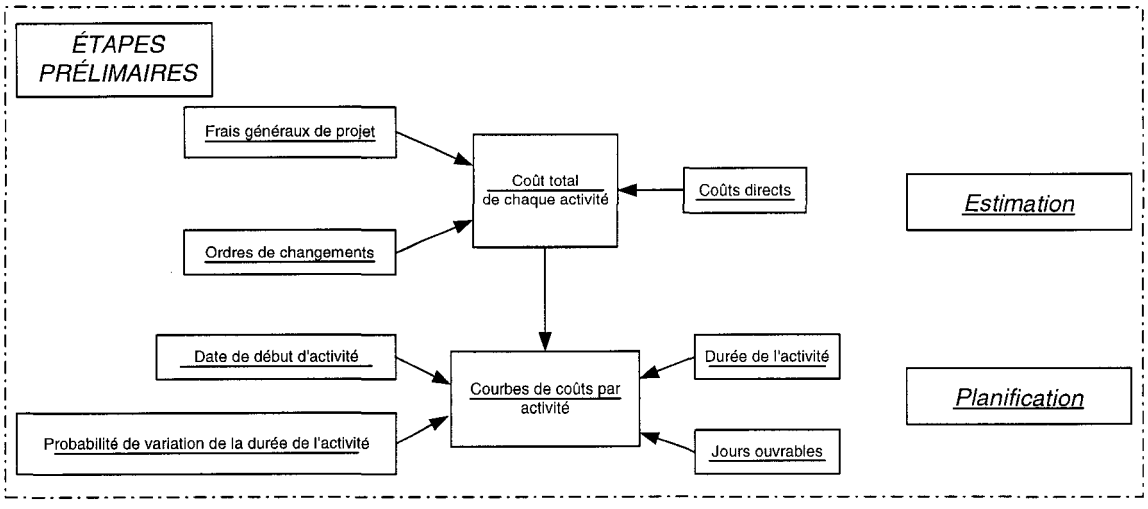


Figure 6 Les étapes préliminaires communes à la détermination des dépenses et des revenus

3.4.1.1 L'introduction des variables de coût

Par définition, une courbe de coûts est la représentation graphique de l'évolution du coût (cumulatif) au cours du temps. Ainsi, la première étape de la méthode consiste à introduire les variables de coût issues du travail d'estimation. Il a été mentionné préalablement au cours de ce chapitre que le passage des items de coût composant un devis estimatif aux coûts des activités composant un échéancier peut être réalisé relativement simplement. Néanmoins, pour parvenir à ce résultat, il est nécessaire d'introduire les variables de coût suivantes :

a. les coûts directs;
b. les frais généraux de projet ;
c. les ordres de changements.

- **Les coûts directs**

L'intégration des coûts directs nécessite simplement l'affectation des coûts composant le devis estimatif aux différentes activités de l'échéancier de manière manuelle ou automatique. Dans un souci de précision, il est également nécessaire d'introduire le profil de ces coûts (régulier, croissant, décroissant, en cloche, en plateau, ...) sur la durée de leur affectation.

- **Les frais généraux de projet**

La variable relative à la prise en compte des frais généraux de projet ne nécessite aucune précision particulière pour son intégration au sein de la méthode. Les frais généraux de projet seront distribués sur certaines activités à l'image du traitement des coûts directs.

- **Les ordres de changement**

L'introduction d'une variable relative aux ordres de changement nécessite uniquement la saisie de nouvelles activités et de coûts relatifs à la réalisation de ces activités.

3.4.1.2 L'introduction des variables de temps

A la dimension de coût préalablement introduite, il est nécessaire d'adjoindre une dimension de temps, afin d'obtenir les coûts en fonction du temps comme base à la détermination des courbes de coûts. Ainsi, la deuxième étape de la méthode consiste à introduire les variables de temps issues du travail de planification. Parmi les variables retenues, quatre variables de temps ont été répertoriées :

a. la date de début d'activité ;
b. la durée de l'activité ;
c. la probabilité de variation de la durée de l'activité ;
d. les jours ouvrables ;

- **La date de début de l'activité et la durée de l'activité**

La date de début de l'activité et la durée de l'activité sont deux variables faisant partie intégrante du travail d'échéancier. La méthode développée s'appuyant sur l'intégration des échéanciers de projet, l'introduction de la date de début d'une activité ainsi que de sa durée est automatiquement réalisée.

- **La probabilité de variation de la durée d'une activité**

La prise en compte d'une probabilité de variation de la durée d'une activité ne traduit en aucun cas la volonté de recourir à une notion de probabilité à proprement parlé. Comme cela a été souligné précédemment, le but de cette méthode est d'aboutir sur un résultat directement exploitable par l'entrepreneur et non pas sujet à de multiples interprétations.

Il est généralement admis qu'un travail d'échéancier constitue une approche déterministe. Cependant, dans le cas où la durée est simplement estimée ou sujette à des variations, il semble opportun de recourir à la méthode PERT (Program Evaluation and Review Technique). Sans parler d'une évaluation du risque probable d'un retard, il peut arriver qu'en raison de plusieurs expériences communes passées avec certains intervenants, l'entrepreneur soit à même de juger de la fiabilité de leurs prévisions. C'est dans de tels cas de figures que l'intégration de la fonction PERT au sein de la méthode peut se révéler intéressante.

En effet, la méthode PERT incorpore des variabilités dans les durées des activités. Ainsi, pour chaque activité, les incertitudes potentielles des durées utilisent trois estimations de temps. Celles-ci représentent l'étendue de la durée estimée de l'activité. Par conséquent plus grande est l'incertitude d'une activité, plus large sera la gamme des estimations.

En utilisant une telle approche, l'entrepreneur est susceptible d'introduire une vision pessimiste, prévisible voire optimiste de la durée de certaines activités et donc du flux monétaire.

- **Les jours ouvrables**

En prévision, la prise en compte des jours ouvrables concerne exclusivement la saisie des jours chômés fixés tels que les fins de semaines, les jours fériés et les vacances. Ces jours doivent être définis, car aucune variation de coût ne doit être enregistrée au cours de l'une de ces journées.

3.4.2 L'étude des dépenses

L'exploitation des courbes de coûts par activité et l'introduction de variables spécifiques à l'étude des dépenses vont permettre de générer, dans un premier temps, les courbes de dépenses par mode de paiement. Dans un deuxième temps, à partir des courbes de dépenses par mode de paiement sera établie la courbe générale de dépenses. Le cheminement qui sera emprunté pour parvenir à cette finalité est détaillé par l'arborescence de la Figure 7.

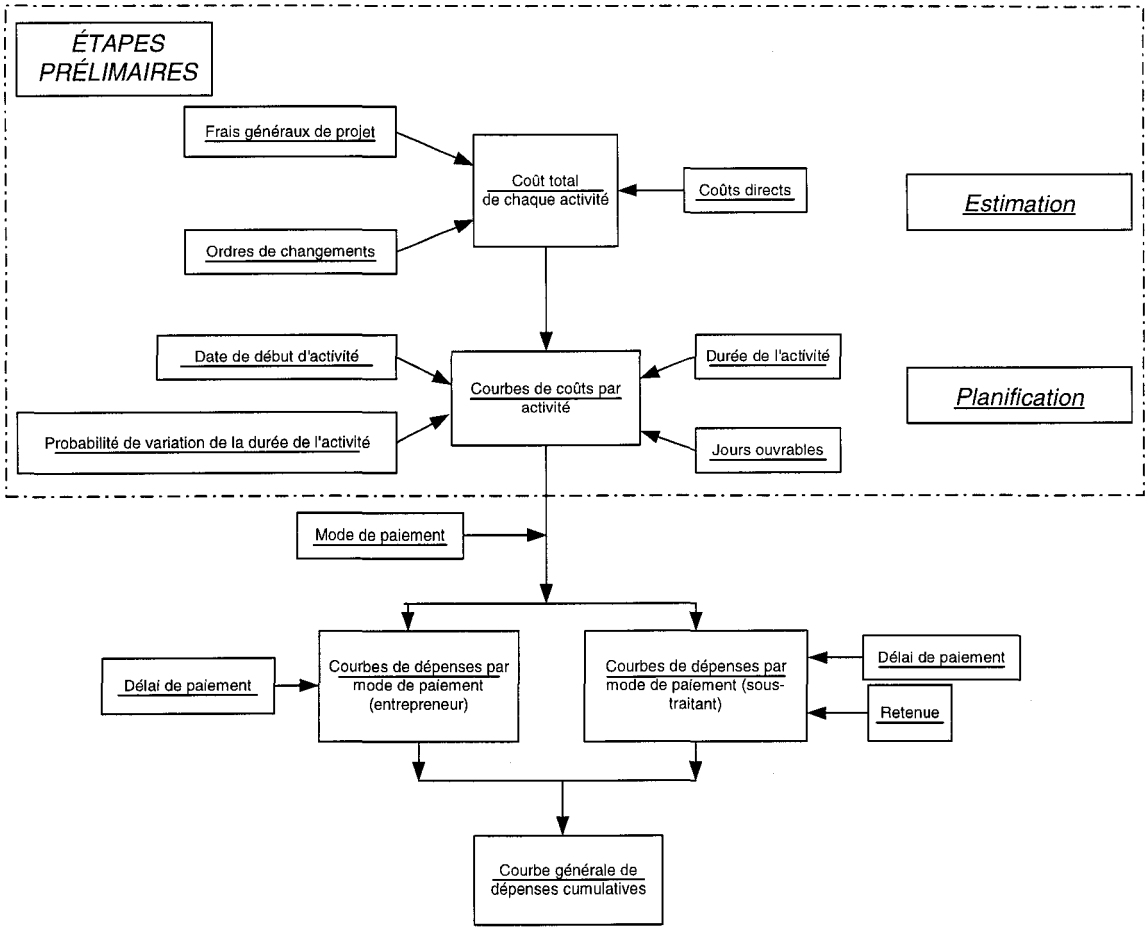


Figure 7 L'arborescence menant à l'obtention de la courbe des dépenses cumulatives

3.4.2.1 La détermination des courbes de dépenses par mode de paiement

La détermination des courbes de dépenses par mode de paiement est compilée sur la base des courbes de coûts par activité, auxquelles il est nécessaire, conformément à l'équation (1.1), d'adjoindre :

a. les délais de paiement ;

b. les retenues faites aux sous-traitants.

- **Les délais de paiement**

L'introduction du délai de paiement est sans aucun doute le facteur le plus important dans la détermination des courbes de dépenses à partir des courbes de coûts. En effet, l'introduction du délai de paiement permet de déterminer la date où la sortie de l'argent sera réellement exécutée. En d'autres termes, cette variable affecte le « Quand ».

Il existe deux bases distinctes à l'introduction d'un différé entre l'évaluation de l'avancement et son paiement par l'entrepreneur, soit :

a. à partir d'une date fixée (le 25 du mois suivant la demande de paiement);
b. à partir d'un délai (30 jours après la demande de paiement).

Le travail à réaliser consiste donc à décaler les coûts cumulatifs, de chacune des courbes de coût générées précédemment, de leur délai de paiement respectif, conformément aux équations (3.1), (3.2) et (3.3).

$$\text{Dépense à la date } t_i = \text{Coût à la date } (t_i - \text{délai de paiement}) \qquad (3.1)$$

Où « t_i » désigne une date de paiement.

$$\text{Dépense à la date } t_i+j = \text{Coût à la date } t_i \quad (t_i+j < t_{i+1}) \qquad (3.2)$$

$$\text{Dépense à la date } t_i-j = \text{Coût à la date } t_{i-1} \quad (t_i-j > t_{i-1}) \qquad (3.3)$$

- **Les retenues**

Les retenues constituent le deuxième élément clef lors de la détermination des courbes de dépenses, à partir des courbes de coûts. Cette variable ne concerne toutefois que les travaux sous-traités.

Pour aborder convenablement l'intégration de la variable relative aux retenues, il est nécessaire d'introduire deux « sous variables », à savoir le pourcentage de retenue appliqué et la date de remise de la retenue.

- *Le pourcentage de retenue appliqué*

Le pourcentage de retenue appliqué affecte le montant de la dépense cumulative. L'intégration de cette variable au sein de la méthode doit être réalisée lors de l'application du délai de paiement. Autrement dit, il est nécessaire de factoriser la dépense cumulative obtenue après l'introduction du délai de paiement par le pourcentage de retenue. Les équations (3.2) et (3.3) restent applicables, seule l'équation (3.1) doit être remplacée par l'équation (3.4).

$$\text{Dépense date } t_i = (1\text{-}\%\text{retenue}) * \text{Coût à la date (date } t_i - \text{délai de paiement)} \quad (3.4)$$

Où « t_i » désigne une date de paiement.

- *La remise de la retenue*

La remise de la retenue introduit la date à laquelle sera remise une partie des dépenses. En d'autres termes, cette variable affecte aussi bien le « Quand » que le « Combien ». Généralement sur un projet, il existe deux types de date pour la remise de la retenue, à savoir :

a. les remises qui sont réalisées après la fin des travaux exécutés par le sous-traitant. Ce cas de figure concerne généralement les activités sous-traitées en phase de gros œuvre. Il est évident qu'un sous-traitant en coffrage sur un projet de bâtiment ne peut attendre jusqu'à la réception, même provisoire de l'édifice pour percevoir une partie de son paiement;
b. les remises qui sont faites après la fin du projet. Ces dernières s'appliquent généralement aux sous-traitants de second œuvre. En outre, ces remises peuvent être réalisées suivant deux échéances. Par exemple, sur une retenue de 10 pour

cent, huit pour cent environ peut être remis à la fin du projet et le deux pour cent restant à la fin de la période de garantie.

Le travail consiste donc à augmenter la dépense cumulative enregistrée du montant de la retenue, le jour où elle doit être remise.

- **Le mode de paiement**

En théorie l'intégration des variables relatives aux délais de paiement et aux retenues, semble relativement simple. Malheureusement, un projet de construction se compose de différentes catégories de coûts, telles que la main d'œuvre, les équipements, les matériaux, les sous-traitants, chacune présentant un délai de paiement différent. Il n'est donc pas possible de traiter l'introduction des délais de paiement sur le projet dans son ensemble. Ainsi, dans le but d'introduire correctement chacun des délais de paiement et la retenue associée, c'est-à-dire le mode de paiement, il est nécessaire de décomposer le projet selon les différentes catégories de coûts qui le composent. Fort heureusement, un certain nombre de coûts présentent le même mode de paiement (c'est-à-dire le même délai de paiement et la même retenue). Il semble donc opportun de regrouper ces coûts par mode de paiement afin de diminuer l'effort d'introduction des délais de paiement.

Par conséquent, en guise d'étape préparatoire à la détermination des courbes de dépenses, la méthode procède à un regroupement de l'ensemble des coûts composant le projet selon leur mode de paiement. Suite, à l'introduction des délais de paiement et des retenues associées, l'entrepreneur dispose d'autant de courbes de dépenses qu'il y a de modes de paiement représentés au sein du projet traité.

3.4.2.2 La détermination de la courbe générale de dépenses

L'étude du flux monétaire conformément à l'équation (1.3) nécessite une courbe de dépense qui caractérise le projet dans sa globalité. En outre, l'introduction de courbes individuelles n'a pas d'autre finalité que de faciliter l'introduction des délais de paiement. Il est donc nécessaire en guise de dernière étape à l'étude des dépenses, de

générer la courbe générale de dépenses. L'obtention de cette courbe ne présente aucune difficulté particulière, puisqu'elle représente la matérialisation graphique de la somme de l'ensemble des courbes de dépenses par mode de paiement.

3.4.3 L'étude des revenus

L'étude des revenus se décompose suivant trois étapes distinctes. La première consiste à déterminer les courbes de gains par item de la demande de paiement à partir des courbes de coûts par activité. La deuxième repose sur l'établissement de la courbe générale de gains à partir des courbes de gains par item de la demande de paiement. Enfin au cours de la troisième étape, il est question de générer la courbe de revenus à partir de la courbe générale de gains, en introduisant les variables spécifiques de revenus. Le cheminement qui sera emprunté pour parvenir à cette finalité, est détaillé par l'arborescence de la Figure 8.

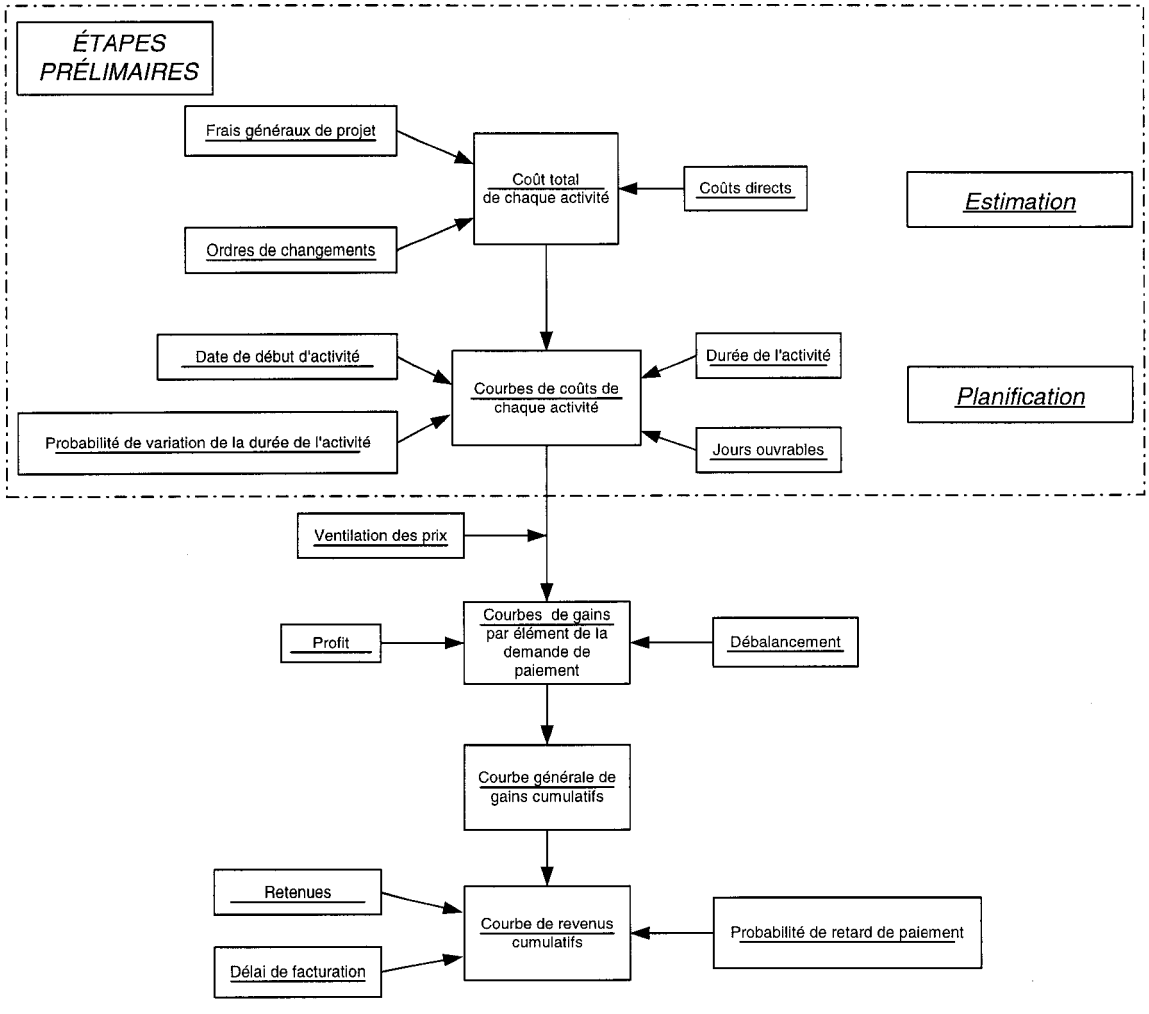


Figure 8 L'arborescence menant à l'obtention de la courbe des revenus cumulatifs

3.4.3.1 La détermination des courbes de gains par élément de la demande de paiement

La détermination des courbes de gains par élément de la demande de paiement est compilée sur la base des courbes de coûts par activité, résultats des étapes préliminaires. Dans cette optique, elle nécessite conformément à l'équation (3.5), l'introduction de deux variables, à savoir :

a. le profit ;

b. le débalancement.

$$\text{Courbe de gains} = \text{Courbe de coûts} + \text{Profit} + \text{Débalancement} \qquad (3.5)$$

L'étude des revenus nécessite un travail préparatoire, basé sur le respect de la ventilation de la demande de paiement, formulée par le client. En effet, dans de nombreux cas, les professionnels désirent obtenir une ventilation des prix de la soumission, c'est-à-dire qu'ils fournissent une liste des travaux requis et l'entrepreneur doit mentionner le montant prévu pour chaque élément. Cette ventilation est généralement exigée pour servir de base à la préparation des demandes de paiement mensuelles.

