

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.Eng.

PAR
RAMI FARAG

ÉTUDES PRÉALABLES AU DÉVELOPPEMENT D'UN
SYSTÈME GLOBAL DE GESTION INFORMATISÉE
DE PROJETS DE CONSTRUCTION (SGIPC)

MONTRÉAL, LE 12 JANVIER 2004

© droits réservés de Rami Farag

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ
PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

Madame Michèle St-Jacques, professeure et directrice de mémoire
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

Monsieur Jean Paradis, professeur et codirecteur de mémoire
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

Monsieur Edmond Miresco, professeur et président du jury
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

Monsieur Gabriel Lefebvre, professeur
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

IL A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC
LE 17 DÉCEMBRE 2003
À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

ÉTUDES PRÉALABLES AU DÉVELOPPEMENT D'UN SYSTÈME GLOBAL DE GESTION INFORMATISÉE DE PROJETS DE CONSTRUCTION (SGIPC)

Rami Farag

SOMMAIRE

La gestion des projets de construction est une opération très complexe fortement basée sur les diverses informations provenant de différents partenaires. Cette gestion ne peut se dérouler sainement sans un accès collectif aux informations pertinentes et continuellement mises à jour. De même, l'efficacité de la communication et de la coordination entre les différents intervenants doit être garantie en tout temps durant le cycle de vie du projet. C'est à cause de cette nature complexe que l'industrie de la construction se trouve dans l'obligation de développer des solutions efficaces pour la gestion de ses projets.

Cette étude vise à proposer un système intégré de gestion globale de projets de construction appelé SGIPC (Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction), basé sur l'utilisation de l'Internet et profitant des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC). Une revue de l'état du développement dans le domaine de la gestion informatisée des projets de construction est effectuée. Par la suite, les études et les analyses préalables au développement du système sont réalisées. Finalement, l'ensemble des résultats obtenus est exploité pour définir la structure générale du SGIPC dont 20 modules sont présentés dans ce mémoire.

Les études effectuées au cours de cette recherche ont permis de prouver la rentabilité et la faisabilité du SGIPC. Afin de compléter le développement de ce système des études futures seraient à envisager. Lors de ces études il est recommandé de suivre une approche de développement descendant et d'utiliser la version la plus récente des classes d'objets pour la construction (IFC). L'existence d'un système global comme le SGIPC servira énormément au perfectionnement des techniques de la gestion des projets de construction.

PRELIMINARY STUDIES FOR THE DEVELOPMENT OF A GLOBAL SYSTEM FOR COMPUTERIZED MANAGEMENT OF CONSTRUCTION PROJECTS (SGIPC)

Rami Farag

ABSTRACT

The management of construction projects is a very complex operation heavily based on various information generated by different participants. This management cannot be sound without a collective access to pertinent and continually updated information. Besides, the efficiency of the communication and the coordination between the different parties should be constantly guaranteed during the project life cycle. This complex nature is the reason why the construction industry has to develop efficient solutions to manage its projects.

The goal of this study is to propose an integrated system for global management of construction projects called SGIPC (*Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction*), based on the use of the Internet and taking advantage of the new information and communication technologies. The review of the status of development in the field of computer construction management is thoroughly studied. Next, the preliminary studies and analysis required for the system development are carried out. Finally, the entire obtained results are used to define the general structure of the SGIPC whose 20 modules are presented in this thesis.

The studies carried out in the course of this research allowed proving the profitability and the feasibility of the SGIPC. In order to complete the development of this system future studies are to be considered. During these studies it is recommended to follow a top-down development approach and to use the latest version of the Industry Foundation Classes (IFC). The existence of a global system such as the SGIPC will tremendously serve the improvement of the construction management techniques.

REMERCIEMENTS

Les remerciements dédiés aux directeurs de recherche font partie d'une pratique traditionnelle à la fin de chaque projet d'études. Je voudrais en premier lieu souligner avec toute sincérité que ma gratitude pour ma directrice, Madame Michèle St-Jacques, dépasse de loin cette tradition. Sa patience et sa confiance en moi lors des périodes difficiles ont été d'une aide précieuse, sans quoi cette recherche n'aurait jamais vu le jour. Je tiens de même à remercier mon codirecteur de recherche, Monsieur Jean Paradis, non seulement pour ses conseils durant la rédaction de ce mémoire, mais aussi pour son support professionnel durant toutes mes années de maîtrise.