Dans le cadre de la détermination du flux monétaire, le regroupement des activités, selon les éléments de la ventilation de la demande de paiement, n'a pas d'autre finalité que d'introduire le débalancement. En effet, l'entrepreneur ne réalise pas son débalancement sur le projet dans son ensemble mais sur chacun des éléments de la demande de paiement. Par l'intermédiaire de ce regroupement, l'élément à la base de l'étude des revenus n'est plus l'activité mais l'élément de la ventilation. Par conséquent, lors de la détermination des différentes courbes de gains par élément de la ventilation (équation (3.5)), la courbe de coûts introduite correspond à la courbe de coûts d'un élément de la ventilation. Celle-ci équivaut à la somme des courbes de coûts de l'ensemble des activités qui composent l'élément (équation (3.6)).

$$Ventilation_{élément\ (i)} = \sum coût\ activités\ (i) \qquad (3.6)$$

- **Le profit**

A partir des résultats obtenus par la détermination de la ventilation de chaque élément, il est relativement aisé d'ajouter la notion de profit. En effet, il suffit d'adjoindre un terme correspondant au pourcentage de profit fixé par l'entrepreneur (équation (3.7)).

$$\text{Ventilation avec profit}_{\text{élément (i)}} = \text{Ventilation}_{\text{élément (i)}} * (1 + \%\ \text{profit}) \qquad (3.7)$$

Dans le cas particulier où la demande de paiement ne fait pas mention d'un élément relatif aux frais généraux de projet, il est nécessaire de distribuer ces montants entre les autres éléments de la demande de paiement. Ainsi, un terme supplémentaire au pourcentage de profit, lié au frais généraux de projet, peut être introduit (équation (3.8)).

$$\text{Ventilation avec profit}_{\text{élément (i)}} = \text{Ventilation}_{\text{élément (i)}} * (1 + \%\ \text{profit} + \%FG_{\text{projet}}) \quad (3.8)$$

Où $\%FG_{\text{projet}}$ désigne un pourcentage représentatif du montant des frais généraux de projet.

- **Le débalancement**

L'intégration du débalancement à la méthode est réalisée sur la base de la ventilation avec profit et permet l'obtention du gain. Le choix est laissé à l'entrepreneur d'organiser son débalancement comme il le souhaite, car il n'existe pas de règles générales en la matière, applicables à tout projet. Le travail consiste donc à introduire un facteur de débalancement spécifique sur chacun des éléments de la ventilation (équation (3.9)).

$$\text{Ventilation débalancée}_{\text{élément (i)}} = \text{Ventilation avec profit}_{\text{élément (i)}} * d_{(i)} \quad (3.9)$$

Où $d_{(i)}$ représente le facteur spécifique de débalancement appliqué à l'élément (i) de la ventilation

3.4.3.2 La détermination de la courbe générale de gains

Contrairement à l'étude des dépenses qui nécessite une décomposition des coûts du projet suivant les modes de paiement, afin d'introduire les délais de paiement, l'intégration du délai de facturation peut être réalisé sur le projet dans son ensemble. En effet, il existe un seul et unique délai de facturation tout au long du projet et à ce titre, il peut être facilement introduit sur la base de la courbe générale. L'objectif à terme étant de déterminer la courbe générale de revenu, il n'apporte rien de conserver une

quelconque décomposition du projet. Par conséquent il semble opportun à cette étape de la méthode d'établir la courbe générale de gains. L'obtention de cette dernière ne présente aucune difficulté particulière, puisqu'elle représente la matérialisation graphique de la somme des gains cumulatifs datés du même jour de l'ensemble des éléments de la ventilation.

3.4.3.3 La détermination de la courbe des revenus

Conformément à l'équation (1.2), la détermination de la courbe des revenus est compilée sur la base de la courbe générale de gains, à laquelle il est nécessaire d'adjoindre :

a. le délai de facturation ;
b. la probabilité de retard de paiement ;
c. la retenue du client.

- **Le délai de facturation**

Par analogie avec l'intégration du délai de paiement au cours de l'étude des dépenses, l'introduction du délai de facturation est sans aucun doute le facteur le plus important dans la détermination de la courbe de revenus. En effet, l'introduction du délai de facturation permet de déterminer la date où la rentrée de l'argent sera réellement enregistrée. Cependant, à la différence des délais de paiement, un projet se caractérise par un seul délai de facturation. Par conséquent, le travail à réaliser consiste simplement à décaler les gains cumulatifs de la courbe générale de gains générée précédemment du délai de facturation, conformément aux équations (3.10), (3.11) et (3.12).

$$\text{Revenu à la date } t_i = \text{Gain à la date } (t_i - \text{délai de facturation}) \qquad (3.10)$$

Où « t_i » désigne une date de paiement.

Revenu à la date t_i+j = Gain à la date t_i $(t_i+j < t_{i+1})$ (3.11)

Revenu à la date t_i-j = Gain à la date t_{i-1} $(t_i-j > t_{i-1})$ (3.12)

- **La probabilité de retard de paiement**

Sans parler de l'évaluation du risque probable d'un retard de paiement, il est envisageable d'intégrer, au travail de prévision de l'entrepreneur, un facteur de retard de paiement dans un cas bien précis. En effet, il peut arriver qu'en raison de plusieurs expériences communes passées avec le client, l'entrepreneur soit à même de juger de sa fiabilité dans le respect des dates de paiement. Dans le cas où, les données historiques de l'entreprise démontrent un retard récurrent dans les paiements du client, il semble tout à fait opportun de modifier le paramètre lié au délai de facturation en y introduisant un délai supplémentaire. En d'autres termes, la variable de probabilité de retard de paiement, telle qu'elle est intégrée au sein de la méthode, consiste simplement à modifier le délai de facturation fixé au contrat.

- **La retenue**

L'introduction de la retenue s'inscrit suivant le même schéma que pour les dépenses, à savoir une décomposition en deux sous variables. Les deux sous variables étant le pourcentage de retenue appliqué et la remise de la retenue.

- *Le pourcentage de retenue appliqué*

Le pourcentage de retenue appliqué affecte le montant du revenu cumulatif. Son intégration au sein de la méthode doit être réalisée lors de l'application du délai de facturation. Autrement dit, il est nécessaire de factoriser le revenu cumulatif après l'introduction du délai de facturation, par le pourcentage de retenue. Les équations (3.11) et (3.12) restent applicables, seule l'équation (3.10) doit être remplacée par l'équation (3.13).

Revenu date t_i = (1-%retenue) * Gain à la date (date t_i – délai de facturation) (3.13)

- *La remise de la retenue*

La remise de la retenue introduit la date à laquelle sera perçue une partie des revenus. Contrairement aux retenues exercées par l'entrepreneur, celles exercées par le client ne comprennent qu'une seule date de remise de la retenue, soit après la fin des travaux. Néanmoins, cette remise est réalisée suivant deux échéances. Ainsi, sur une retenue de 10 pour cent, huit pour cent environ sera remis à la fin du projet et le deux pour cent restant à la fin de la période de garantie.

Le travail à réaliser consiste donc à augmenter le revenu cumulatif perçu du montant de la retenue, le jour où elle doit être remise.

3.4.4 La détermination de la courbe de flux monétaire de projet

Le travail effectué, jusqu'à ce stade de la méthode, a permis la détermination des courbes de dépenses et de revenus, qui tiennent compte de l'ensemble des paramètres jugés influents sur le flux monétaire de projet. L'ultime étape de la méthode est de générer, à partir des informations de revenus et de dépenses, le flux monétaire de projet correspondant. Ce dernier, conformément à l'équation (1.3), est obtenu simplement en faisant la différence des courbes de dépenses et de revenus.

3.4.5 Les mises à jour

Bien évidemment quel que soit le projet et le soin avec lequel ont été menés les travaux d'estimation et de planification, des déviations par rapport aux prévisions doivent être attendues. Ces déviations doivent faire l'objet d'ajustements au sein de la méthode de détermination du flux monétaire. Néanmoins, ces variables de mise à jour n'affectent pas obligatoirement les dépenses et les revenus, en raison notamment du fait que les projets traités se déroulent dans le cadre d'un contrat à prix forfaitaires. Ainsi, il est nécessaire de différencier les mises à jour liées à l'étude des dépenses, des mises à jour liées à l'étude des revenus.

3.4.5.1 Les mises à jour de la courbe de dépenses

Au sein des variables de mise à jour, cinq d'entre elles s'appliquent à l'étude des dépenses, soit :

a. l'avancement ;
b. les jours ouvrables ;
c. la variation du coût de chaque activité ;
d. les escomptes de volume ;
e. les dépenses mensuelles enregistrées.

- **L'avancement**

La mesure de l'avancement est une variable de mise à jour. Les déviations relevées sur les dates de début et la durée des activités réalisées ou en cours de réalisation doivent être intégrées à la méthode, à des fins d'ajustements.

- **Les jours ouvrables**

La méthode doit pouvoir prendre en considération une perturbation dans l'avancement des travaux liée à des jours chômés non prévus. Ces journées improductives peuvent être dues à des conditions météorologiques non propices à la réalisation de certains travaux, à des grèves de personnel, ou autre.

- **La variation du coût de chaque activité**

L'intégration à la méthode d'une variable relative à la variation du coût de chaque activité consiste simplement à saisir les déviations enregistrées ou attendues sur le coût des activités. En outre, dans le cadre d'un contrat à prix forfaitaires, les variations de coûts ne peuvent affecter l'entrepreneur que si elles s'appliquent à ses propres travaux. En effet, toute variation qui pourrait affecter les travaux sous-traités ne

modifierait en rien le montant au contrat. Enfin, ces déviations ne doivent en aucun cas affecter la courbe de gains et a fortiori la courbe de revenu du projet traité.

- **Les escomptes de volume**

La prise en compte des escomptes de volume peut être assimilée simplement à une variation du coût de l'activité. En effet, son intégration se résume à la prise en compte d'une diminution du coût de l'activité concernée.

- **Les dépenses mensuelles enregistrées**

La variable relative aux dépenses mensuelles enregistrées n'est pas abordée en tant que variable de prévision et à ce titre n'intervient dans la détermination du flux monétaire que par l'intermédiaire de mises à jour. La prise en compte de ces dépenses mensuelles au sein de la méthode, consiste simplement à saisir mensuellement les sommes versées par l'entrepreneur aux sous-traitants, aux fournisseurs, aux employés. Ces dernières servent de base à la détermination de la courbe de dépenses réelles. L'objectif à terme étant de mesurer l'impact des déviations, entre les prévisions et la réalité, sur le flux monétaire de projet et a fortiori sur le flux monétaire d'entreprise pour la ou les périodes données.

3.4.5.2 Les mises à jour de la courbe de revenus

Au sein des variables de mise à jour, trois d'entre elles s'appliquent à l'étude des revenus, soit :

a. l'avancement ;
b. les jours ouvrables ;
c. les revenus mensuels enregistrés.

- **L'avancement et les jours ouvrables**

Les variables relatives à l'avancement et aux jours ouvrables constituent les seules variables de mise à jour communes à l'étude des dépenses et des revenus. Leur traitement demeure ainsi rigoureusement identique. Il s'agit, d'une part, de saisir les déviations enregistrées sur les dates de début et la durée des activités réalisées ou en cours de réalisation. D'autre part, il s'agit d'enregistrer les jours chômés non prévus.

- **Les revenus mensuels enregistrés**

La variable relative aux revenus mensuels enregistrés n'est pas abordée en tant que variable de prévision et à ce titre n'intervient dans la détermination du flux monétaire que par l'intermédiaire de mises à jour. La prise en compte de ces revenus mensuels au sein de la méthode consiste simplement à introduire mensuellement les sommes réclamées par l'entrepreneur au client sur la base des demandes de paiement. L'objectif étant de générer à partir de ces mises à jour les courbes de revenus réels. L'objectif à terme étant de mesurer l'impact des déviations, entre les prévisions et la réalité, sur le flux monétaire de projet et a fortiori sur le flux monétaire d'entreprise pour la ou les périodes données.

CHAPITRE 4

L'APPLICATION DE LA MÉTHODE À MICROSOFT PROJECT

Le quatrième chapitre s'inscrit dans la continuité du chapitre précédent, puisqu'il propose l'application de la méthode développée à un logiciel général de planification, à savoir Microsoft Project. Le choix de Microsoft Project se justifie de par la volonté de développer un outil accessible au plus grand nombre de gens possible. En effet, parmi les logiciels de planification commercialisés, Microsoft Project représente sans aucun doute le plus répandu au sein des entreprises de construction. En outre, son coût d'acquisition ne constitue pas un obstacle pour les petites et moyennes entreprises. Microsoft Project jouit également d'une grande flexibilité dans sa capacité à créer et gérer des champs personnalisés. Une caractéristique qui s'avère essentielle pour l'introduction des délais de paiement et du débalancement. En effet, selon la méthode établie, les délais de paiement nécessitent la réalisation d'un regroupement des coûts selon leur mode de paiement et le débalancement réclame la réalisation d'un regroupement des activités selon la ventilation des prix. L'outil qui sera ainsi développé profitera de la simplicité de Microsoft Project, afin de proposer à l'entrepreneur une alternative précise et rapide dans la détermination de ses courbes de flux monétaires de projets. L'objectif à terme étant d'offrir à l'entrepreneur l'opportunité de faire de meilleures prévisions.

Afin de parvenir à cette finalité, l'outil sera bâti sur les résultats des travaux préliminaires que sont l'estimation et la planification. En outre, en utilisant les moyens dont dispose Microsoft Project dans la manipulation des champs, dans la détermination de regroupements et dans sa complémentarité avec Microsoft Excel, il intégrera les paramètres influents, selon les grandes étapes de la méthode. Toutefois afin d'améliorer le rapport temps nécessaire/précision des résultats, l'outil bénéficiera d'éléments prédéfinis. En effet l'outil sera muni, au niveau de Microsoft Project, de l'ensemble des champs personnalisés nécessaires, qui pourront être utilisés et ajustés au besoin. L'outil renfermera également une macro spécialement créée pour réaliser l'exportation de Microsoft Project vers Microsoft Excel de l'ensemble des courbes de

coûts et de gains du projet. Enfin, le fichier Microsoft Excel dans lequel sera réalisé l'importation renfermera, au sein d'un tableau préformaté, l'ensemble des équations destinées à établir chacune des courbes de dépenses et de revenus.

Ainsi l'objectif de ce dernier chapitre sera double. D'une part, il abordera l'ensemble des étapes préparatoires à l'outil, destinées à optimiser son utilisation. D'autre part, il définira la marche à suivre pour l'utilisateur, depuis la saisie des coûts jusqu'à l'obtention de la courbe de flux monétaire de projet et à l'enregistrement des mises à jour.

4.1 Les étapes préparatoires à l'outil

Il est évident que le développement d'un outil de détermination du flux monétaire ne peut se limiter à l'utilisation de Microsoft Project. En effet, l'introduction des délais de paiement et des retenues nécessite une résolution mathématique qui dépasse les compétences de Microsoft Project en matière de calculs. Il est donc nécessaire de réaliser leur intégration par l'intermédiaire de Microsoft Excel. Par conséquent, afin de respecter les objectifs fixés en termes de rapidité et de simplicité, il est essentiel non seulement de minimiser les manipulations nécessaires au sein de ces deux logiciels, mais également d'optimiser le transfert des informations de Microsoft Project vers Microsoft Excel.

Au sein de cette section sera donc présenté l'ensemble des efforts accomplis au niveau de Microsoft Project et de Microsoft Excel, afin d'établir dans la mesure du possible des procédures qui soient simples et rapides.

4.1.1 Le travail préparatoire au sein de Microsoft Project

Le travail préparatoire à accomplir sous Microsoft Project repose simplement sur la mise à disposition de l'ensemble des champs personnalisés nécessaires à l'établissement du flux monétaire de projet. L'unique objectif de cette mesure est de faciliter le travail de saisie pour le futur utilisateur de l'outil.

Ainsi, le fichier Microsoft Project qui fera partie intégrante de l'outil comportera quatre champs personnalisés spécifiques à la détermination du flux monétaire de projet. Il s'agit des champs relatifs au mode de paiement, au numéro de demande de paiement, à la ventilation avec profit et à la ventilation débalancée.

Enfin, au terme de cette section sera présenté succinctement le rôle de la macro « Cash flow » spécialement développée par Monsieur Jean Paradis, pour les besoins de l'outil, en termes de transferts de données de Microsoft Project vers Microsoft Excel.

- **La création d'un champ « mode de paiement »**

Conformément à la méthode développée, l'étude des dépenses nécessite la réalisation d'un regroupement de l'ensemble des catégories de coût du projet (c'est-à-dire les ressources avec Microsoft Project) selon leur mode de paiement. Ce travail a pour but d'introduire les délais de paiement et les retenues.

La réalisation du regroupement de l'ensemble des ressources (catégories de coût) par mode de paiement nécessite préalablement la création d'un champ personnalisé de type « nombre » (Figure 9). Ce dernier, nommé « mode de paiement », va permettre l'affectation d'un mode de paiement à chacune des ressources qui composent le projet (mode de paiement 1, mode de paiement 2,...). Dans le but d'optimiser ce travail d'affectation, l'outil intègre directement ce champ personnalisé. En outre il s'accompagne d'une liste de valeurs prédéfinie, regroupant les sept modes de paiement les plus courants (Tableau IV). Bien entendu, l'utilisateur pourra modifier cette liste selon ses souhaits.

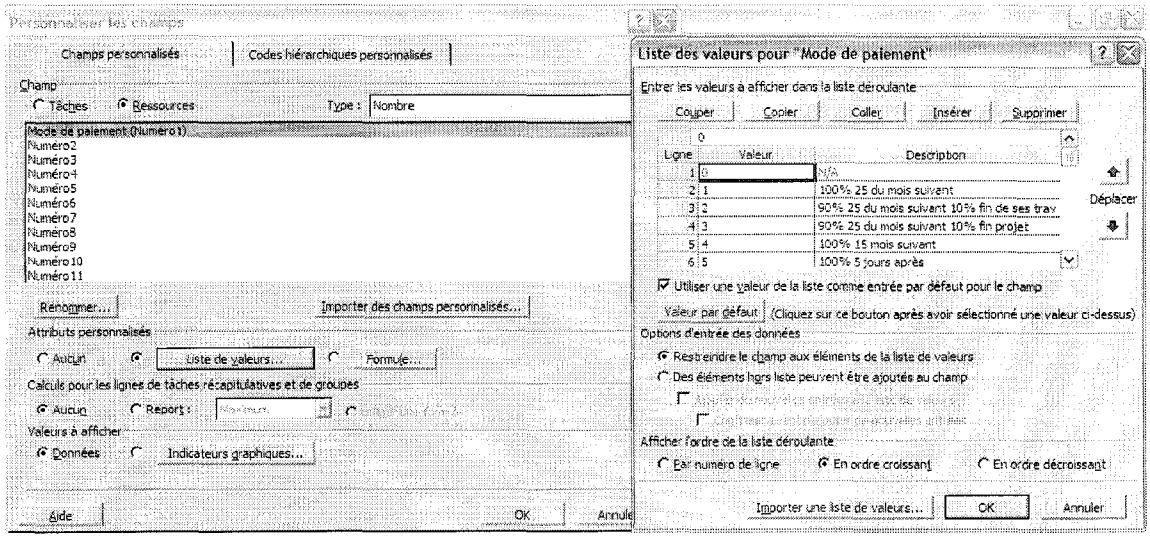


Figure 9 La création d'un champ « Mode de paiement » muni d'une liste de valeurs prédéfinie

Tableau IV

Les sept modes de paiement intégrés initialement à la liste de valeur

Type de paiement	Description
1	Le sous-traitant facture le 25 du mois et est payé 100 % de sa facture le 25 du mois suivant.
2	Le sous-traitant facture le 25 du mois et est payé 90% de sa facture le 25 du mois suivant. Le 10% de retenue est payé 30 jours après la fin de ses travaux.
3	Le sous-traitant facture le 25 du mois et est payé 90% de sa facture le 25 du mois suivant. Le 10% de retenue est payé suivant deux échéances. 8% 30 jours après la fin du projet et 2% 12 mois après la fin du projet.
4	Le fournisseur facture le 25 du mois et est payé à 100% le 15 du mois suivant
5	Le fournisseur facture le 25 du mois et est payé à 100% 5 jours après.
6	Le salaire est payé une semaine après avoir été encouru.
7	Ces montants sont payés au moment de la demande. (On paie d'avance).

- **La création d'un champ « numéro de demande de paiement »**

Au même titre que pour les dépenses, l'étude des revenus nécessite une étape préparatoire, à savoir : « la ventilation des prix ». Ce travail a pour but d'introduire le débalancement.

La réalisation de la ventilation des prix, c'est-à-dire un regroupement des activités selon les éléments de la demande de paiement, repose en premier lieu sur la création d'un champ personnalisé de type « nombre ». Ce champ, nommé « numéro de demande de paiement », va permettre l'affectation à chacune des activités, d'un numéro de demande de paiement. Ce dernier représente numériquement l'élément de la demande de paiement auquel est affecté l'activité (1 = Mobilisation, 2= Frais généraux, ...). Dans une optique d'optimisation du temps nécessaire à l'établissement du flux monétaire de projet, il est intéressant que l'utilisateur puisse disposer d'un tel champ (Figure 10). C'est pourquoi, il sera directement intégré à l'outil. En outre, il s'accompagne d'une liste de valeurs prédéfinie correspondant à la décomposition du projet suivant les 16 items du Devis Directeur National (Tableau V). Bien entendu, l'utilisateur sera en mesure d'ajuster chacun de ces items selon ses souhaits, voire d'en ajouter ou en supprimer au besoin.

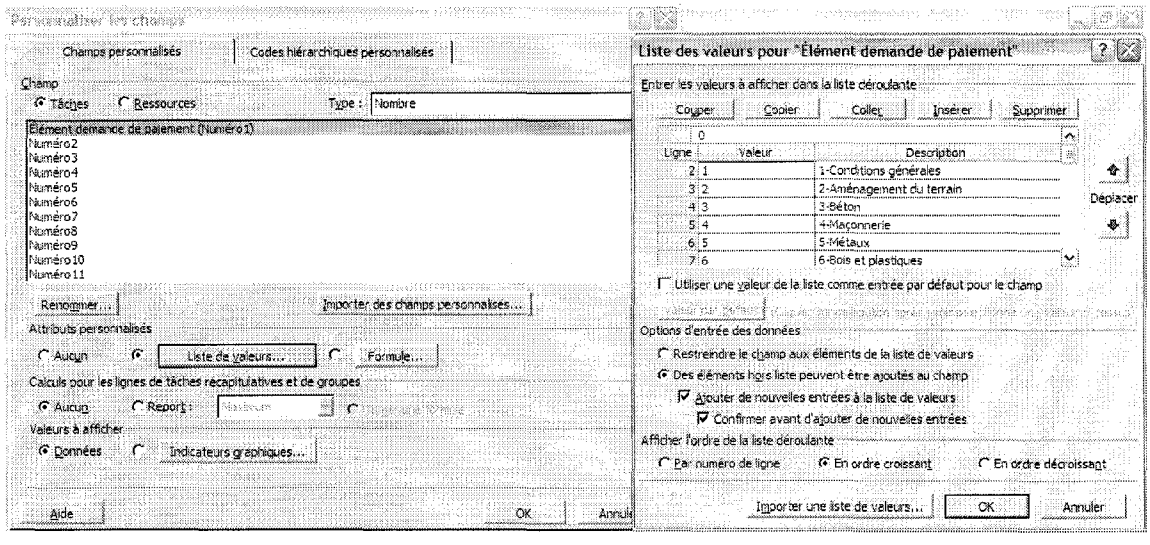


Figure 10 La création d'un champ « Numéro de demande de paiement », muni d'une liste de valeurs prédéfinie

Tableau V

Les 16 items issus du Devis Directeur National intégrés initialement à la liste de valeurs

1	Conditions générales
2	Aménagement du terrain
3	Béton
4	Maçonnerie
5	Métaux
6	Bois et plastique
7	Isolation thermique et étanchéité
8	Portes et fenêtres
9	Finitions
10	Produits spéciaux
11	Équipement
12	Ameublement et décoration
13	Constructions spéciales
14	Systèmes transporteurs
15	Mécanique
16	Électricité

- **La création des champs « ventilation avec profit » et « ventilation débalancée »**

La détermination de la courbe de gains est compilée sur la base de la courbe de coûts à laquelle il faut adjoindre les variables relatives au profit et au débalancement. L'ensemble de ces variables nécessite pour leur introduction à Microsoft Project la création de champs personnalisés. Par conséquent, au même titre que pour le mode de paiement ou le numéro de demande de paiement, il est préférable pour l'utilisateur que l'outil dispose initialement de ces champs.

- *La création du champ « ventilation avec profit »*

La création d'un champ personnalisé de type « coût » relatif à la « ventilation avec profit », nécessite simplement la saisie de l'équation (4.1), afin de déterminer l'ensemble des éléments qui le compose.

$$Ventilation_{avec\ profit} = Coût \times (1 + \%profit) \qquad (4.1)$$

Il est bon de noter que le pourcentage de profit au sein de l'outil est fixé arbitrairement à huit pour cent. Bien entendu, l'utilisateur sera en mesure de modifier ce pourcentage.

- *La création d'un champ « ventilation débalancée »*

La création d'un champ personnalisé « ventilation débalancée » de type « coût », ne réclame pas d'efforts particuliers. En effet, à la différence de la ventilation avec profit, les éléments de la ventilation débalancée ne peuvent être déterminés par l'usage d'une quelconque formule. Un entrepreneur débalance rarement le coût des items avec le même taux d'un projet sur l'autre. En outre, il n'existe pas de règles générales en matière de débalancement. Par conséquent, l'utilisateur devra inscrire manuellement les montants débalancés.

Même si cette saisie manuelle peut paraître fastidieuse, elle présente l'avantage de conserver un montant de revenus fixe, indépendamment des mises à jours enregistrées. Il est utile de rappeler que le projet est réalisé dans le cadre d'un contrat à prix forfaitaires et donc que le montant de soumission ne peut varier.

- **La mise à disposition d'une macro de transfert de données entre Microsoft Project et Microsoft Excel**

Comme cela a été souligné précédemment, l'introduction des délais de paiement et des retenues nécessite la réalisation de calculs qui dépassent le cadre d'utilisation de Microsoft Project. Il est par conséquent nécessaire de réaliser l'intégration de ces variables par l'intermédiaire de Microsoft Excel. Pour ce faire, l'outil développé dispose d'une macro « Cash flow » spécifiquement mise au point pour réaliser un transfert de données entre Microsoft Project et Microsoft Excel. En effet, cette macro offre la possibilité d'importer, sous forme d'un tableau, l'ensemble des coûts cumulés au jour le jour de chaque mode de paiement ainsi que les gains cumulés au quotidien du projet. Pour parvenir à ce résultat l'utilisateur devra se contenter de la saisie du nombre de modes de paiement représentés sur le projet, ainsi que du nombre d'éléments au sein de la demande de paiement.

En outre, l'importation par l'intermédiaire de cette macro des coûts et des gains va au-delà de la durée du projet, permettant ainsi l'intégration de la dernière remise de retenue.

4.1.2 Le travail préparatoire au sein de Microsoft Excel

Le travail préparatoire à accomplir sous Microsoft Excel s'articule autour de quatre étapes. Dans un premier temps, il s'agit de développer une équation unique dans le traitement des délais de paiement. Dans un deuxième temps, il est question de réaliser un tableau préformaté relatif au suivi des dépenses et des revenus au cours du temps. Dans un troisième temps, il est nécessaire de réaliser un tableau préformaté supplémentaire, relatif aux remises de retenues. Enfin, il s'agit d'établir une équation destinée à calculer les remises de retenues au cours du temps.

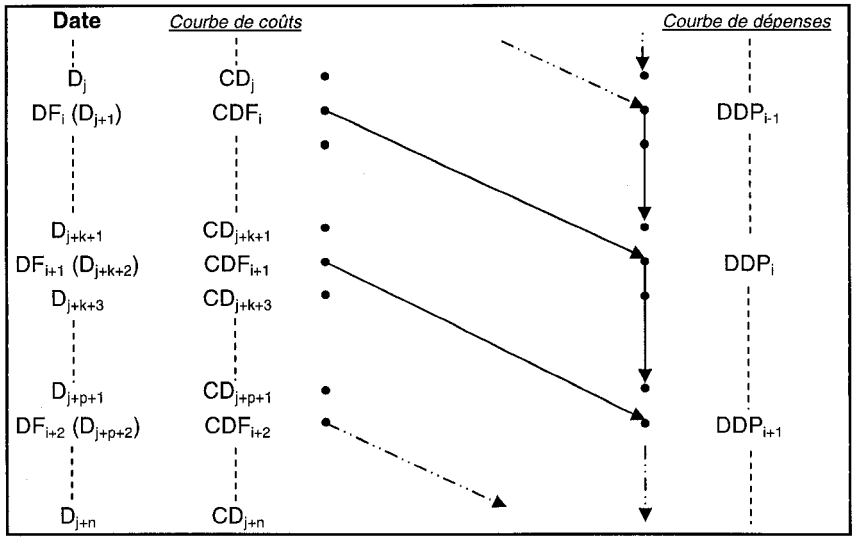
- **La détermination d'une équation unique pour l'introduction de l'ensemble des délais de paiement**

La prise en compte des délais de paiement et du pourcentage de retenue s'avère capital pour la caractérisation des courbes de dépenses et de revenus sur la base des courbes de coûts et de gains. Bien qu'il existe de nombreuses variantes du délai de paiement (à partir d'une date fixée ou à partir d'un délai) combiné à l'association ou non d'un certain pourcentage de retenue, le principe de son intégration demeure rigoureusement identique. Ainsi, pour résoudre l'introduction des délais de paiement, il est essentiel d'avoir à l'esprit que les seuls coûts (gains) qui deviennent des dépenses (revenus) sont ceux qui sont enregistrés aux dates de facturation. En outre, ces coûts (gains) n'intègrent les dépenses (revenus) qu'aux dates de paiement (Figure 11). Les dates de facturation et de paiement étant liées par l'équation (4.2).

$$DFi = DPi - \text{délai de paiement} \qquad (4.2)$$

Où DFi représente la date de facturation (i) et DPi la date de paiement correspondante.

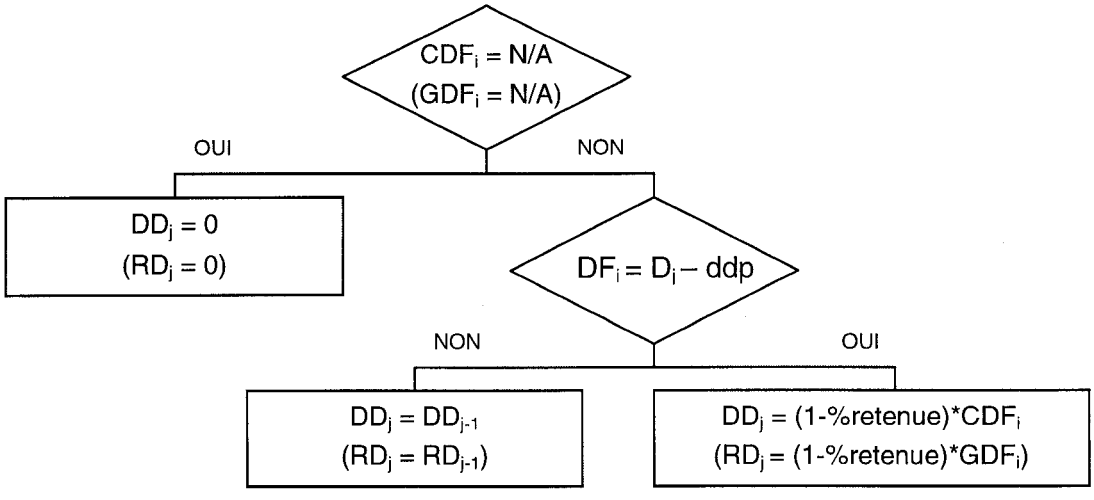
Par conséquent, lors de la détermination de la courbe de dépenses (revenus), la seule question dont on doit se soucier est la suivante : « Sommes-nous un jour de paiement? ». Si la réponse est « non », aucune dépense (revenu) supplémentaire n'a été enregistré(e) et par conséquent le montant à inscrire dans la colonne des dépenses (revenus) à la date du jour « DD_j » (RD_j) sera équivalent à celui du jour précédent « DD_{j-1} » (RD_{j-1}). Si la réponse est « oui », à savoir « $DF_i = D_i$ – délai de paiement » alors le montant à inscrire dans la colonne des dépenses (revenus) à la date du jour « DD_j » (RD_j), sera équivalent à celui inscrit dans la colonne des coûts (gains) à la date de facturation correspondante « CDF_i » (GDF_i). Montant qui doit être factorisé par « 1-%retenue » pour tenir compte d'un éventuel pourcentage de retenue. Enfin, dans le cas particulier où « CDFi » (GDF_i) ne peut être déterminé, car la date de facturation correspondante est antérieure au début du projet, le montant à inscrire dans la colonne des dépenses (revenus) ne peut valoir autre chose que « 0 ».



D_j = date du jour
DF_i = Date de facturation i
DP_i = Date de paiement i
CD_j = Coûts enregistrés à la date j
DD_j = Dépenses enregistrées à la date j

Figure 11 La détermination des éléments de la courbe de dépenses à partir de la courbe de coûts

Ce raisonnement résumé à la Figure 12 peut être facilement traduit en langage mathématique compréhensible de Microsoft Excel, par la manipulation de dates (FIN.MOIS, JOUR, JOURSEM), de tests logiques (SI) et de matrices (RECHERCHEV).



D_j = Date du jour
DF_i = Date de facturation (i)
ddp = Délai de paiement
DD_j = Montant à inscrire dans la colonne des dépenses à la date D_j
RD_j = Montant à inscrire dans la colonne des revenus à la date D_j
%retenue = Pourcentage de retenue appliqué
CDF_i = Montant inscrit dans la colonne des coûts à la date de facturation (i)
GDF_i = Montant inscrit dans la colonne des gains à la date de facturation (i)

Figure 12 Le cheminement logique dans l'introduction des délais de paiement et du pourcentage de retenue

Cependant avant de parvenir à la détermination d'une équation unique qui permette de traiter l'ensemble des délais de paiement, il est nécessaire de considérer trois cas de figure, soit le cas où la date de facturation est un jour daté, le cas où la date de facturation est à la fin du mois et le cas où la date de facturation est un jour de la semaine.

- *Le cas où la date de facturation est un jour daté (le 25 du mois) :*

Dans le cas où la date de facturation est un jour daté, le calcul du montant à inscrire dans la colonne des dépenses est calculé par l'intermédiaire de l'équation (4.3).

DD_j = SI (ESTNA (CDF_i) ; 0 ; (SI (JOUR (DFi) = JOUR (D_j-ddp) ;
(1-%retenue)*CDFi ; DD_{j-1})) (4.3)

- *Le cas où la date de facturation est à la fin du mois :*

Dans le cas où la date de facturation est à la fin du mois, le calcul du montant à inscrire dans la colonne des dépenses est le résultat de l'équation (4.4).