Je ne pourrais pas passer sous silence le soutien moral du directeur des études supérieures du département de génie de la construction Monsieur Edmond Miresco qui malgré ses horaires chargés, trouvait toujours le temps de me rencontrer quand j'avais besoin de conseils professionnels. Je désire aussi remercier tous les membres du jury, pour le temps qu'ils ont consacré à l'évaluation de mon mémoire et aux commentaires constructifs qu'ils ont apportés.

Du fond du cœur, je souligne le précieux support de mes proches : mon père et ma sœur qui m'ont encouragé à entamer ce projet d'études et m'ont toujours cru capable de le mener à bonne fin. De même, je ne peux pas oublier ceux dont le souvenir m'a toujours poussé en avant, malgré leur absence. Je remercie aussi mon cousin ou plutôt mon frère

qui malgré sa présence au Manitoba a su comment suivre de près l'évolution de mes études et de m'encourager au besoin.

Finalement, je dédis ce travail à la seule personne que je n'ai pas l'intention de remercier, car on ne se remercie pas soi-même. À la personne qui malgré la fin simultanée de ses études en administration des affaires a toujours mis, avec beaucoup de générosité, mes priorités avant les siennes. À la personne qui a subi avec amour les conséquences de ce défi professionnel et avec qui j'ai eu la chance de partager ma vie, mes projets et surtout mon âme. À mon épouse Ruba...

TABLE DES MATIÈRES

	Page
SOMMAIRE.....	i
ABSTRACT.....	ii
REMERCIEMENTS.....	iii
TABLE DES MATIÈRES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	x
LISTE DES FIGURES.....	xi
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SIGLES.....	xiii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION DU CONTEXTE DE LA RECHERCHE	4
1.1 État de la question.....	4
1.1.1 Les défis faisant face à la gestion de projets.....	5
1.1.2 Les limitations des pratiques actuelles de gestion	6
1.1.2.1 Le manque d'une communication adéquate	7
1.1.2.2 L'introduction de l'automatisation aux pratiques de gestion	8
1.1.2.3 Le manque de processus standard de gestion de projet	9
1.2 Besoins de l'industrie de la construction.....	9
1.3 Objectifs de développement	10
1.4 Problématiques concernant le domaine de recherche.....	11
1.5 Méthodologie de la recherche.....	12
1.5.1 Détermination de l'état de développement dans le domaine	12
1.5.2 Développement du SGIPC.....	13
1.5.2.1 Les analyses préalables à la conception du système.....	13
1.5.2.2 La définition et le développement du SGIPC	14
CHAPITRE 2 : REVUE DE L'ÉTAT DU DÉVELOPPEMENT DANS LE DOMAINE DE LA GESTION INFORMATISÉE DES PROJETS DE CONSTRUCTION	15
2.1 Revue de la littérature.....	15
2.1.1 Terminologies et définitions de base	15

2.1.1.1	Système.....	16
2.1.1.2	Système d'information	16
2.1.1.3	Système intégré de gestion	16
2.1.1.4	Technologies de l'information (TI)	17
2.1.2	Historique	17
2.1.3	Situation actuelle et tendances futures.....	20
2.1.3.1	L'intégration	22
2.1.3.2	La communication	24
2.1.3.3	L'Internet	25
2.1.4	Notions informatiques importantes	27
2.1.4.1	La problématique de l'échange des données	28
2.1.4.2	Les types et les niveaux de communication sur Internet	30
2.1.4.3	Les technologies objet	31
2.1.4.4	L'Alliance Internationale pour l'Interopérabilité (IAI)	32
2.1.4.5	Les Classes d'objets pour la construction (IFC).....	33
2.1.4.6	Les applications par navigateur	35
2.2	Systèmes commercialisés	37
2.2.1	Survol des exemples ne rencontrant pas les objectifs du SGIPC	37
2.2.1.1	Expedition de Primavera	37
2.2.1.2	e-Builder	38
2.2.1.3	Critique générale.....	38
2.2.2	Citadon CW	40
2.2.2.1	Niveau de gestion visé par Citadon CW	40
2.2.2.2	Orientation vers la construction.....	40
2.2.2.3	Utilisation des technologies modernes de l'information	41
2.2.2.4	Intégration des outils dans Citadon CW	42
2.2.2.5	Évaluation générale	42
2.2.3	PrimeContract.....	44
2.2.3.1	Niveau de gestion visé par PrimeContract	44
2.2.3.2	Orientation vers la construction.....	44
2.2.3.3	Utilisation des technologies modernes de l'information	45
2.2.3.4	Intégration des outils dans PrimeContract.....	46
2.2.3.5	Évaluation générale et comparaison avec Citadon CW.....	47
2.3	Programmes de recherche.....	48
2.3.1	Système RMS	48
2.3.1.1	Évaluation générale	50
2.3.2	Total Project Systems (TOPS).....	52
2.3.2.1	La totalité	52
2.3.2.2	L'intégration	52
2.3.2.3	La flexibilité	53
2.3.2.4	Visualisation du TOPS	54
2.3.2.5	Les composantes du TOPS	55
2.3.2.6	Évaluation générale	56
2.4	Résultats de la revue de l'état du développement.....	57