DD_j = SI (ESTNA (CDF_i) ; 0 ; (SI (JOUR (FIN.MOIS (D_j ; -1)) = JOUR(D_j-ddp) ; (1-
%retenue)*CDF_i ; DD_{j-1})) (4.4)

- *Le cas où la date de facturation est un jour de la semaine :*

Dans le cas où la date de facturation est un jour de la semaine, le calcul du montant à inscrire dans la colonne des dépenses est donné par l'équation (4.5).

DD_j = SI (ESTNA (CDF_i) ; 0 ; (SI (JOUR.SEM (DF_i) = JOUR.SEM (D_j-ddp) ; (1-
%retenue)*CDF_i ; DD_{j-1})) (4.5)

Il est bon de signaler également, qu'indépendamment de la date de facturation, la détermination de CDF_i respecte l'équation (4.6).

CDF_i = RECHERCHEV (DF_i; Tableau des coûts; Colonne des coûts; FAUX) (4.6)

Au sein de cette séquence la fonction RECHERCHEV a pour rôle de chercher la date DF_i au sein du Tableau des coûts (tableau importé par l'intermédiaire de la macro), et de donner pour résultat le coût correspondant (CDF_i).

Il est à noter que l'ensemble de ces équations est parfaitement applicable au cas des revenus. Il suffit pour cela de rechercher « GDF_i » et non « CDF_i » au sein du tableau importé dans Microsoft Excel.

Enfin, pour regrouper les trois évènements sous la forme d'une seule équation, il est nécessaire de poser une nouvelle condition sur la date de facturation (DF). Ainsi, dans le cas où l'utilisateur saisit une date de facturation comprise entre un et 31, l'outil utilise l'équation (4.4). S'il pose « DF=40 », l'outil utilise l'équation (4.5). Pour finir, avec DF compris entre 51 et 57 (51 = Dimanche, 52 = Lundi, ..., 57 = Samedi), l'outil utilise l'équation (4.6).

Au final, la formule destinée à résoudre l'intégration des délais de paiement au sein de l'outil prend la forme de l'équation (4.7).

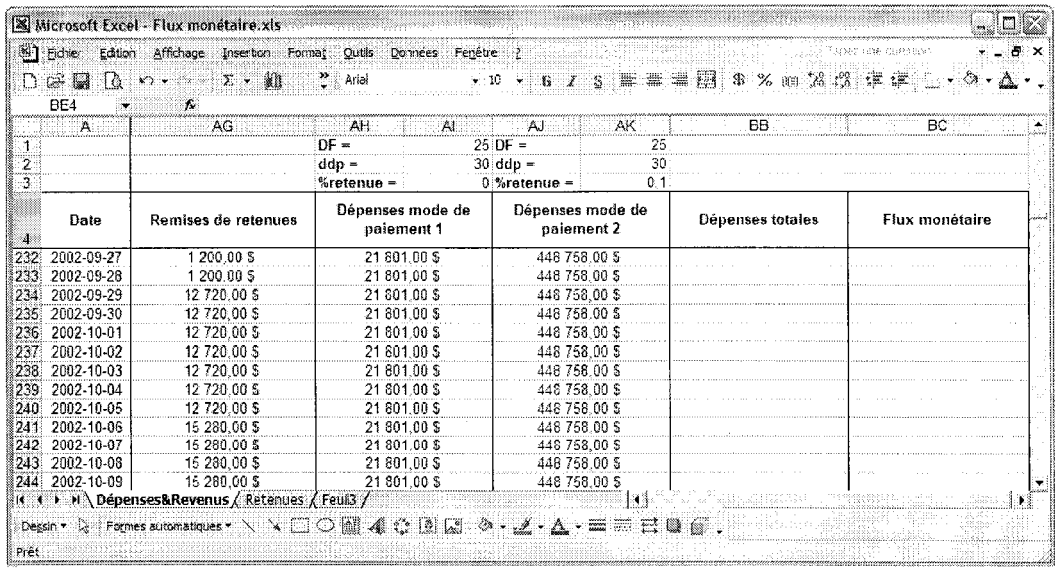
DD_j = SI (DF>50; SI (ESTNA (RECHERCHEV (D_j-ddp; Tableau des coûts; Colonne des coûts; FAUX)); 0; SI (DF-50) = JOURSEM (D_j-ddp); (1-%retenue) * RECHERCHEV (D_j-ddp;Tableau des coûts; Colonne des coûts; FAUX)); DD_j-1)); SI (DF= 40; SI (ESTNA (RECHERCHEV (FIN.MOIS (D_j;-1);Tableau des coûts; Colonne des coûts; FAUX); 0; SI (JOUR (FIN.MOIS (D_j;-1)) = JOUR (D_j-ddp); (1-%retenue) * RECHERCHEV (FIN.MOIS (D_j; -1);Tableau des coûts; Colonne des coûts; FAUX); DD_j-1)); SI (DF<=31; SI (ESTNA (RECHERCHEV (D_j-ddp;Tableau des coûts; Colonne des coûts; FAUX)); 0; SI (JOUR (D_j-ddp)) = DF; (1-%retenue) * RECHERCHEV (D_j-ddp; Tableau des coûts; Colonne des coûts; FAUX); DD_{j-1}));0)) (4.7)

En conclusion, chaque mode de paiement y compris le mode de facturation doit être caractérisé par sa date de facturation, son délai de paiement et le pourcentage de retenue appliqué. Par la saisie de ces informations, et en se référant au tableau des coûts et des gains importés par l'intermédiaire de la macro, l'outil est en mesure de calculer l'ensemble des dépenses par mode de paiement et des revenus du projet.

- **La réalisation d'un tableau préformaté relatif à l'étude des dépenses et des revenus**

La réalisation d'un tableau préformaté relatif à l'étude des dépenses et des revenus (Figure 13), s'explique de par la volonté d'établir une base de travail qui soit commune à tous les projets. En outre, au sein de ce tableau la majorité des éléments sont déterminés de manière automatique, ce qui limitera l'effort de saisie. L'utilisateur devra se contenter de spécifier la date de facturation (1...31; 40; 51...57), le délai de paiement (en jours) et le pourcentage de retenue, pour déterminer l'ensemble des courbes de dépenses et la courbe de revenus. Le tableau dispose également d'une colonne spécifique aux remises de retenues, dont les éléments sont déterminés de manière automatique. Des précisions quant au traitement des remises de retenues seront apportées ultérieurement au sein de cette section. Enfin, il comporte deux colonnes supplémentaires, respectivement destinées aux dépenses totales et au flux monétaire, dont les éléments seront calculés par l'utilisateur. Leur détermination ne nécessitant que des opérations de base (addition, soustraction).

Au final, l'outil dispose d'un tableau préformaté, pouvant traiter dix modes de paiement, sans compter le cas des revenus, sur une durée de trois ans.



	Date	Remises de retenues	Dépenses mode de paiement 1	Dépenses mode de paiement 2	Dépenses totales	Flux monétaire
232	2002-09-27	1 200,00 $	21 801,00 $	448 758,00 $		
233	2002-09-28	1 200,00 $	21 801,00 $	448 758,00 $		
234	2002-09-29	12 720,00 $	21 801,00 $	448 758,00 $		
235	2002-09-30	12 720,00 $	21 801,00 $	448 758,00 $		
236	2002-10-01	12 720,00 $	21 801,00 $	448 758,00 $		
237	2002-10-02	12 720,00 $	21 801,00 $	448 758,00 $		
238	2002-10-03	12 720,00 $	21 801,00 $	448 758,00 $		
239	2002-10-04	12 720,00 $	21 801,00 $	448 758,00 $		
240	2002-10-05	12 720,00 $	21 801,00 $	448 758,00 $		
241	2002-10-06	15 280,00 $	21 801,00 $	448 758,00 $		
242	2002-10-07	15 280,00 $	21 801,00 $	448 758,00 $		
243	2002-10-08	15 280,00 $	21 801,00 $	448 758,00 $		
244	2002-10-09	15 280,00 $	21 801,00 $	448 758,00 $		

Figure 13 Le tableau préformaté relatif à la détermination des dépenses et des revenus

- **La réalisation d'un tableau préformaté relatif aux remises de retenues**

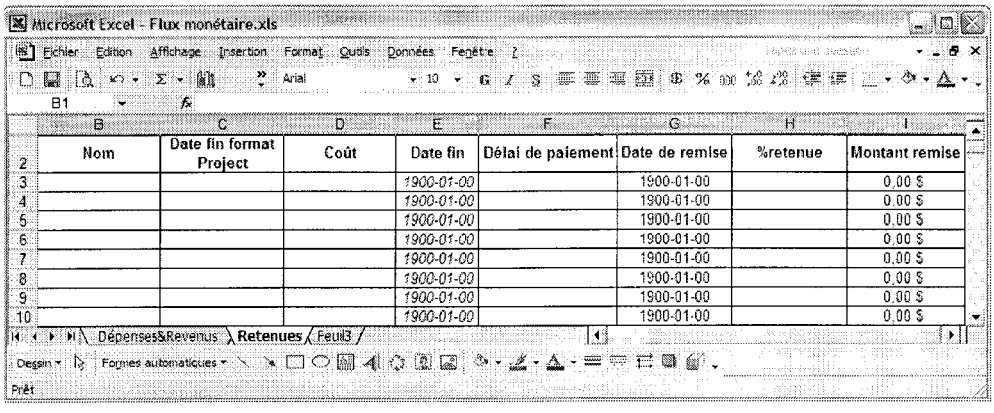
La réalisation d'un tableau préformaté relatif aux remises de retenues (Figure 14), s'explique de par la nécessité d'exploiter des données spécifiques aux retenues. Ainsi, au sein de ce tableau, les trois premières colonnes (Nom, Date fin format Project, Coût) sont réservées aux données exportées manuellement (par un simple copier/coller) depuis Microsoft Project. Celles-ci sont destinées à déterminer à la fois le « Quand » et le « Combien ».

Il est à noter cependant que les dates exportées font mention de l'heure (2002-27-05 17:00), une précision inutile au sein de la démarche et qui empêche Microsoft Excel de reconnaître la similitude entre le 2002-27-05 et le 2002-27-05 17:00. Une remarque qui a toute son importance lorsqu'il s'agit de comparer la date du jour aux différentes dates de remise de retenue. D'où la nécessité au préalable de réaliser au sein de Microsoft Excel un ajustement sur le format des dates importées, par l'intermédiaire de la fonction « TRONQUE ». Ainsi l'utilisateur devra différencier les « dates de fin format Project » des dates de fin. Bien entendu, une fois les « dates de fin format Project » établies au sein du tableau, les « dates de fin » seront automatiquement déterminées. Enfin la saisie du délai de paiement et du pourcentage de retenue permettra le calcul, respectivement des dates de remise et du montant de remise par l'intermédiaire des équations (4.8) et (4.9).

$$\text{Date de remise} = \text{Date de fin} + \text{délai de paiement} \tag{4.8}$$

$$\text{Montant de remise} = \text{Coût} * \%\ \text{retenue} \tag{4.9}$$

Au final, l'outil dispose d'un tableau préformaté pouvant traiter 150 remises de retenues.



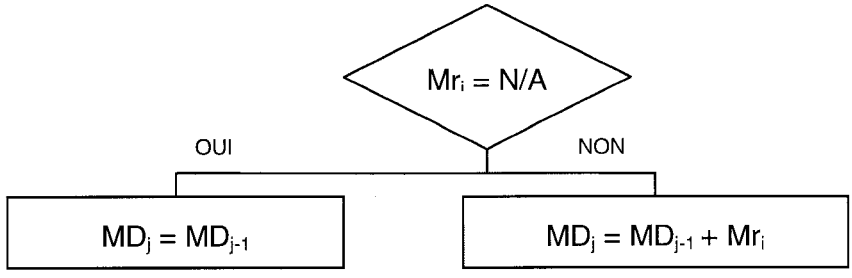
Nom	Date fin format Project	Coût	Date fin	Délai de paiement	Date de remise	%retenue	Montant remise
			1900-01-00		1900-01-00		0,00 $
			1900-01-00		1900-01-00		0,00 $
			1900-01-00		1900-01-00		0,00 $
			1900-01-00		1900-01-00		0,00 $
			1900-01-00		1900-01-00		0,00 $
			1900-01-00		1900-01-00		0,00 $
			1900-01-00		1900-01-00		0,00 $
			1900-01-00		1900-01-00		0,00 $

Figure 14 Le tableau préformaté relatif à la détermination des remises de retenues

- **La détermination d'une équation pour l'introduction des remises de retenues**

Une fois l'ensemble des données nécessaires déterminées au sein du tableau préformaté, il a été établi au sein de l'outil une équation faisant le lien entre ces données (date de remise et montant de remise) et la colonne de « Remises de retenues » intégrée au tableau des dépenses.

L'équation établie repose simplement sur la réponse à la question « Existe-t-il un montant à remettre à la date du jour (Mr_i = N/A) ? ». Autrement dit : « Sommes-nous un jour de remise de retenue? ». Si la réponse est « non », le montant à inscrire dans la colonne des remises à la date du jour (MD_j) équivaut à celui du jour précédent (MD_{j-1}). Si la réponse est « oui », le montant à inscrire dans la colonne des remises à la date du jour (MD_j) équivaut à celui du jour précédent (puisqu'il s'agit d'un cumulé) auquel il faut ajouter le montant de la remise (i) (Mr_i).



MD_j = Montant à inscrire dans la colonne de remise de retenues à la date Dj
Mr_i = Montant de la remise de la retenue (i)

Figure 15 Le cheminement logique dans l'introduction des remises de retenues

Ce raisonnement résumé à la Figure 15 peut être facilement traduit en langage mathématique compréhensible de Microsoft Excel, par la manipulation de dates (JOUR), de tests logiques (SI) et de matrices (RECHERCHEV). Un raisonnement qui conduit à la formulation de l'équation (4.10).

$$MD_j = SI\ (ESTNA\ (Mr_i)\ ;\ MD_j\text{-}1\ ;\ MD_{j-1} + Mr_i) \qquad (4.10)$$

Où Mri = RECHERCHEV (Dj ;Tableau des remises ;Colonne montant remise ;FAUX)

Au final par l'intermédiaire de cette équation, l'outil détermine automatiquement les remises de retenues cumulées au jour le jour sur la durée du projet.

4.2 La marche à suivre pour l'utilisation de l'outil

Une fois les résultats du travail préparatoire mis à disposition de l'utilisateur, ce dernier doit se contenter pour établir le flux monétaire de son projet :

a. d'établir les courbes de coûts par activité à partir des travaux d'estimation et de planification ;
b. de regrouper les catégories de coûts du projet selon leur mode de paiement. La finalité de cette mesure étant d'introduire les différents délais de paiement et les retenues associées ;

c. de regrouper les activités selon la ventilation des prix. Cette mesure permettant l'intégration du débalancement ;
d. de saisir le profit et le débalancement ;
e. d'importer dans le fichier Microsoft Excel (« Flux monétaire ») prévu à cet effet, l'ensemble des courbes de coûts et la courbe de gains par l'intermédiaire de la macro ;
f. d'introduire les délais de paiement et le pourcentage de retenue ;
g. d'introduire les remises de retenues ;
h. d'établir la courbe de flux monétaire de projet ;
i. de saisir les mises à jour.

4.2.1 La détermination des courbes de coûts par activité

Comme cela a été mentionné au cours du traitement de la méthode, l'établissement des courbes de coûts nécessite deux étapes préliminaires. D'une part, l'intégration aux activités des items de coûts issus de l'estimation et d'autre part, l'introduction des items de temps issus de la planification.

4.2.1.1 La détermination du coût par activité

Que le travail soit réalisé de manière automatique ou manuelle, il est nécessaire en guise de première étape à la détermination des courbes de coûts, d'affecter les coûts du projet aux activités qui le composent. Dans le cas où l'utilisateur bénéficie des résultats d'une estimation élémentale réalisée au moyen d'un logiciel commercial tel que Timberline ou Winestimate, il ne s'agit que d'un travail d'importation au sein de Microsoft Project. Dans les cas où l'importation n'est pas envisageable, l'utilisateur doit affecter lui-même les items de coût à chacune des activités.

Au sein de ce travail d'affectation, il est nécessaire de distinguer deux catégories de coûts. D'une part, les coûts directs et, d'autre part, les frais généraux de projet. Cette mesure est rendue nécessaire, car leur traitement avec Microsoft Project réclame une approche spécifique.

- **L'introduction des coûts directs**

Indépendamment du niveau de détail des informations disponibles, l'affectation des coûts directs par l'intermédiaire de Microsoft Project se résume à l'affectation des ressources, qu'elles soient à coût unitaire, à coût horaire ou à coût forfaitaire. Ainsi, tout travail relatif à l'introduction des coûts directs s'articulera toujours autour de deux étapes essentielles, à savoir la saisie des ressources correspondantes et leur affectation aux activités.

- *Les ressources à coût unitaire*

Le traitement des ressources à coût unitaire avec Microsoft Project repose sur la saisie de ressource de type « matériel ». Il est également nécessaire au cours de ce travail de préciser un certain nombre d'informations relatives à chacune des ressources saisies. Ainsi l'utilisateur devra fixer notamment l'**Étiquette matériel** (l'unité d'une ressource matérielle), le **Tx. standard** (coût de la ressource à l'unité) voire le **Coût/Utilisation** (coût forfaitaire à chaque utilisation de la ressource). Enfin le champ **Allocation** permet d'affecter le coût lié à la ressource au **Début de la réalisation**, à la **Fin de la réalisation** ou de façon **Proportionnel à l'avancement de la tâche** (Figure 16).

N°	Nom de la ressource	Type	Étiquette Matériel	Initiales	Groupe	Capacité max	Tx. standard	Coût/Utilisation	Allocation	Calendrier de base	Code
15	ST Dynamitage	Travail		S	ES	100%	0,00 $/hr	0,00 $	Proportion	Construction	ES02316
16	Asphalte et trottoir$	Matériel	%	A	ES		309,62 $	0,00 $	Proportion		ES02510
17	Asphalte et trottoir	Travail		A	ES	100%	0,00 $/hr	0,00 $	Proportion	Construction	ES02510
18	Forage ascenceur$	Matériel	%	F	ES		81,20 $	0,00 $	Proportion		ES02522
19	Forage ascenceur	Travail		F	ES	100%	0,00 $/hr	0,00 $	Proportion	Construction	ES02522
20	Gazonnement et plantations$	Matériel	%	G	ES		4,50 $	0,00 $	Proportion		ES02930
21	Gazonnement et plantations	Travail		G	ES	100%	0,00 $/hr	0,00 $	Proportion	Construction	ES02930
22	Coffrages$	Matériel	%	C	ES		4 400,00 $	0,00 $	Proportion		ES03100
23	Coffrages	Travail		C	ES	100%	0,00 $/hr	0,00 $	Proportion	Construction	ES03100
24	Acier d'armature$	Matériel	%	A	ES		1 440,00 $	0,00 $	Proportion		ES03200
25	Acier d'armature	Travail		A	ES	100%	0,00 $/hr	0,00 $	Proportion	Construction	ES03200
26	Finition de béton$	Matériel	%	F	ES		320,00 $	0,00 $	Proportion		ES03345

Figure 16 La saisie des ressources

Une fois l'ensemble des informations nécessaires fixées, l'utilisateur doit réaliser l'affectation des ressources à chacune des activités (Figure 17).