CHAPITRE 3 : ÉTUDES PRÉALABLES AU DÉVELOPPEMENT D'UN SGIPC58

3.1	L'approche théorique.....	58
3.1.1	Étude préliminaire	59
3.1.2	Diagnostic de l'existant	62
3.1.3	Définition des besoins	62
3.1.4	Spécification du système	62
3.1.5	Conception du système	63
3.1.6	Réalisation technique.....	63
3.1.7	Implantation et exploitation.....	63
3.2	L'outil de conception.....	64
3.2.1	Présentation des diagrammes de flux de données (DFD).....	65
3.3	Les différents intervenants dans un projet de construction	67
3.3.1	Maître de l'ouvrage	67
3.3.2	Architecte :	67
3.3.3	Architecte/Ingénieur (A/I)	68
3.3.4	Gérant de construction.....	68
3.3.5	Ingénieur.....	68
3.3.6	Entreprise d'ingénierie-construction	69
3.3.7	Entrepreneur général.....	69
3.3.8	Gérant de projet	70
3.3.9	Ingénieur de projet.....	70
3.3.10	Sous-traitants	71
3.3.11	Entrepreneur spécialisé.....	71
3.3.12	Fournisseur	71
3.4	Les fonctions de gestion de projets.....	72
3.5	Les différents documents circulant dans un projet de construction.....	74
3.5.1	Document simple	74
3.5.2	Document composé	74
3.5.3	Liste de documents	75
3.5.4	Explication des documents de modification.....	77
3.5.4.1	Document « Projet de modification ».....	77
3.5.4.2	Document « Directive de modification »	77
3.5.4.3	Document « Avenant de modification ».....	78
3.5.4.4	Document « Sommaire des modifications ».....	78
3.5.4.5	Document « demande de modification ».....	78
3.6	Les avantages des systèmes semblables au SGIPC	79
3.6.1	Étude 1	80
3.6.2	Étude 2.....	84
3.7	Les désavantages des systèmes semblables au SGIPC.....	86
3.7.1	La barrière du mot de passe	86
3.7.2	Les aspects légaux	87
3.7.3	La maturité en collaboration et la transparence non-voulue.....	87
3.7.4	La résistance au changement	87