N°	Nom de la tâche	Calendrier des tâches	Début	Fin	Prédécesseurs
201	**Fondations**	**Aucun**	**Jeu 02-03-07**	**Lun 02-09-30**	
202	Implantations	Aucun	Jeu 02-03-07	Ven 02-03-08	10;5;8
	Chef de chantier		*Jeu 02-03-07*	*Ven 02-03-08*	
	Coûts fixes d'implantations de fondations		*Jeu 02-03-07*	*Ven 02-03-08*	
203	Excavation du bâtiment masse terre	Aucun	Mar 02-03-12	Mer 02-03-13	205
	Pelle mécanique		*Mar 02-03-12*	*Mer 02-03-13*	
	Journalier		*Mar 02-03-12*	*Mer 02-03-13*	
	Opérateur machinerie lourde		*Mar 02-03-12*	*Mer 02-03-13*	
	Camions		*Mar 02-03-12*	*Mer 02-03-13*	
204	Excavation masse roc	Aucun	Jeu 02-03-14	Lun 02-03-25	203
	Journalier		*Jeu 02-03-14*	*Lun 02-03-25*	
	Opérateur machinerie lourde		*Jeu 02-03-14*	*Lun 02-03-25*	
	Pelle mécanique		*Jeu 02-03-14*	*Lun 02-03-25*	
	Camions		*Jeu 02-03-14*	*Lun 02-03-25*	

Figure 17 L'affectation des ressources aux différentes activités du projet

- *Les ressources à coût horaire*

Le traitement des ressources à coût horaire avec Microsoft Project repose sur la saisie de ressources de type « travail ». Au même titre que le cas précédent, un certain nombre d'informations caractérisant chacune des ressources doit être précisé. Ainsi, l'utilisateur devra fixer notamment le **Tx. standard** (le coût des heures normales de travail), le **Tx. hrs. sup.** (le coût des heures supplémentaires), voire le **Coût/Utilisation** et la **Capacité maximale**. Enfin le champ **Allocation** permet d'affecter le coût lié à la ressource au **Début de la réalisation**, à la **Fin de la réalisation** ou de façon **Proportionnel à l'avancement de la tâche** (Figure 16).

A l'image du travail d'affectation réalisé pour les ressources à coût unitaire, l'utilisateur devra affecter chaque ressource à coût horaire aux activités correspondantes (Figure 17).

- *Les ressources à coût forfaitaire*

Une solution dans le traitement des ressources à coût forfaitaire avec Microsoft Project repose sur la saisie de ressources de type « matériel » auxquelles il est nécessaire de préciser l'**Étiquette matériel**, le **Tx. standard**, éventuellement le **Coût/Utilisation** et enfin l'**Allocation**. L'idée est de recourir à un pourcentage comme **Étiquette matériel** et de fixer le **Tx. standard** à un pour cent (1%) du montant du contrat forfaitaire. Ainsi dans le cas du contrat des aciers d'armature dont le montant s'élève à 144 000$, l'utilisateur va créer une ressource matérielle « acier d'armature » dont le taux standard sera de 1 440$ (soit 1% du contrat). Enfin, lors de l'affectation, la quantité saisie représente le montant affecté à cette activité. Dans l'exemple de la Figure 18, l'activité « Pose d'armatures R.D.C » présente un coût forfaitaire relatif aux aciers d'armature de 17*1 440 $ soit 24 480$.

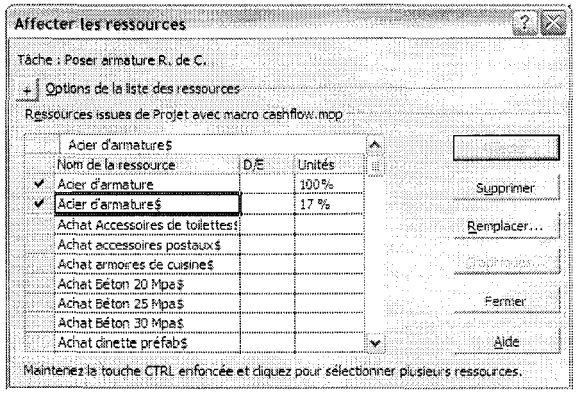


Figure 18 Un exemple d'affectation d'une ressource à prix forfaitaires

- **L'introduction des frais généraux de projet**

Afin de prendre en compte les frais généraux de projet, la question, dont il faut se soucier en premier lieu, est de savoir si le coût est directement relié à la durée même du projet. Dépendamment de cette information, il n'est pas possible de solutionner l'intégration des frais généraux avec la même approche.

- Le coût n'est pas directement relié à la durée du projet

Dans le cas où le coût n'est pas directement relié à la durée du projet, les frais généraux ne réclament aucune disposition particulière. Si l'on s'intéresse, par exemple, à la mobilisation il semble tout à fait opportun de créer au sein de l'échéancier une activité homonyme en y affectant le coût des travaux de mobilisation.

Concernant l'affectation des coûts, il est nécessaire d'adjoindre à l'activité créée une ressource dite « fictive » dont le coût d'utilisation correspond au montant des frais généraux impliqués. Malgré la possibilité offerte par Microsoft Project d'adjoindre un coût fixe à chacune de ses activités, cette alternative n'est pas satisfaisante dans le cadre de l'outil à développer. En effet, il est intéressant de noter que le fait d'assimiler les catégories de coûts du projet aux ressources pose un problème quant à la prise en compte des différents coûts fixes. Ces derniers n'étant pas liés à une ressource particulière, mais à une activité, leur montant n'est pas intégré lors du regroupement selon le mode de paiement.

- Le coût est directement relié à la durée du projet

Dans le cas où le coût est directement relié à la durée du projet, un problème se manifeste si l'on veut, au même titre que le cas précédent, créer une activité. En effet, si l'on s'intéresse au salaire du chef de chantier, il semble tout à fait concevable de créer une activité « Gestion » en y affectant la ressource « chef de chantier » et dont la durée serait celle prévue pour le projet. Malheureusement l'introduction d'une telle variable s'accompagnerait de la perte de l'intérêt principal d'un échéancier informatisé,

à savoir son aspect dynamique. En effet l'aspect rigide d'une activité dont la durée est fixée à celle prévue pour le projet, contraste avec la variabilité des mises à jour. Il est par conséquent nécessaire d'adjoindre à une telle activité une durée variable pour de nouveau profiter de la flexibilité de l'échéancier.

Pour contourner cette problématique, sans avoir recours à une programmation sous Visual Basic, l'idée est de créer une activité dont la durée serait implicitement reliée à celle du projet. Pour ce faire il est nécessaire que le projet dispose préalablement d'une activité matérialisant le début du projet, comme « la signature du contrat », et d'une activité matérialisant la fin du projet, comme « la livraison du projet ». L'idée est de lier le début de l'activité « Gestion » à « la signature du contrat » et sa fin à « la livraison du projet ». A cet effet, il suffit de réaliser un collage avec liaison de la date de début de l'activité « signature du contrat » à celle de l'activité « Gestion ». De même, il est nécessaire de coller avec liaison la date de fin de l'activité « livraison du projet » à celle de l'activité « Gestion ». Au final, l'activité ainsi créée se trouve indirectement reliée à la durée du projet.

Enfin, au même titre que le cas précédent, il est nécessaire d'affecter le coût relatif à ce type de frais généraux par l'intermédiaire d'une ressource « fictive » et non d'un coût fixe.

4.2.1.2 L'introduction des items de temps

Dans la pratique, les items de temps font partie intégrante du travail de planification et à ce titre ne réclament aucune précision complémentaire, puisque l'outil se fonde sur ces résultats. Néanmoins, il semble utile, dans un souci de clarté, d'expliciter le traitement de la probabilité de variation de la durée d'une activité et des jours ouvrables par l'intermédiaire de Microsoft Project.

- **L'introduction de la probabilité de variation de la durée d'une activité**

Comme cela a été mentionné au cours du traitement de la méthode, l'introduction d'une probabilité de variation sur la durée d'une activité peut être réalisée par l'intermédiaire de la méthode PERT. Une méthode dont dispose Microsoft Project. En effet ce logiciel de planification est susceptible de faire l'étude des scenarii optimistes, attendus ou pessimistes, à travers les durées des tâches, ainsi que les dates de début et de fin (Figure 19). Ainsi, en utilisant les durées optimistes et pessimistes saisies au sein du mode PERT de Microsoft Project, l'utilisateur est en mesure de générer le flux monétaire correspondant. Il en va de même pour la durée prévisible, résultat de la moyenne pondérée des durées optimistes, attendues et pessimistes. Bien évidemment, l'entrepreneur travaillera avec une seule courbe de flux monétaire celle correspondant à la durée prévisible du projet. Néanmoins il peut être intéressant, à titre d'information, d'avoir à l'esprit les possibles dérives du flux monétaire.

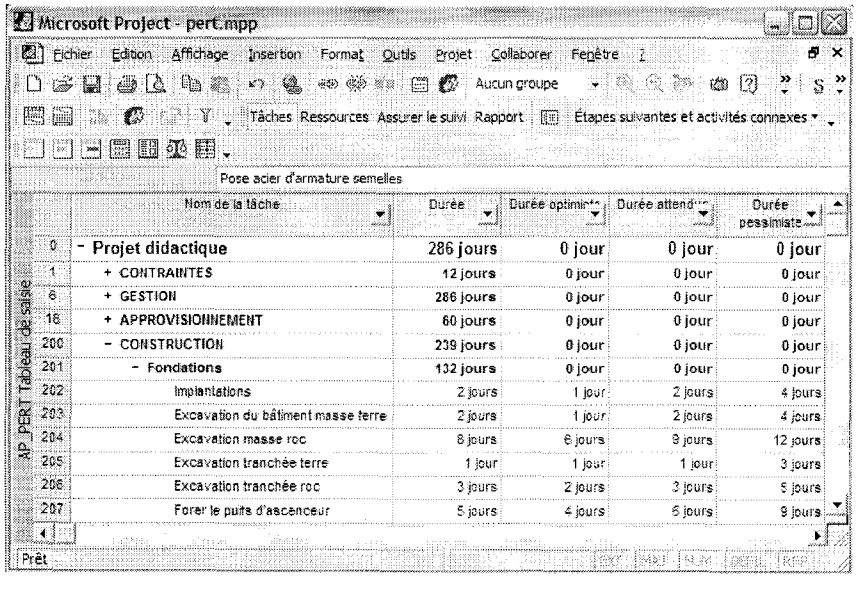


Figure 19 La saisie des durées optimistes, attendues et prévisibles

- **L'introduction des jours ouvrables**

La prise en compte des variables relatives à la localisation du projet, aux méthodes de construction, à la météo afin de déterminer la durée des activités relève de la planification. Par conséquent, aucune précision supplémentaire ne sera apportée concernant leur traitement en prévision. Il est bon toutefois de préciser qu'une alternative repose également sur l'introduction d'une probabilité de variation de la durée de l'activité.

Concernant l'introduction des jours de vacances, il s'agit de jours chômés fixés et de ce fait parfaitement déterminés. Le travail consiste à créer un calendrier spécifique (« calendrier construction » par exemple), au sein duquel est répertorié l'ensemble des jours chômés prévus sur la durée du projet (fins de semaine, jours fériés,...). Une fois le calendrier disponible, il suffit de l'affecter à l'ensemble des activités qui s'y réfèrent (Figure 20).

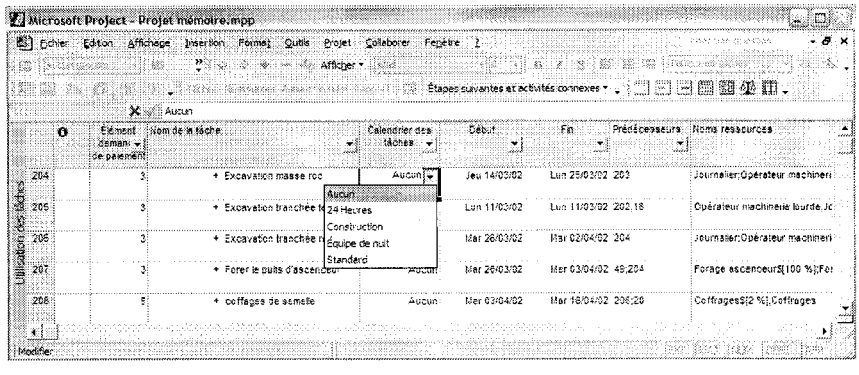


Figure 20 Un exemple d'affectation aux activités d'un calendrier spécifique

4.2.2 Le regroupement des catégories de coûts par mode de paiement

Afin de réaliser un regroupement de l'ensemble des catégories de coûts (les ressources avec Microsoft Project), selon leur mode de paiement, le travail consiste simplement à affecter à chacune des ressources présentes au sein de l'affichage **Tableau des ressources** un mode de paiement. Pour parvenir à ce résultat, il lui suffit

d'insérer le champ **Mode de paiement** et de saisir le mode de paiement correspondant (Figure 21). Dans le cas où la liste prédéfinie (Tableau IV) ne correspondrait pas à la réalité du projet traité, l'utilisateur peut y apporter toutes les modifications souhaitées. Enfin pour matérialiser les effets de cette affectation et pour contrôler qu'aucune ressource n'a été oubliée, l'utilisateur peut réaliser un regroupement des ressources selon le champ **Mode de paiement** au sein de l'affichage **Utilisation des ressources** (Figure 22). L'utilisateur disposera alors du coût cumulé au jour le jour de chacun des modes de paiement traités.

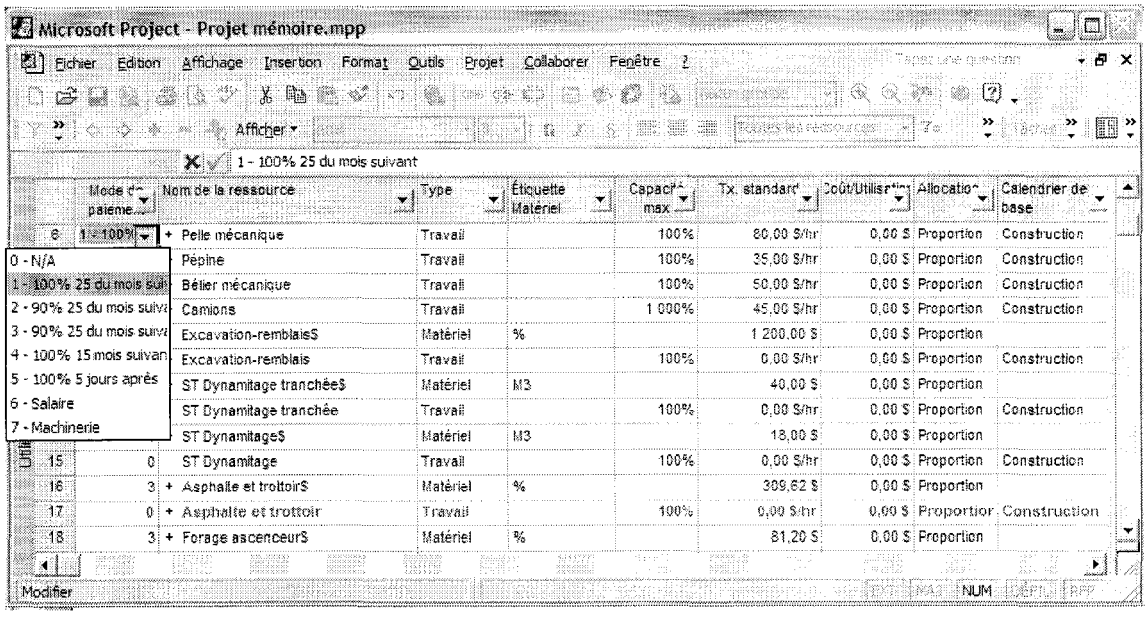


Figure 21 Un exemple d'affectation aux ressources d'un mode de paiement

Mode de paiement	Nom de la ressource	Coût	02 Sep 15					
			Sep 13	Sep 14	Sep 15	Sep 16	Sep 17	Sep 18
2	**90% 25 du mois suivant 10% fin de :**	**631 000,00 $**	626 600,00 $	626 600,00 $	626 600,00 $	626 600,00 $	626 600,00 $	626 600,00 $
2	Excavation-remblais$	0,00 $						
2	Coffrages$	440 000,00 $	435 600,00 $	435 600,00 $	435 600,00 $	435 600,00 $	435 600,00 $	435 600,00 $
2	Acier d'armature$	144 000,00 $	144 000,00 $	144 000,00 $	144 000,00 $	144 000,00 $	144 000,00 $	144 000,00 $
2	Finition de béton$	32 000,00 $	32 000,00 $	32 000,00 $	32 000,00 $	32 000,00 $	32 000,00 $	32 000,00 $
2	Jet de Sable$	15 000,00 $	15 000,00 $	15 000,00 $	15 000,00 $	15 000,00 $	15 000,00 $	15 000,00 $
3	**90% 25 du mois suivant 10% fin pro**	**1 961 063,00 $**	145 324,27 $	145 324,27 $	145 324,27 $	167 360,08 $	199 156,41 $	243 404,82 $
5	**100% 5 jours après**	**1 000,00 $**						
4	**100% 15 mois suivant**	**366 331,75 $**	299 060,00 $	299 060,00 $	299 060,00 $	299 060,00 $	299 060,00 $	299 060,00 $
1	**100% 25 du mois suivant**	**242 798,00 $**	24 875,00 $	24 875,00 $	24 875,00 $	24 875,00 $	24 875,00 $	24 875,00 $
7	**Machinerie**	**62 480,00 $**	60 400,00 $	60 400,00 $	60 400,00 $	60 400,00 $	60 400,00 $	60 400,00 $
0	N/A	**0,00 $**	0,00 $	0,00 $	0,00 $	0,00 $	0,00 $	0,00 $
6	**Salaire**	**204 635,00 $**	179 895,00 $	179 895,00 $	179 895,00 $	179 895,00 $	179 895,00 $	179 895,00 $

Figure 22 Le résultat du regroupement des ressources selon leur mode de paiement

4.2.3 Le regroupement des activités selon la ventilation des prix

A l'image du travail qui a été réalisé à l'étape précédente, la réalisation d'un regroupement de l'ensemble des activités selon la ventilation, consiste simplement à affecter à chaque activité un numéro de demande de paiement. Pour parvenir à ce résultat, l'utilisateur doit se contenter de saisir au sein du champ **Numéro de demande de paiement**, le numéro de demande de paiement correspondant à chaque activité (Figure 23). Dans le cas où la liste prédéfinie (Tableau V) ne correspondrait pas à la demande de paiement, l'utilisateur peut y apporter toutes les modifications souhaitées. Enfin pour matérialiser les effets de cette affectation et pour contrôler qu'aucune activité n'a été oubliée, l'utilisateur peut réaliser un regroupement des activités selon le champ **Numéro de demande de paiement** au sein de l'affichage **Utilisation des tâches** (Figure 24). L'utilisateur disposera alors du coût cumulé au jour le jour de chacun des modes de paiement traités.