3.7.5	La multiplicité des chaînes de communication.....	88
3.8	Étude de cas	88
3.8.1	Mise en situation.....	88
3.8.2	La collaboration.....	89
3.8.3	Les bénéfices	89
3.8.4	Les problèmes.....	90
3.9	Matrices d'analyse.....	90
CHAPITRE 4 : DÉFINITION ET DÉVELOPPEMENT DU SGIPC		100
4.1	Description générale du SGIPC.....	100
4.1.1	La nature des projets visés par le SGIPC	101
4.2	Définition des besoins de l'utilisateur du SGIPC.....	101
4.3	Recommandations pour la spécification du SGIPC	102
4.4	Présentation du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC).....	104
4.4.1	Caractéristiques du SGIPC	104
4.4.1.1	Intégration et interopérabilité des logiciels utilisés	104
4.4.1.2	Allocation d'espaces de travail privés ou semi-privés aux intervenants.....	108
4.4.1.3	Incorporation des technologies actuelles de communication	109
4.4.1.4	Multiplicité des méthodes d'accès aux informations	110
4.4.2	Études des différents modules du SGIPC.....	111
4.4.2.1	Module 1 – Informations du projet.....	112
4.4.2.2	Module 2 – Outils de gestion.....	113
4.4.2.3	Module 3 – Communications	113
4.4.2.4	Module 4 – Participants.....	114
4.4.2.5	Module 5 – Plans et Devis.....	115
4.4.2.6	Module 6 – Conception	115
4.4.2.7	Module 7 – Appel d'offres	117
4.4.2.8	Module 8 – Gestion financière	118
4.4.2.9	Module 9 – Contrats et modifications	120
4.4.2.10	Module 10 – Planification	122
4.4.2.11	Module 11 – Risque, simulation et prévision	125
4.4.2.12	Module 12 – Approvisionnement	125
4.4.2.13	Module 13 – Qualité.....	127
4.4.2.14	Module 14 – Sécurité.....	129
4.4.2.15	Module 15 – Administration.....	129
4.4.2.16	Module 16 – Contrôle et rapports.....	130
4.4.2.17	Module 17 – Dossiers	133
4.4.2.18	Module 18 – Accès interactif aux informations	133
4.4.2.19	Module 19 – Multimédia	134
4.4.2.20	Module 20 – Paramétrage.....	135
4.4.3	Faisabilité technique du SGIPC.....	136

4.4.3.1	La faisabilité technique de l'intégration des informations et de l'interopérabilité entre les logiciels	137
4.4.3.2	La faisabilité technique des applications par navigateur	140
4.4.4	Suggestions pour les études futures	140
CONCLUSION.....		142
RECOMMANDATIONS.....		145
ANNEXE		
1: Exemple de diagrammes de flux de données (DFD).....		146
BIBLIOGRAPHIE.....		149

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau I	La distribution des informations « Pousser » contre « Retirer » ... 27
Tableau II	Comparaison entre les approches théoriques de développement suggérées par plusieurs auteurs 61
Tableau III	Exemple d'une liste des fonctions de gestion de projet..... 72
Tableau IV	Exemple d'une liste de documents circulant dans un projet de construction 75
Tableau V	Les avantages des systèmes de gestion en temps réel 81
Tableau VI	Matrice d'analyse « intervenants versus fonctions de gestion de projet » 92
Tableau VII	Matrice d'analyse « fonctions de gestion de projet versus documents de construction » 94
Tableau VIII	Matrice d'analyse « intervenants versus documents de construction » 98
Tableau IX	L'état des certifications à l'issue du 2ème atelier de certification de logiciels IFC 2x qui s'est tenu à Munich les 6 et 7 mai 2003 ... 138

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1	Chaos traditionnel de la communication influençant l'industrie de l'A/I/C 18
Figure 2	Historique des systèmes d'information informatisés 20
Figure 3	Structure de l'intégration de la gestion informatique 23
Figure 4	Visualisation de la problématique des échanges de fichiers 29
Figure 5	Les informations qui gravitent autour d'un objet IFC 35
Figure 6	Évaluation de quelques systèmes commercialisés par rapport aux objectifs du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) 39
Figure 7	La collaboration entre intervenants dans Citadon CW 41
Figure 8	Exemple pratique de l'interface du PrimeContract accédé à travers Internet 45
Figure 9	Visualisation des TOPS 54
Figure 10	Les composantes des TOPS 55
Figure 11	Visualisation de la synthèse des approches théoriques étudiées ... 59
Figure 12	Recommandation d'outils de conception à travers le cycle de vie du système 64
Figure 13	Les symboliques utilisées dans les diagrammes de flux 66
Figure 14	Diagramme montrant l'analyse des résultats de l'enquête 85
Figure 15	Vue d'ensemble du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) 105
Figure 16	Exemple de fenêtre permettant l'intégration des informations concernant un élément du projet dans le SGIPC 106

Figure 17	Visualisation symbolique du concept des bases de données dans le SGIPC	109
Figure 18	Visualisation symbolique de la dualité d'accès aux informations dans le Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC)	111
Figure 19	Visualisation de la compatibilité avec les Classes d'objets pour la construction (IFC) dans Autodesk Building Systems	116
Figure 20	Exemple de l'intégration des informations dans les outils du « Module 10 – Planification » du SGIPC	124
Figure 21	Exemple de caméra Web tiré du site Internet concernant la construction du nouveau pavillon de l'École de technologie supérieure (ÉTS)	135
Figure 22	Illustration des espaces de travail interactifs pour les systèmes de gestion	141

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SIGLES

3D	Trois Dimensions
A/I/C	Architecture, ingénierie et construction
BPM	Business process management
CACP	Computer assisted construction planning
CADD	Computer aided design and drafting
CAO	Conception assistée par ordinateur
CAPM	Computer-aided project management
CDCS	Construction document classification system
CIC	Computer-integrated construction
CICsS	Construction information classification systems
CIM	Computer integrated manufacturing
CLIENT	Construction linked information exchange and network technology
CO	Change order
CSST	Commission de la santé et de la sécurité du travail
DBMS	Database management systems
DFD	Data flow diagram (Diagramme de flux de données)
DFI	Diagramme de flux d'information
DP	Data processing
EDI	Electronic data interchange/Échange de données informatisé
EPC	Engineering, procurement, and construction
FIRS	Field inspection reporting system
FM	Facilities management
GUI	Graphical user interface
IAI	International alliance for interoperability
ICT	Information and communication technology
IDB	Integrated database
IE	Information Exchange

IFC	Industry foundation classes
IS	Information systems
ISO	International Organization for Standards
KBES	Knowledge-Based Expert Systems
MICS	Management information-control systems
NTIC	Nouvelles technologies de l'information et de la communication
OCCS	Overall construction classification system
ODBC	Open Database Connectivity
PMI	Project management institute
PMICS	Project management information control system
PMIS	Project management information systems
PSWS	Project-specific Web sites
RFI	Request for information
RMS	Resident management system
SDAI	Standard Data Access Interface
SDEF	Standard Data Exchange Format
SDLC	System development life cycle
SGBD	Système de gestion de bases de données
SIG	Système d'information de gestion
SOAP	Simple Object Access Protocol
STEP	STandard for the Exchange of Product model data
SUC	Système unitaire de communication
TI	Technologie d'Information
TITS	Total information transfer system
TOPS	Total-Project Systems
USACE	U.S. Army Corps of Engineers

INTRODUCTION

L'environnement d'un projet de construction est caractérisé par la multiplicité d'intervenants et la diversité des tâches à accomplir. Ces tâches couvrent l'ensemble des activités liées entre autres à la conception, à la réalisation et à l'exploitation d'un ouvrage. Il en résulte de manière systématique une énorme quantité d'informations caractérisées à leur tour par une grande diversité. Il s'agit à titre d'exemple d'informations techniques, financières et logistiques. Les documents qui contiennent ces informations sont très nombreux et comptent entre autres les dessins techniques, les devis ainsi qu'une grande variété de correspondances.

La gestion des projets de construction est donc une opération très complexe fortement basée sur les diverses informations provenant de différents partenaires. La revue de littérature assure que cette gestion ne peut se dérouler sainement sans un accès collectif aux informations pertinentes et continuellement mises à jour. De même, l'efficacité de la communication et de la coordination entre ces différents intervenants doit être garantie en tout temps durant le cycle de vie du projet.

C'est à cause de cette nature complexe que l'industrie de la construction se trouve dans l'obligation de développer des solutions efficaces pour la gestion de ses projets. Ce besoin s'accroît dans une ère caractérisée par une évolution sans précédent dans le domaine des technologies de l'information comme l'Internet par exemple.

Ce mémoire consiste à proposer un système intégré de gestion globale de projets de construction appelé SGIPC (Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction), basé sur l'utilisation de l'Internet et profitant des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC). Ce système représentera un outil de gestion capable de gérer le projet au niveau des différents intervenants et pas juste au niveau de l'entreprise comme c'est le cas des systèmes actuels sur le marché. En plus, il

sera caractérisé par une grande flexibilité à l'égard des autres outils de gestion en ce qui concerne le support du format et le respect de l'interface. Ceci permettra d'assurer l'intégrité du système et de promettre une coordination globale, efficace et avant tout simple au niveau des intervenants et des diverses activités.