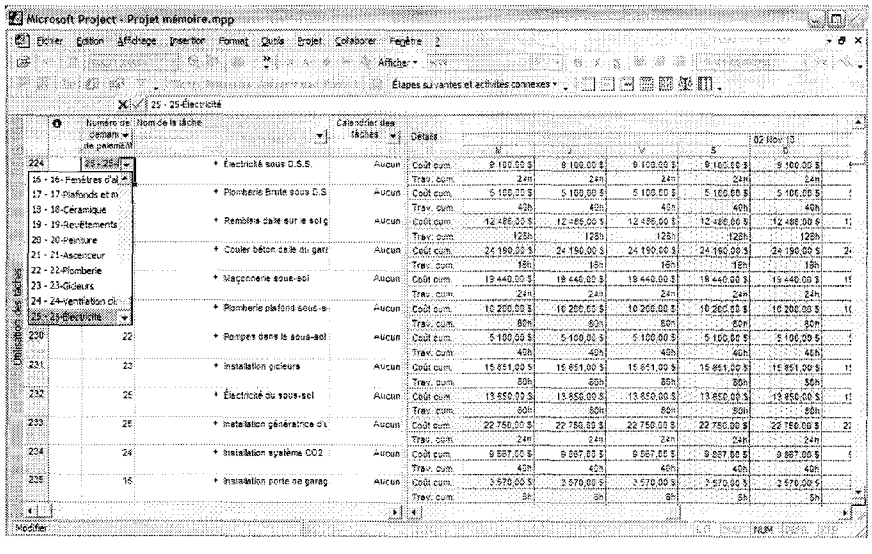


Figure 23 Un exemple d'affectation aux activités du numéro de demande de paiement

Nom de la tâche	Coût	Détails	02 Nov 03			
			S	D	L	M
0	0,00 $	Coût cum.	0,00 $	0,00 $	0,00 $	0,00 $
1-Mobilisation	82 000,00 $	Coût cum.	82 000,00 $	82 000,00 $	82 000,00 $	82 000,00 $
2-Frais généraux de projet	22 500,00 $	Coût cum.				
3-Excavation Remblais	109 760,00 $	Coût cum.	109 760,00 $	109 760,00 $	109 760,00 $	109 760,00 $
4-Aménagements extérieurs	45 433,75 $	Coût cum.				
5-Fondations	307 880,00 $	Coût cum.	307 880,00 $	307 880,00 $	307 880,00 $	307 880,00 $
6-Superstructure	475 725,00 $	Coût cum.	475 725,00 $	475 725,00 $	475 725,00 $	475 725,00 $
7-Maçonnerie	216 000,00 $	Coût cum.	36 009,86 $	36 009,86 $	36 424,11 $	36 838,36 $
8-Métaux ouvrés	86 900,00 $	Coût cum.	29 546,00 $	29 546,00 $	29 546,00 $	29 546,00 $
9-Menuiserie brute	95 495,00 $	Coût cum.	95 495,00 $	95 495,00 $	95 495,00 $	95 495,00 $
10-Menuiserie de finition et armoires de cuisine	236 739,88 $	Coût cum.				
11-Isolation	31 300,00 $	Coût cum.	6 300,00 $	6 300,00 $	6 300,00 $	6 300,00 $
12-Murs extérieurs en gyplap	105 435,26 $	Coût cum.	87 935,26 $	87 935,26 $	92 060,26 $	96 185,26 $
13-Toiture	57 300,00 $	Coût cum.	57 300,00 $	57 300,00 $	57 300,00 $	57 300,00 $
14-Portes et cadres	2 750,00 $	Coût cum.	2 750,00 $	2 750,00 $	2 750,00 $	2 750,00 $
15-Entrées commerciales et portes de garage	24 170,00 $	Coût cum.	24 170,00 $	24 170,00 $	24 170,00 $	24 170,00 $
16- Fenêtres d'aluminium	103 900,00 $	Coût cum.	60 608,33 $	60 608,33 $	64 937,50 $	69 266,67 $
17-Plafonds et murs en gypse	209 067,86 $	Coût cum.	45 673,84 $	45 673,84 $	49 798,84 $	53 923,84 $
18-Céramique	46 000,00 $	Coût cum.				
19-Revêtements de plancher	91 910,00 $	Coût cum.				
20-Peinture	78 500,00 $	Coût cum.				
21-Ascenceur	106 500,00 $	Coût cum.	37 275,00 $	37 275,00 $	38 606,25 $	39 937,50 $
22-Plomberie	273 955,00 $	Coût cum.	121 380,00 $	121 380,00 $	125 630,00 $	127 755,00 $
23-Gicleurs	15 651,00 $	Coût cum.	15 651,00 $	15 651,00 $	15 651,00 $	15 651,00 $
24-Ventilation climatisation	75 900,00 $	Coût cum.	54 648,00 $	54 648,00 $	54 648,00 $	54 648,00 $
25-Électricité	455 000,00 $	Coût cum.	288 470,00 $	288 470,00 $	291 200,00 $	293 930,00 $

Figure 24 Le résultat du regroupement des activités selon leur numéro de demande de paiement

4.2.4 La saisie du profit et du débalancement

La saisie du profit en vue de la détermination de la courbe de gains est réalisée de manière automatique par le champ **Ventilation avec profit**. Cependant, il est nécessaire de préciser que le pourcentage de profit par défaut équivaut à huit pour cent. Il peut donc s'avérer nécessaire d'apporter une modification sur ce pourcentage au sein de la formule caractérisant le champ **Ventilation avec profit** (Figure 25).

Comme cela a été souligné au cours de ce mémoire, l'introduction du profit n'est pas suffisante pour caractériser les courbes de gains. En effet, il est nécessaire de tenir compte du débalancement réalisé par l'entrepreneur. A cet effet, il suffit d'insérer le champ **Ventilation débalancée** et de regrouper les activités selon leur numéro de demande de paiement. Enfin, l'utilisateur inscrira manuellement au sein de ce champ et ceci pour chacun des éléments de la demande de paiement, son montant débalancé (Figure 26).

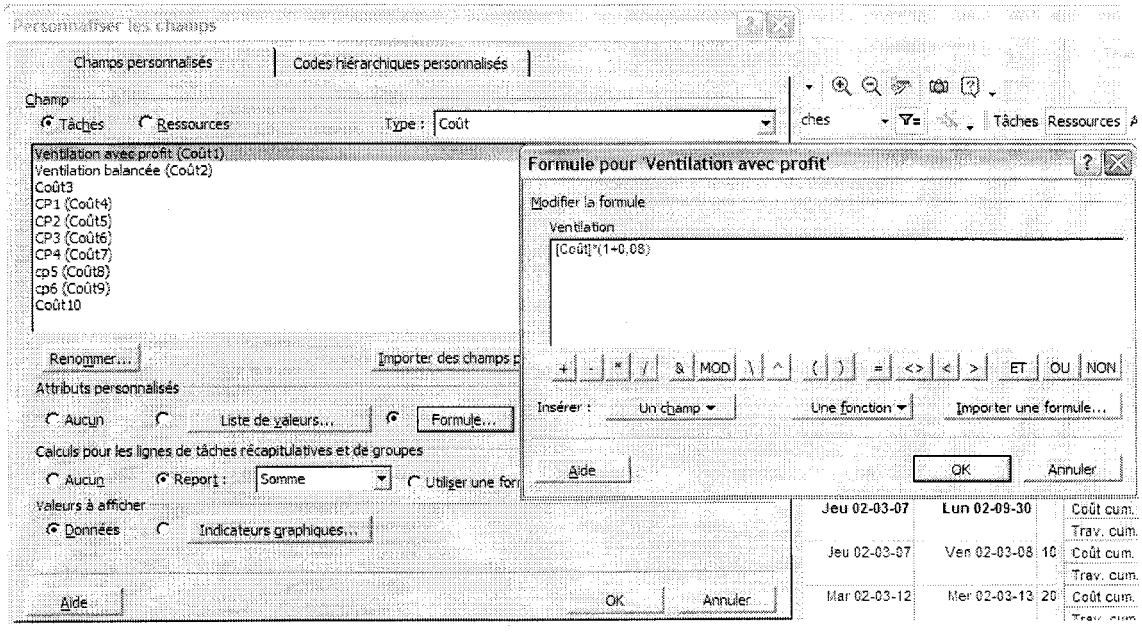


Figure 25 La saisie d'une modification sur le pourcentage de profit

Nom de la tâche	Coût total	Ventilation avec profit	Ventilation débalancée
0	0,00 $	0,00 $	0,00 $
1-Mobilisation	82 000,00 $	88 049,28 $	100 000,00 $
2-Frais généraux de projet	22 500,00 $	24 159,86 $	20 000,00 $
3-Excavation Remblais	109 760,00 $	117 857,18 $	132 733,66 $
4-Aménagements extérieurs	45 433,75 $	48 785,47 $	38 600,00 $
5-Fondations	307 880,00 $	330 592,82 $	338 000,00 $
6-Superstructure	475 725,00 $	510 820,02 $	540 000,00 $
7-Maçonnerie	216 000,00 $	231 934,68 $	225 000,00 $
8-Métaux ouvrés	86 900,00 $	93 310,76 $	96 000,00 $
9-Menuiserie brute	95 495,00 $	102 539,82 $	100 000,00 $
10-Menuiserie de finition et armoires de cuisine	236 739,88 $	254 204,57 $	246 000,00 $
11-Isolation	31 300,00 $	33 609,05 $	31 000,00 $
12-Murs extérieurs en gyplap	105 435,26 $	113 213,39 $	106 000,00 $
13-Toiture	57 300,00 $	61 527,12 $	60 000,00 $
14-Portes et cadres	2 750,00 $	2 952,87 $	2 000,00 $
15-Entrées commerciales et portes de garage	24 170,00 $	25 953,06 $	23 000,00 $
16- Fenêtres d'aluminium	103 900,00 $	111 564,87 $	112 000,00 $
17-Plafonds et murs en gypse	209 067,86 $	224 491,14 $	216 000,00 $
18-Céramique	46 000,00 $	49 393,50 $	48 000,00 $
19-Revêtements de plancher	91 910,00 $	98 690,35 $	92 000,00 $
20-Peinture	78 500,00 $	84 291,07 $	65 000,00 $
21-Ascenceur	106 500,00 $	114 356,68 $	115 000,00 $
22-Plomberie	273 955,00 $	294 165,11 $	300 000,00 $
23-Gicleurs	15 651,00 $	16 805,60 $	17 000,00 $
24-Ventilation climatisation	75 900,00 $	81 499,27 $	83 000,00 $
25-Électricité	455 000,00 $	488 566,10 $	497 000,00 $

Figure 26 La ventilation débalancée de chaque élément de la demande de paiement

4.2.5 L'importation des courbes de coûts par mode de paiement et de la courbe de gains

Une fois que les différents travaux d'affectation ainsi que le travail de saisie au sein de la ventilation débalancée sont réalisés, il ne reste plus qu'à importer dans une feuille de calculs de Microsoft Excel l'ensemble des courbes de coûts et de gains établis.

A cet effet, il suffit d'utiliser la macro « Cash flow » disponible au sein de l'outil. L'utilisateur se contente alors de fixer le nombre de modes de paiement et le nombre d'éléments de la demande de paiement du projet (Figure 27). Enfin, il n'y a plus qu'à sélectionner le fichier Microsoft Excel au sein duquel sera réalisé l'importation. Le fichier mis à disposition de l'utilisateur se nommant « Flux monétaire ».

Au final, l'utilisateur obtient un tableau contenant l'ensemble des coûts cumulés au jour le jour de chaque mode de paiement ainsi que les gains cumulés au quotidien du projet (Figure 28).

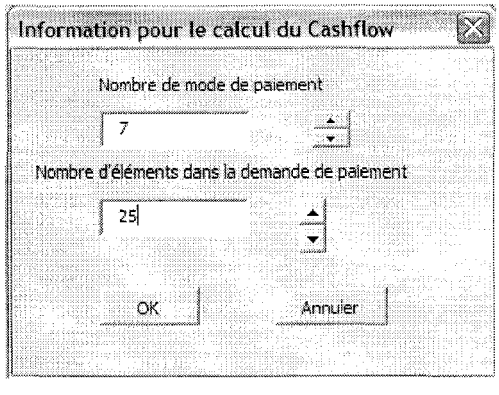


Figure 27 Saisie du nombre de modes de paiement et du nombre d'éléments dans la demande de paiement au sein de la macro « Cash flow »

Microsoft Excel - Flux monétaire.xls

	Date	Mode de paiement 1	Mode de paiement 2	Mode de paiement 3	Mode de paiement 4	Mode de paiement 5	Mode de paiement 6	Mode de paiement 7	Gains
6	2002-02-13	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$113 535,00	$0,00	$0,00
7	2002-02-14	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$157 535,00	$33 000,00	$93 902,44
8	2002-02-15	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$157 535,00	$33 000,00	$93 902,44
9	2002-02-16	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$157 535,00	$33 000,00	$93 902,44
10	2002-02-17	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$157 535,00	$33 000,00	$93 902,44
11	2002-02-18	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$157 535,00	$33 000,00	$93 902,44
12	2002-02-19	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$157 535,00	$33 000,00	$93 902,44
13	2002-02-20	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$157 535,00	$33 000,00	$93 902,44
14	2002-02-21	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$157 535,00	$33 000,00	$93 902,44
15	2002-02-22	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$157 535,00	$33 000,00	$93 902,44
16	2002-02-23	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$157 535,00	$33 000,00	$93 902,44
17	2002-02-24	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$157 535,00	$33 000,00	$93 902,44
18	2002-02-25	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$157 535,00	$33 000,00	$93 902,44
19	2002-02-26	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$157 535,00	$33 000,00	$93 902,44
20	2002-02-27	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$157 535,00	$33 000,00	$93 902,44
21	2002-02-28	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$157 535,00	$33 000,00	$93 902,44

Figure 28 Les résultats de l'importation de l'ensemble des courbes de coûts et de gains par l'intermédiaire de la macro « Cash flow »

4.2.6 L'introduction des délais de paiement et du pourcentage de retenue

Pour parvenir à l'introduction de l'ensemble des délais de paiement et du pourcentage de retenue, l'utilisateur doit se contenter d'exploiter l'équation mise à disposition de l'outil. Ainsi, le travail à accomplir repose simplement sur la saisie pour chaque mode de paiement ainsi que pour le mode de facturation, de la date de facturation, du délai de paiement (en jours) et du pourcentage de retenue (Figure 29).

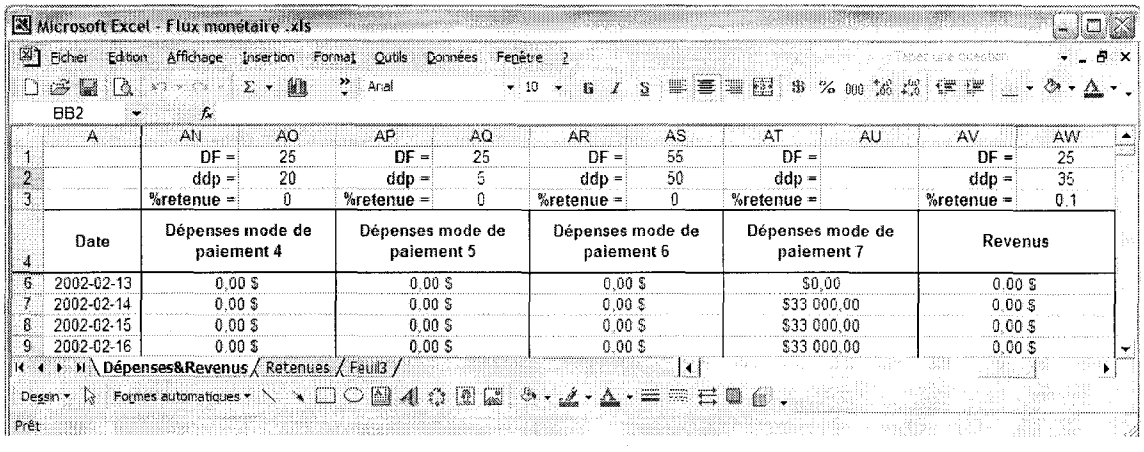
Il est bon de rappeler que pour caractériser la date de facturation, l'utilisateur a le choix de saisir :

a. une valeur comprise entre un et 31, dans le cas où la date de facturation est connue (le 25 du mois) ;
b. 40, dans le cas où la date de facturation est la fin du mois ;
c. une valeur comprise entre 51 et 57 (51 = Dimanche, 52 = Lundi, ..., 57 = Samedi), dans le cas où la date de facturation est un jour de la semaine.

Dans le cas particulier où les dépenses sont équivalentes aux coûts (les montants étant payés au moment de la demande), il suffit de copier les coûts du mode de paiement en question et de les coller dans la colonne des dépenses correspondante.

Enfin, il est nécessaire de préciser que l'outil n'intègre pas de colonne spécifique aux revenus. L'utilisateur devra simplement modifié l'en-tête de la colonne correspondante pour y inscrire : « Revenus ». Dans l'exemple traité, le projet présente sept modes de paiement, par conséquent la colonne relative aux « Dépenses du mode de paiement 8 » s'applique aux revenus.

Au final, l'utilisateur dispose non seulement des dépenses cumulées au jour le jour de chacun des modes de paiement mais également des revenus cumulés au quotidien du projet (Figure 30).