Les caractéristiques ou les composantes du SGIPC ne sont pas révolutionnaires si elles sont vues chacune de façon individuelle. Pourtant si elles sont jugées comme un ensemble unique, ces composantes représenteront un système qui n'est pas assez développé sinon qui n'existe pas encore sur le marché. Plusieurs organismes, dont Citadon, Primavera, l'université de British Columbia et les U.S. Army Corps of Engineers poursuivent déjà des programmes pour produire de tels systèmes. Le but de ce travail est donc de collaborer à cet effort de recherche.

Cependant la tâche du développement complet d'un tel système dépasse de loin la capacité du travail individuel et ainsi l'envergure de ce mémoire. L'objectif final de ce travail n'est pas alors de présenter le système en question sous forme de produit final prêt au lancement dans le domaine, mais toutefois de définir sa structure générale. Ceci servira de base solide pour un développement final, dans une phase ultérieure comme un programme de développement subventionné ou une thèse de doctorat par exemple.

Pour atteindre ces objectifs, la démarche suivie portera essentiellement sur deux volets : Premièrement une revue de littérature intensive qui permettra de connaître l'avancement des travaux similaires de développement, que ce soit dans le secteur académique ou commercial. Cette revue sera accompagnée par une analyse des produits actuels sur le marché afin de déterminer leurs points positifs et leur points négatifs et ainsi déduire avec exactitude les besoins de l'industrie dans ce domaine. Deuxièmement la définition et le développement du SGIPC, qui consisteront principalement à faire toutes les analyses préalables à la conception, ainsi que les études concernant la définition du système. Ceci inclut entre autres les fonctions requises, les spécifications générales et la

faisabilité technique du SGIPC. L'étude se fera toutefois sans franchir la « zone grise » qui se trouve entre la conception d'un système vue de la perspective fonctionnelle d'un utilisateur et le vaste monde de la programmation informatique.

L'existence d'un système global comme le SGIPC, ayant la capacité d'intégrer les diverses fonctions des différents outils de gestion actuels sur le marché, servira à combler une grande lacune dans le domaine de la gestion de projets de construction. Le « ciment » utilisé pour cette intégration étant l'Internet; la charge de gestion ainsi que celle de la coordination sera sérieusement réduite, et qui dit simplification de la charge de travail, dit économie de temps et donc des coûts.

Dans le même esprit des programmes de recherches présents dans d'autres organismes académiques, ainsi que des efforts effectués dans le domaine de logiciels commercialisés, cette étude contribuera au perfectionnement des techniques de la gestion des projets de construction...

CHAPITRE 1

PRÉSENTATION DU CONTEXTE DE LA RECHERCHE

L'industrie de l'architecture, ingénierie et construction (A/I/C) est une industrie complexe et avant tout très fragmentée où le grand nombre d'intervenants fait du besoin de la coordination un très grand défi (Wesek et coll., 2000). De même le succès d'un projet de construction (dans ce document le mot « construction » sera souvent utilisé au lieu de « architecture, ingénierie et construction » pour la simplicité) dépend profondément de la pertinence et de la transmission des informations en temps opportun (Rojas et Songer, 1999B). L'objectif de ce chapitre est d'effectuer une étude préliminaire afin de situer le Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) par rapport aux besoins de l'industrie de la construction.

1.1 État de la question

Les systèmes intégrés de gestion s'imposent actuellement comme un élément stratégique pour l'entreprise moderne tant dans sa recherche d'efficacité organisationnelle que dans sa recherche de compétitivité sur les marchés. Ceci coïncide avec une évolution sans précédant dans le domaine des technologies de l'information, dont le meilleur exemple est l'évolution de l'Internet qui est devenu un outil stratégique de très grand potentiel pour la gestion de projets.

Dans le contexte compétitif du secteur de la construction cette nouvelle génération de systèmes devient un point d'appui incontournable pour accompagner la mise en place d'une gestion rationnelle. Cette gestion doit donc répondre, d'une part, à la complexité croissante des projets de construction et, d'autre part, au besoin d'un contrôle plus fin des paramètres critiques d'un projet (qualité, coût, délai...). Ceci implique la maîtrise d'une information très détaillée, dense et hautement intégrée, nécessitant de nouvelles

approches de conception et de grandes ressources technologiques de gestion informatisée.