	A	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW
1		DF =	25	DF =	25	DF =	55	DF =		DF =	25
2		ddp =	20	ddp =	5	ddp =	50	ddp =		ddp =	35
3		%retenue =	0	%retenue =	0	%retenue =	0	%retenue =		%retenue =	0.1
4	Date	Dépenses mode de paiement 4		Dépenses mode de paiement 5		Dépenses mode de paiement 6		Dépenses mode de paiement 7		Revenus	
6	2002-02-13	0,00 $		0,00 $		0,00 $		$0,00		0,00 $	
7	2002-02-14	0,00 $		0,00 $		0,00 $		$33 000,00		0,00 $	
8	2002-02-15	0,00 $		0,00 $		0,00 $		$33 000,00		0,00 $	
9	2002-02-16	0,00 $		0,00 $		0,00 $		$33 000,00		0,00 $	

Figure 29 Un exemple de la saisie de la date de facturation, du délai de paiement et du pourcentage de retenue caractérisant chaque mode de paiement ainsi que le mode de facturation

Microsoft Excel - projet mémoire .xls

BB191 =SOMME($AG191:$AU191)

	A	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AV	AW
1		DF =	25	DF =	25	DF =	25	DF =	25	DF =	25	DF =	25
2		ddp =	30	ddp =	30	ddp =	30	ddp =	20	ddp =	5	ddp =	35
3		%retenue =	0	%retenue =	0,1	%retenue =	0,1	%retenue =	0	%retenue =	0	%retenue =	0,1
4	Date	Dépenses mode de paiement 1		Dépenses mode de paiement 2		Dépenses mode de paiement 3		Dépenses mode de paiement 4		Dépenses mode de paiement 5		Revenus	
165	2002-07-22	0,00 $		180 072,00 $		21 888,00 $		83 235,00 $		0,00 $		430 664,81 $	
166	2002-07-23	0,00 $		180 072,00 $		21 888,00 $		83 235,00 $		0,00 $		430 664,81 $	
167	2002-07-24	0,00 $		180 072,00 $		21 888,00 $		83 235,00 $		0,00 $		430 664,81 $	
168	2002-07-25	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		430 664,81 $	
169	2002-07-26	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		430 664,81 $	
170	2002-07-27	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		430 664,81 $	
171	2002-07-28	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		430 664,81 $	
172	2002-07-29	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		430 664,81 $	
173	2002-07-30	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
174	2002-07-31	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
175	2002-08-01	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
176	2002-08-02	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
177	2002-08-03	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
178	2002-08-04	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
179	2002-08-05	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
180	2002-08-06	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
181	2002-08-07	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
182	2002-08-08	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
183	2002-08-09	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
184	2002-08-10	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
185	2002-08-11	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
186	2002-08-12	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
187	2002-08-13	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		83 235,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
188	2002-08-14	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		107 680,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
189	2002-08-15	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		107 680,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
190	2002-08-16	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		107 680,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
191	2002-08-17	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		107 680,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
192	2002-08-18	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		107 680,00 $		0,00 $		475 977,25 $	
193	2002-08-19	9 875,00 $		198 522,00 $		26 478,00 $		107 680,00 $		0,00 $		475 977,25 $	

Dépenses&Revenus / Retenues / Feuil3

Prêt

Figure 30 Les résultats obtenus suite à l'introduction des délais de paiement et du pourcentage de retenue

4.2.7 L'introduction des remises de retenues

L'introduction d'une remise de retenue nécessite de la part de l'utilisateur la précision à la fois du « Quand » et du « Combien ». Pour cette raison, de nouvelles données doivent être importées dans le fichier Microsoft Excel « Flux monétaire », au sein du tableau prévu à cet effet. En outre il est nécessaire de différencier les remises de retenues relatives aux dépenses, des remises de retenues qui s'appliquent aux revenus.

- **Les remises de retenues relatives aux dépenses**

  - *Le « Quand »*

Pour les remises de retenues réalisées à la fin des travaux des sous-traitants, le « Quand » est déterminé à partir de l'équation (4.11).

Date de remise (i) = Date de fin des travaux du ss-traitant (i) + délai de paiement (4.11)

Les dates de fin des travaux des sous-traitants sont données par Microsoft Project au niveau de l'affichage **Utilisation des ressources**, sous la forme des dates de fin d'utilisation des ressources. En effet, il est nécessaire de rappeler que les contrats sous-traités comme tout autre item de coûts sont assimilés à des ressources. Par conséquent, il y a équivalence entre la date de fin des travaux sous-traités (i) et la date de fin d'utilisation de la ressource (i). Pour obtenir l'ensemble de ces dates, il suffit à l'utilisateur de regrouper toutes les ressources dont le mode de paiement présente une remise de retenue à la fin des travaux du sous-traitant. Une fois l'ensemble de ces dates affichées, l'utilisateur doit les exporter au sein du tableau préformaté prévu à cet effet (Figure 31). Cette exportation se limite à la réalisation d'un simple Copier/Coller. Une fois les dates importés il suffit de fixer le délai de paiement pour obtenir les dates de remises correspondantes.

Pour les remises de retenue réalisées à la fin du projet, le « Quand » est déterminé à partir de l'équation (4.12).

Date de remise = Date de fin du projet + délai de paiement (4.12)

La date de fin du projet sera tout simplement intégrée manuellement au tableau des retenues et une fois le délai de paiement fixé, l'outil affichera la date de remise correspondante.

- *Le « Combien »*

Pour les remises de retenues réalisées à la fin des travaux du sous-traitant, le « Combien » est déterminé à partir de l'équation (4.13).

$$\text{Montant de la remise (i)} = \text{\% de retenue} * \text{coût de la ressource (i)} \qquad (4.13)$$

Au même titre que la date de fin d'utilisation de la ressource (i), le coût de la ressource (i) est obtenu par la réalisation d'un regroupement sur le mode de paiement au sein de l'affichage **Utilisation des ressources** de Microsoft Project. L'utilisateur peut donc exporter les deux informations simultanément vers Microsoft Excel. Une fois l'exportation opérée et après avoir saisi le pourcentage de retenue, l'outil détermine automatiquement le montant de chacune des remises.

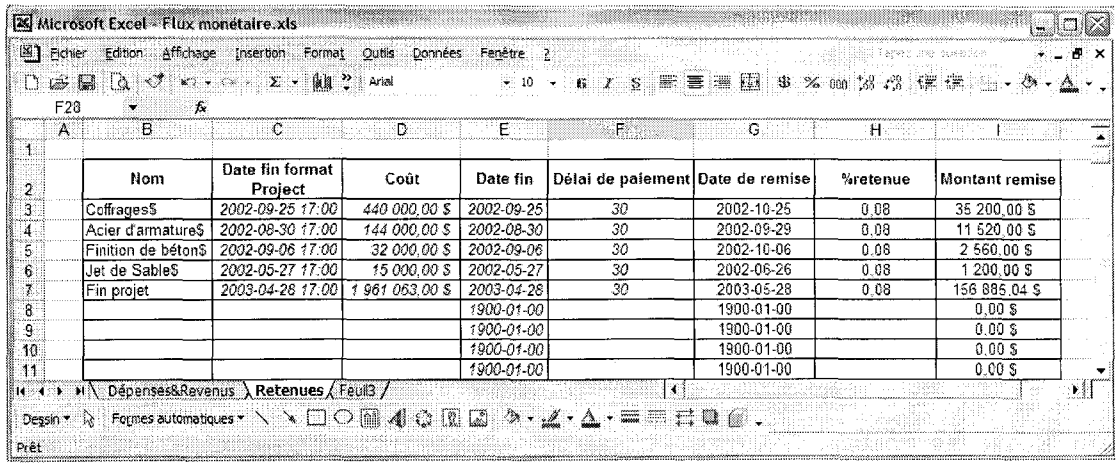
Pour les remises de retenue réalisées à la fin du projet, le « Combien » est déterminé à partir de l'équation (4.14).

$$\text{Montant de la remise} = \text{coût total mode de paiement}_{(i)} * \text{\% retenue}_{(i)} \qquad (4.14)$$

Où le mode de paiement $_{(i)}$ désigne un mode de paiement présentant une remise de retenue à la fin du projet et le % retenue $_{(i)}$ étant le pourcentage de retenue associé.

Pour ce type de retenue, l'utilisateur inscrira manuellement le coût dans le tableau des retenues. Enfin, la précision du pourcentage de retenue, donnera automatiquement le montant de la remise associé.

Une fois l'ensemble de ces manipulations opérées au sein de Microsoft Project puis de Microsoft Excel, l'utilisateur dispose du tableau de la Figure 31.



Nom	Date fin format Project	Coût	Date fin	Délai de paiement	Date de remise	%retenue	Montant remise
Coffrages$	2002-09-25 17:00	440 000,00 $	2002-09-25	30	2002-10-25	0,08	35 200,00 $
Acier d'armature$	2002-08-30 17:00	144 000,00 $	2002-08-30	30	2002-09-29	0,08	11 520,00 $
Finition de béton$	2002-09-06 17:00	32 000,00 $	2002-09-06	30	2002-10-06	0,08	2 560,00 $
Jet de Sable$	2002-05-27 17:00	15 000,00 $	2002-05-27	30	2002-06-26	0,08	1 200,00 $
Fin projet	2003-04-28 17:00	1 961 063,00 $	2003-04-28	30	2003-05-28	0,08	156 885,04 $
			1900-01-00		1900-01-00		0,00 $
			1900-01-00		1900-01-00		0,00 $
			1900-01-00		1900-01-00		0,00 $
			1900-01-00		1900-01-00		0,00 $

Figure 31 La détermination des dates de remises et des montants de remises de chacune des retenues

- **Les remises de retenues relatives aux revenus**

Le traitement de la remise de retenue, dans le cas des revenus, s'apparente à l'introduction d'une remise de retenue à la fin du projet dans le cas des dépenses. La seule différenciation concerne la détermination du montant de la remise, qui dans le cas des revenus est régie par l'équation (4.15).

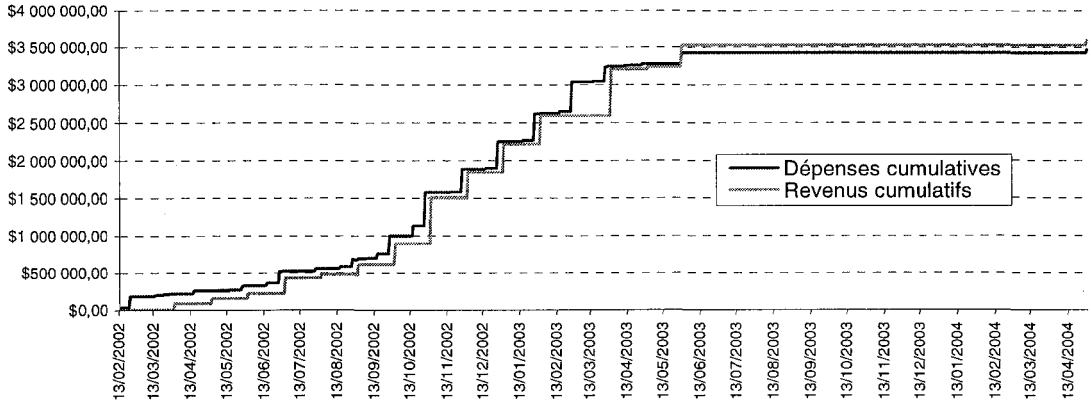
$$\text{Montant de la remise} = \text{Gains totaux du projet} * \%\ \text{retenue} \qquad (4.15)$$

Comme la remise est unique, son intégration ne nécessite pas le développement d'une équation avec Microsoft Excel. La remise est donc tout simplement introduite manuellement par l'utilisateur au sein de la colonne des revenus, après avoir défini sa date d'application et son montant.

4.2.8 La détermination de la courbe de flux monétaire de projet

Conformément à l'équation (1.3), la détermination de la courbe de flux monétaire nécessite au préalable le calcul des courbes de dépenses et de revenus. Suite à l'introduction des délais de paiement et des retenues, l'utilisateur dispose des courbes de dépenses par mode de paiement. Il lui faut par conséquent sommer l'ensemble de

ces courbes pour générer la courbe de dépenses pour le projet. Une colonne au sein du tableau des dépenses et des revenus est spécifiquement prévue à cet effet. Une fois cette opération achevée, l'utilisateur a connaissance de l'ensemble des dépenses et des revenus au quotidien du projet (Graphique 12). Il dispose alors de suffisamment d'informations pour calculer la courbe de flux monétaire du projet. Il lui suffit pour cela de réaliser la différence entre les revenus et les dépenses (Figure 30 et Graphique 13)

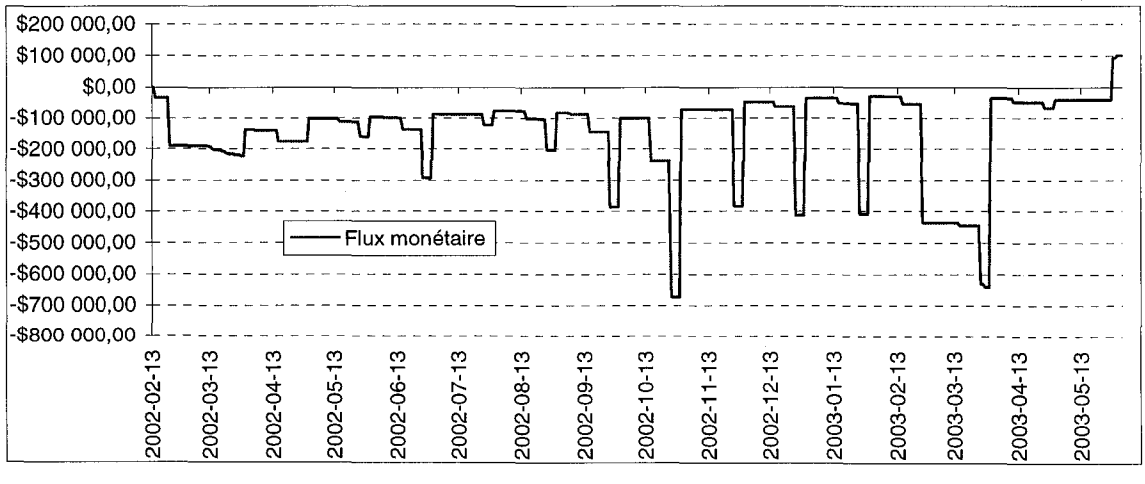


Graphique 12 Le suivi comparé entre la courbe de dépenses et la courbe de revenus.

Microsoft Excel - projet mémoire .xls

	A	AV	AW	BB	BC
1		DF =	25		
2		ddp =	35		
3		%retenue =	0,1		
4	Date	Revenus		Dépenses totales	Flux monétaire
78	2002-04-26	84 512,20 $		253 815,00 $	-169 302,80 $
79	2002-04-27	84 512,20 $		253 815,00 $	-169 302,80 $
80	2002-04-28	84 512,20 $		253 815,00 $	-169 302,80 $
81	2002-04-29	159 220,80 $		253 815,00 $	-94 594,20 $
82	2002-04-30	159 220,80 $		253 815,00 $	-94 594,20 $
83	2002-05-01	159 220,80 $		253 815,00 $	-94 594,20 $
84	2002-05-02	159 220,80 $		253 815,00 $	-94 594,20 $
85	2002-05-03	159 220,80 $		256 055,00 $	-96 834,20 $
86	2002-05-04	159 220,80 $		256 055,00 $	-96 834,20 $
87	2002-05-05	159 220,80 $		256 055,00 $	-96 834,20 $
88	2002-05-06	159 220,80 $		256 055,00 $	-96 834,20 $
89	2002-05-07	159 220,80 $		256 055,00 $	-96 834,20 $
90	2002-05-08	159 220,80 $		256 055,00 $	-96 834,20 $
91	2002-05-09	159 220,80 $		256 055,00 $	-96 834,20 $
92	2002-05-10	159 220,80 $		258 855,00 $	-99 634,20 $
93	2002-05-11	159 220,80 $		258 855,00 $	-99 634,20 $
94	2002-05-12	159 220,80 $		258 855,00 $	-99 634,20 $
95	2002-05-13	159 220,80 $		258 855,00 $	-99 634,20 $
96	2002-05-14	159 220,80 $		258 855,00 $	-99 634,20 $
97	2002-05-15	159 220,80 $		268 335,00 $	-109 114,20 $
98	2002-05-16	159 220,80 $		268 335,00 $	-109 114,20 $
99	2002-05-17	159 220,80 $		271 135,00 $	-111 914,20 $
100	2002-05-18	159 220,80 $		271 135,00 $	-111 914,20 $
101	2002-05-19	159 220,80 $		271 135,00 $	-111 914,20 $
102	2002-05-20	159 220,80 $		271 135,00 $	-111 914,20 $
103	2002-05-21	159 220,80 $		271 135,00 $	-111 914,20 $
104	2002-05-22	159 220,80 $		271 135,00 $	-111 914,20 $
105	2002-05-23	159 220,80 $		271 135,00 $	-111 914,20 $
106	2002-05-24	159 220,80 $		271 135,00 $	-111 914,20 $

Figure 30 Les résultats de la détermination du flux monétaire

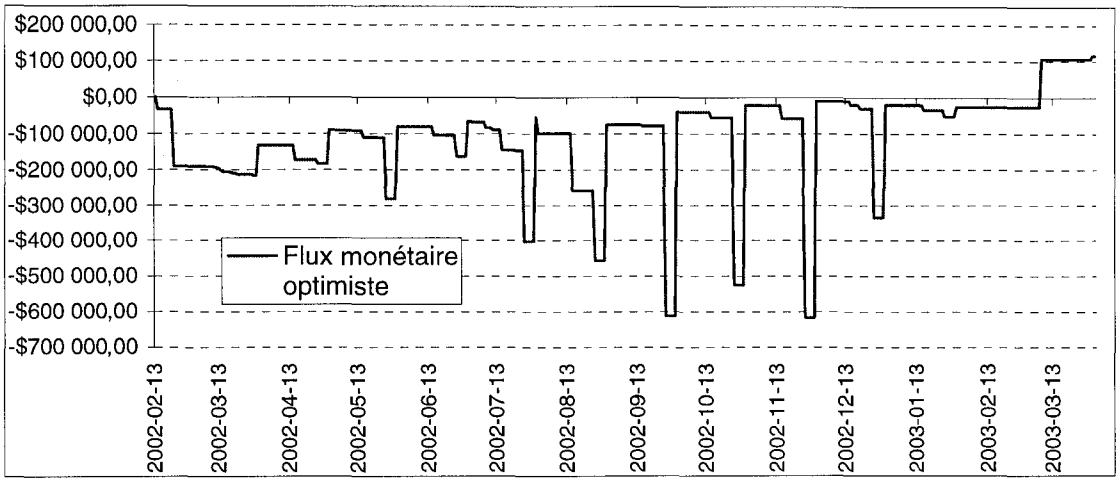


Graphique 13 La courbe de flux monétaire de projet

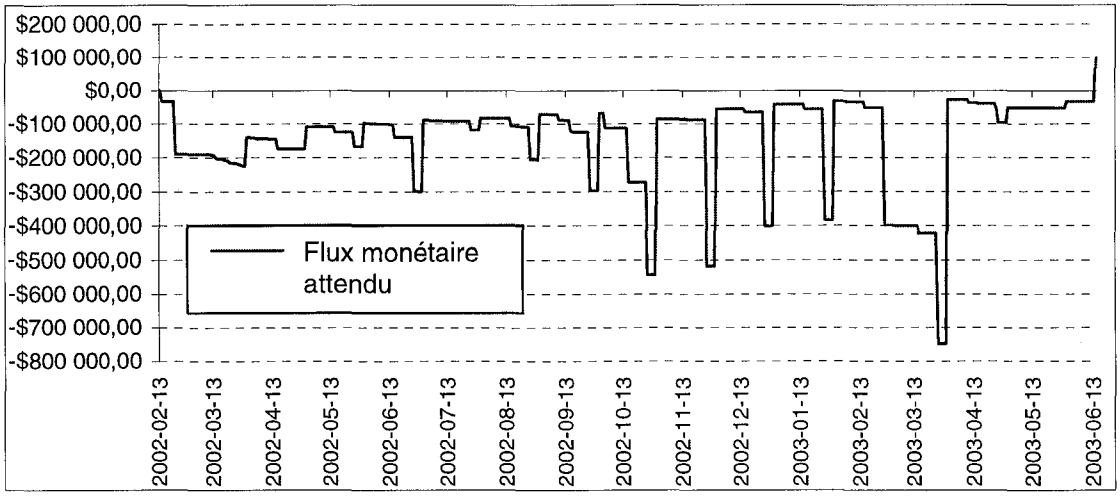
4.2.9 La saisie des mises à jour

La détermination du flux monétaire, à partir des données ajustées, bénéficie de l'intégralité du travail qui a été réalisé en amont lors des prévisions. Ainsi les différentes manipulations opérées sous Microsoft Project concernant les affectations (ressources, mode de paiement, numéro de demande de paiement) et les regroupements ne sont plus à reproduire. Au final la saisie des mises à jour se résume à des ajustements mineurs. Ces derniers se concentrent essentiellement sur la mise à jour de l'échéancier (modification des jours ouvrables, variation de coûts d'une activité). Seule l'importation des coûts et des gains doit être réitérée de même que les informations relatives aux remises de retenues (date de fin d'utilisation des ressources, date de fin du projet, coût des ressources, coût du mode de paiement) qui peuvent avoir été modifiées. Le reste est déterminé de manière parfaitement automatique.