La revue de littérature a clairement prouvé que l'industrie de la construction est loin d'être inconsciente de cette évolution. Plusieurs organismes (Citadon, Primavera et l'université de British Columbia) poursuivent de sérieux programmes de recherches qui ont tous le but commun de produire un système intégré de gestion et de profiter des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC). Bien que beaucoup de ces efforts aient à peine commencé à voir la lumière, l'avancement réalisé durant les cinq dernières années est sans doute considérable. Toutefois cet avancement fait face à plusieurs défis comme détaillé dans les sections suivantes.

1.1.1 Les défis faisant face à la gestion de projets

Les projets d'aujourd'hui sont beaucoup plus complexes que ceux du passé :

- a. ils impliquent des capitaux d'investissements plus grand;
- b. ils renferment plusieurs disciplines;
- c. ils font appel à des participants largement dispersés;
- d. ils possèdent des échéanciers très serrés;
- e. ils se conforment à des standards de qualités très strictes.

Ces facteurs additionnés au développement rapide des NTIC ont influencé les pratiques de gestion de projets pour profiter des nouveaux outils émergents. L'industrie de la construction cherche des changements pour améliorer la qualité, la compétitivité et la rentabilité des projets. Ce climat de changement souligne le fait que les pratiques actuelles de gestion ne rencontrent pas les nouvelles exigences. Selon Alshawî et Ingirige (2003) l'environnement de la construction est influencé par les facteurs suivants :

- a. la globalisation du marché : les barrières tarifaires s'écroulent virtuellement et la main-d'œuvre est devenue plus mobile. Quelques entreprises étrangères sont capables de rentrer en compétition avec les entreprises locales de point de vue prix, qualité et échéancier;
- b. les forces économiques : ce facteur peut sérieusement affecter les maîtres de l'ouvrage et par conséquent influencer les objectifs initiaux de leurs projets;
- c. l'augmentation de la complexité des projets : la complexité a augmenté à cause de l'importance de la portée des projets et de la fragmentation des participants à travers le monde. Ces participants devant communiquer ensemble pour une exécution efficiente du projet. La complexité est reflétée par le grand nombre de spécialistes qui contribuent au processus de prise de décision;
- d. le besoin de réaliser des résultats plus rapides avec les mêmes ressources disponibles, ce facteur met une très grande pression sur toute l'équipe du projet;
- e. les modifications rapides à la portée du projet pour augmenter les bénéfices;
- f. le perfectionnement du maître de l'ouvrage : ceci est une raison majeure de l'amélioration de la productivité en construction. Les clients demandent une meilleure qualité à des prix moins élevés. Cela a créé un marché où la compétition se déroule avec des marges moins élevées et par conséquent requiert une meilleure gestion.

1.1.2 Les limitations des pratiques actuelles de gestion

Les pratiques actuelles de gestion possèdent plusieurs limitations pour affronter les défis ci-haut mentionnés. Ces limitations peuvent être catégorisées comme suit (Alshawhi et Ingirige, 2003) :

1.1.2.1 Le manque d'une communication adéquate

Les pratiques actuelles de gestion sont souvent isolées et traitent des problèmes reliés aux phases individuelles des projets. Les situations suivantes sont causées par ce problème :

Dépenses additionnelles dues au besoin de refaire certains travaux - Ce problème survient à cause du conflit d'informations non-reçues au moment opportun. La cause principale est le manque d'uniformité concernant le flux d'informations entre les différents intervenants d'un projet de construction. Selon le *Built Environment and Transport Panel*, 30% des travaux refaits en construction est attribuable aux problèmes reliés aux processus. Par exemple, les modifications au design faites par les architectes/clients ne sont pas communiquées aux entrepreneurs efficacement. Ceci impose des travaux à refaire et influence négativement le budget des clients.

Le manque d'intégration concernant la chaîne d'approvisionnement - Les pratiques actuelles de commande, d'achat et de facturation impliquent beaucoup de délais de livraison. Elles impliquent aussi moins de collaboration avec les fournisseurs et une faible intégration entre l'approvisionnement et les logiciels de comptabilité. Par exemple, beaucoup de délais résultent des systèmes d'approvisionnement actuels qui ne sont pas bien intégrés avec l'échéancier du projet. Ce manque d'intégration influence le contrôle des matériaux de construction emmagasinés à cause de l'incapacité d'avoir des prédictions précises des ressources du projet. La cause principale de ce problème est la mauvaise communication et coordination entre les participants de la chaîne d'approvisionnement et l'absence d'un système intégré pour satisfaire ce besoin.