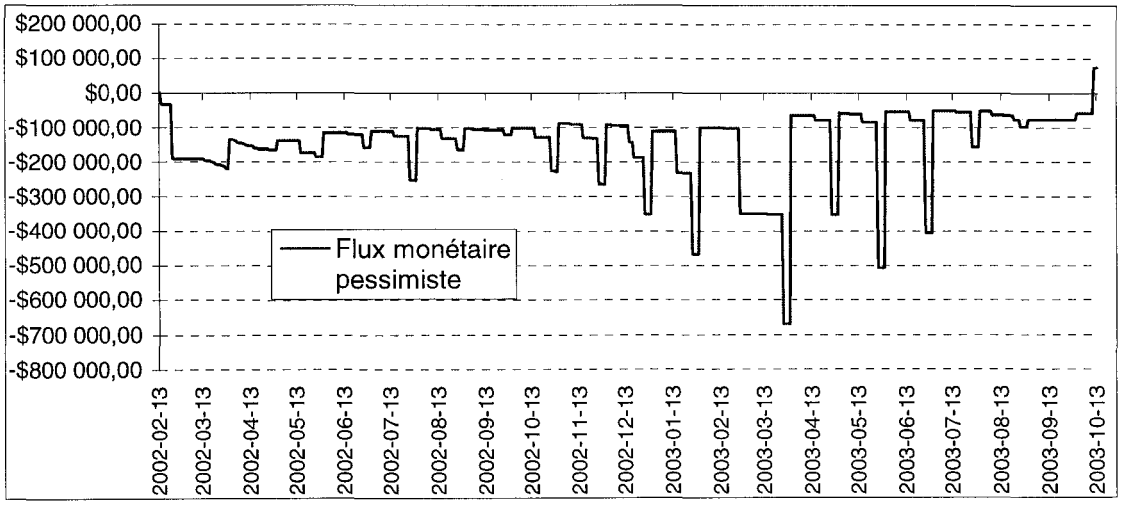
Ainsi, l'utilisateur est en mesure très simplement d'établir une courbe de flux monétaire sur la base des durées optimistes, attendues et pessimistes saisies au sein du mode PERT de Microsoft Project (Graphique 14, 15 et 16). Bien évidemment, l'entrepreneur travaillera avec une seule courbe de flux monétaire celle correspondant à la durée prévisible du projet. Néanmoins il peut être intéressant, à titre d'information, d'avoir à l'esprit les possibles dérives du flux monétaire.



Graphique 14 Le flux monétaire de projet optimiste



Graphique 15 Le flux monétaire de projet attendu



Graphique 16 Le flux monétaire de projet pessimiste

CONCLUSION

Il est apparu clairement au cours de ce mémoire que le flux monétaire est confronté à une certaine complexité dans son application au domaine de la construction, notamment en raison de l'évolution perpétuelle de l'environnement de travail. Une situation qui implique une quantité de travail très importante passée à compiler et remettre à jour le suivi du flux monétaire. En outre cette complexité s'accentue de nos jours, en raison de l'introduction de nouvelles méthodes d'approvisionnement, de nouvelles technologies, de nouvelles ressources et de la multiplication des professionnels impliqués dans un projet. Néanmoins, malgré les difficultés liées à sa détermination, le flux monétaire demeure l'une des principales préoccupations aussi bien pour l'entrepreneur que pour le client.

Ainsi, il a été démontré que le suivi du flux monétaire se révèle être au cœur du système de gestion que ce soit au cours des phases de soumission, de planification et de réalisation. En effet, la gestion des espèces circulant au sein d'une entreprise est essentielle pour son fonctionnement et ceci pour deux raisons majeures. D'une part, pour assurer le paiement des activités quotidiennes, afin que l'entreprise continue à générer de l'argent. Si tel n'était pas le cas, elle pourrait difficilement faire face à ses dépenses et sombrerait rapidement vers l'immobilisme et a fortiori vers la banqueroute. D'autre part, pour améliorer la rentabilité des opérations réalisées par l'entreprise, en gérant leur financement.

L'étude du flux monétaire, au cours du cycle de vie d'un projet, a également révélé que le degré de précision exigible au cours des différentes étapes d'un projet de construction n'est pas constant. Au cours de la phase de réalisation un effort supplémentaire doit être accompli, car l'objectif va au-delà de la détermination d'un simple ordre de grandeur. L'entrepreneur se doit de respecter ses engagements vis-à-vis des banques.

Ainsi, à la lumière de l'ensemble des variables relevées et des objectifs fixés en termes de précision et d'accessibilité au plus grand nombre, le travail accompli sur ce mémoire

a permis de développer un outil de détermination du flux monétaire à l'échelle du projet. Cet outil qui s'adresse spécifiquement aux entrepreneurs se veut spécialement pertinent en phase de réalisation. Il se caractérise en outre par sa simplicité et sa rapidité, qui en font un outil de gestion parfaitement applicable au contexte de la construction.

Pour parvenir à cette finalité l'outil se base sur un modèle d'intégration coût/temps. En effet l'inconvénient majeur qui caractérise ces modèles n'est plus d'actualité, compte tenu des solutions informatiques dont dispose de nos jours l'industrie de la construction. En outre les préoccupations des entrepreneurs en termes de gestion de projet ont évolué au cours de ces dernières années. Ainsi les informations sur lesquelles se basent les modèles d'intégration, à savoir les résultats des travaux d'estimation et de planification, sont désormais communément disponibles. Par conséquent, l'outil développé se contente de les exploiter et de ce fait ne nécessite qu'un investissement raisonnable. De plus, malgré certaines critiques à l'égard du degré de fiabilité d'un exercice de planification le bon sens veut qu'un échéancier et une estimation, même préliminaires, fournissent une bien meilleure base pour une prévision de flux monétaire que n'importe quel regroupement de projets ou équation générale.

Enfin, dans le but de respecter les objectifs fixés en termes de simplicité, de rapidité et d'accessibilité au plus grand nombre, l'outil développé s'appuie sur un logiciel général de planification, à savoir Microsoft Project. De ce fait, en utilisant les moyens dont dispose ce logiciel dans la manipulation des champs, dans la détermination de regroupements et dans sa complémentarité avec Microsoft Excel, l'outil intègre simplement les paramètres influents.

En effet, même si les délais de paiement, les retenues ou encore le débalancement ne font pas partie intégrante de Microsoft Project, l'ensemble de ces variables trouvent une intégration adéquate au sein de l'outil. En outre, le temps de travail nécessaire à leur prise en compte s'avère acceptable. Ainsi, dans le but de résoudre tout problème lié à l'intégration des différents délais de paiement, il a été entrepris au cours de l'étude des

dépenses de s'intéresser non pas à la courbe générale des coûts mais aux courbes issues des différents modes de paiement réalisés au cours du projet. Dès lors, par cette mesure il est possible d'intégrer avec l'outil l'ensemble des délais de paiement propre à chacune des catégories de coûts. De même, lors de l'étude des revenus, il fut nécessaire de travailler à partir des éléments de ventilation composant la demande de paiement, afin d'introduire le débalancement.

De ce fait, il a été possible de générer des courbes de dépenses et de revenus qui tiennent compte de l'ensemble des paramètres retenus, pour aboutir à la détermination du flux monétaire à l'échelle du projet. De plus, l'intégration de la méthode PERT au travail a rendu possible l'introduction d'une probabilité de variation de la durée des activités. L'intégration de cette variable à l'outil a permis de générer des courbes de flux monétaire optimistes, prévisibles et pessimistes en fonction des durées optimistes, prévisibles et pessimistes de chacune des activités. Bien évidemment, l'entrepreneur travaillera avec une seule courbe de flux monétaire celle correspondant à la durée prévisible du projet. Néanmoins il peut être intéressant, à titre d'information, d'avoir à l'esprit les possibles dérives du flux monétaire. L'objectif à terme étant d'offrir à l'entrepreneur l'opportunité de faire de meilleures prévisions.

Au final, l'outil développé se révèle parfaitement exploitable et accessible, doté non seulement d'une grande précision mais également d'un soutien informatique simple et rapide qui lui offre la possibilité de saisir les mises à jour par des ajustements mineurs.

RECOMMANDATIONS

Afin de compléter le développement de l'outil de détermination du flux monétaire, des ajustements ainsi que des études futures seraient à envisager. Il s'agit d'utiliser les résultats de la présente étude pour simplifier voire étendre l'application de l'outil développé. Pour mener à bien ces études, les recommandations suivantes sont à prendre en considération :

a. rendre l'outil plus automatique, notamment dans le traitement des remises de retenues. L'outil se révèlerait ainsi d'une grande simplicité, le gros du travail se résumerait à l'affectation du mode de paiement à chacune des ressources et du numéro de demande de paiement à chacune des activités. Au final le rapport précision / temps nécessaire s'en trouverait ainsi amélioré ;

b. étendre la méthode et a fortiori l'outil au suivi du flux monétaire d'entreprise. En effet, la détermination du flux monétaire de projet ne constitue en aucun cas une finalité, mais représente simplement une étape dans le processus de détermination du flux monétaire. L'entrepreneur se doit de gérer son financement pour l'ensemble de ses projets et par conséquent il se doit de réaliser un suivi de sa trésorerie d'entreprise.

Enfin, pour toute personne désireuse de se procurer l'outil développé, il lui suffit d'envoyer un courrier électronique en ce sens à Monsieur Jean Paradis, professeur en génie de la construction à l'École de Technologie Supérieure de Montréal, à l'adresse suivante : jean.paradis@etsmtl.ca

BIBLIOGRAPHIE

Ashley, D. B. et Teicholz, P. M. (1977). Pre-estimate cash flow analysis. *Journal of the Construction Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 102(CO3)*, 369-379.

Barbosa, P. S. F. et Pimentel, P. R. (2001). A linear programming model for cash flow management in the Brazilian construction industry. *Construction Management and Economics, 19* (5 Septembre 2001), 469-479.

Carty, G. J., Feiler, F. W., Simonson, N. C., Spruill, V. F. et Teicholz, P. M. (1985). Construction cost control, *Constr Cost Control* : ASCE, New York, NY, USA.

Coates, M. O. (1985). *Project cost control.* Paper presented at the Management of International Construction Projects, Proceedings of a Conference., London, Engl.

Copare, P. B. (1990). Cash flow management through front-end loading. *1990 AACE Transactions*, A.5.1-A.5.6.

Fayek, A. R. (2001). Activity-based job costing for integrating estimating, scheduling and cost control. *Cost Engineering (Morgantown, West Virginia), 43* (8), 23-32.

Fogel, I. M. (1997). Cost control and cash-flow management: a simple approach. *Cost Engineering (Morgantown, West Virginia), 39 (11)*, 13-14.

Garden II, G. W. et Creese, R. C. (2000). Cash flow analysis in construction projects. *2000 AACE International Transactions,* pp. RISK.02.01-RISK.02.07.

Gervais, P. V. (2003). Ingénierie des coûts des projets de construction. *Notes de cours, ETS.*

Gilbert, P., Miresco, E., et Martineau, D. (2000). Planification et contrôle des projets de construction. *Notes de cours, ETS.*

Hinze, J. et Ashton, B. W. (1981). Financial management practices in utility construction firms. *Journal of the Construction Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 107 (CO3)*, 469-485.

Hwee, N. G. et Tiong, R. L. K. (2002). Model on cash flow forecasting and risk analysis for contracting firms. *International Journal of Project Management, 20* (5 Juillet 2002), 351-363.

Jaedicke, R. K. et Sprouse, R. T. (1970). *Les flux financiers dans l'entreprise.* Paris: Dunod.

Kaka, A. P. (1996). Towards more flexible and accurate cash flow forecasting. *Construction Management and Economics, 14* (1 Jan), 35-44.

Kaka, A. P. (1995). *Evaluating the influence of cash flow management on contractors' performance.* Paper presented at the Congrès annuel de la société canadienne de génie civil, Ottawa, Ontario.

Kaka, A. P. et Lewis, J. (2003). Development of a company-level dynamic cash flow forecasting model (DYCAFF). *Construction Management and Economics, 21*, 693-705.

Kaka, A. P. et Price, A. D. F. (1991). Net cash flow models: Are they reliable? *Construction Management and Economics, 9*, 291-308.

Kaka, A. P. et Price, A. D. F. (1993). Modelling standard cost commitment curves for contractors' cash flow forecasting. *Construction Management and Economics, 11*, 271-283.

Kang, L. S. et Paulson, B. C. (1998). Information management to integrate cost and schedule for civil engineering projects. *Journal of Construction Engineering and Management, 124* (5), 381-389.

Kenley, R. et Wilson, O. (1986). A construction project cash flow model - an idiographic approach. *Construction Management and Economics, 4*, 213-232.

Khosrowshahi, F. (1991). Simulation of expenditure patterns of construction projects. *Construction Management and Economics, 9*, 113-132.

Lowe, J. G. et Lowe, H. C. (1988). Cash flow and the construction client. *1988 AACE Transactions*, A.1.1-A.1.4.

Miskawi, Z. (1989). An S-curve equation for project control. *Construction Management and Economics, 7*, 115-124.

Navon, R. (1995). Resource-based model for automatic cash-flow forecasting. *Construction Management and Economics, 13* (6 Nov), 501-510.

Navon, R. (1996). Company-level cash-flow management. *Journal of Construction Engineering and Management, 122* (1), 22-29.

O'Leary, T. R. et Tucker, S. (1996). *Techniques and tools for project cash flow prediction in the Australian construction industry.* Paper presented at the Proceedings of the 1996 40th Annual Meeting of AACE International, Jun 23-26 1996, Vancouver, Canada.

Paradis, J. et Gervais, P. V. (1997). *Estimation* (Beauchemin ed.). Québec (Canada).

Peer, S. (1982). Application of cost-flow forecasting models. *Journal of the Construction Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 108 (CO2)*, 226-232.

Perera, A. A. D. A. J. et Imriyas, K. (2004). An integrated construction project cost information system using MS Access and MS Project. *Construction Management and Economics, 22*, 203-211.

Pilcher, R. (1985). In Collins (Ed.), *Project cost control in construction*, 26-28.

Rasdorf, W. J. et Abudayyeh, O. Y. (1991). Cost and schedule control integration : issues and needs. *Journal of Construction Engineering and Management, 117 (3)*, 486-502.

Reinschmidt, K. F. et Frank, W. E. (1976). Construction cash flow management system. *Journal of the Construction Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 108 (CO4)*, 615-627.

Sears, G. A. (1981). CPM / COST : An integrated approach. *Journal of the Construction Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 107 (CO2)*, 227-238.

Singh, S. (1989). Developing a computer model for cash flow planning. *Cost Engineering (Morgantown, West Virginia), 31(11)*, 7-16.

Singh, S. et Lokanathan, G. (1992). *Computer-based cash flow model.* Paper presented at the Proceedings of the 36th Annual Transactions of the American Association of Cost Engineers - AACE, Jun 28-Jul 1 1992, Orlando, FL, USA.

Singh, S. et Woon, P. W. (1984). *Cash flow trends for high rise building projects.* Paper presented at the 4th international symposium on organisation and management of construction, Waterloo, Canada.

Teets, R. L. (1976). *Profitable management for the subcontractor.*

Tucker, S. N. (1984, 18-20 juillet). *Modelling building life cycle cash flows.* Paper presented at the CIB W-65 third symposium on building economics, Ottawa, Canada.

Autres références utilisées :

Amghar, A. (2000). *MS Project 2000* (J.C.i. inc. ed.).

Brown, D. R. (1994). Levelized production cost: An alternative form of discounted cash flow analysis. *Cost Engineering (Morgantown, West Virginia), 36* (8).

Carr, R. I. (1993). Cost, schedule and time variances and integration. *Journal of Construction Engineering and Management, 119* (2), 245-265.

Gates, M. et Scarpa, A. (1979). Preliminary cumulative cash flow analysis. *Cost Engineering (Morgantown, West Virginia), 21* (6), 243-249.

Holm Jr, L. (2002). Construction project management "Get-to's". *2002 AACE International Transactions*, PM.20.21-PM.20.24.

Jones, C. (1992). Cashflow planning for residential housing developments. *1992 AACE Transactions*, E.6.1-E.6.4.

Langford, D., Iyagba, R. et Komba, D. M. (1993). Prediction of solvency in construction companies. *Construction Management and Economics, 11*, 317-325.

Pilcher, R. (1992). *Principles of construction management.* Londres: McGraw-Hill Book Company.

Skitmore, M. (1998). A method for forecasting owner monthly construction project expenditure flow. *International Journal of Forecasting, 14*, 17-34.

Tucker, S. N. (1986). Formulating construction cash flow curves using a reliability theory analogy. *Construction Management and Economics, 4*, 179-188.