1.1.2.2 L'introduction de l'automatisation aux pratiques de gestion

Durant les années 90 il y a eu un développement technologique très important. Des paquets de logiciels très puissants ont été produits pour l'industrie de la construction. L'utilisation de ces logiciels a entraîné une amélioration limitée à leur niveau local d'implantation, comme la planification, l'estimation et la conception. Toutefois cette utilisation a rapporté des bénéfices limités au niveau du projet. Les situations suivantes sont causées par ce problème :

Communication électronique versus culture - Bien que plusieurs entreprises de construction utilisent les technologies de l'information pour améliorer des processus/applications spécifiques, l'industrie de la construction garde toujours la tradition d'émettre des copies papiers de ses documents électroniques. Cette tradition est justifiée par le poids légal des documents en papier. Ce mélange de documents électroniques et copies papier rend difficile la communication des bonnes informations comme et quand il le faut.

Le manque d'intégration des logiciels - Un grand pourcentage des logiciels actuels est centré sur des tâches spécifiques comme la planification et le contrôle du projet, l'estimation, la conception. Ces applications isolées ont entraîné une large expansion d'applications autonomes sans ou avec des liens de communications limités. L'industrie de la construction manque de systèmes intégrés qui facilitent le flux d'intégration entre les différentes phases du projet.

Le manque d'une plate-forme standard pour l'échange d'information - Ce problème « technique » complique le flux d'information entre les appareils et les logiciels incompatibles. De ce fait les systèmes de gestion utilisés actuellement ne prennent pas en considération le besoin des intervenants largement dispersés dans les grands projets de construction.

1.1.2.3 Le manque de processus standard de gestion de projet

Les projets de construction sont habituellement gérés selon l'expérience des directeurs de projets. Ceci entraîne une grande variation dans les pratiques de gestion et peut avoir un impact majeur sur la capacité de coordonner et de contrôler les informations du projet (Alshawhi et Ingirige, 2003).

1.2 Besoins de l'industrie de la construction

La section précédente montre que l'industrie de la construction a besoin d'un outil capable d'intégrer les diverses tâches de gestion d'un projet de construction, qui assure la coordination entre les intervenants et qui garantie une gestion efficace des informations durant tout le cycle de vie du projet. Il s'agit ici d'un système informatique sophistiqué; ce système devra en résumé répondre à deux critères principaux :

- Le premier se trouve au niveau de l'intégrité des différentes tâches de gestion;
- Le deuxième se trouve au niveau de la coordination et de la communication.

Concernant le premier critère, l'étude préliminaire indique que beaucoup de ces tâches sont déjà supportées par des outils informatiques. Cependant c'est au niveau de l'intégrité entre ces outils qu'existe la lacune. Quant au deuxième critère, l'Internet ouvre à présent de nouveaux horizons pour le développement des systèmes de gestion. L'industrie de la construction a donc besoin de dépasser la phase où on reproduisait simplement les procédures traditionnelles en des procédures électroniques semblables. Ceci implique une compréhension profonde des dimensions du matériel électronique caractérisé par la possibilité d'une communication parfaite entre une personne et une machine, une machine et une autre ou une personne et une autre à travers une machine (Finch, 2000). Il est à noter que ces deux critères seront étudiés en profondeur dans les chapitres suivants.

1.3 Objectifs de développement

L'objectif principal de ce mémoire est de proposer un système intégré de gestion globale de projets de construction, basé sur l'utilisation de l'Internet et profitant des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC). Ce système représentera un outil unique de gestion capable de gérer le projet au niveau des différents intervenants et pas juste au niveau de l'entreprise comme c'est le cas pour la plupart des systèmes actuels sur le marché.

Pour aboutir à ce résultat, les objectifs suivants seront respectés :

- a. déterminer avec précision l'état d'avancement actuel dans le domaine, que ça soit dans le secteur académique ou commercial;
- b. présenter une étude de l'environnement des projets de construction basée sur des analyses des éléments principaux comme les intervenants, les documents et les pratiques de gestion;
- c. définir la structure générale du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC);
- d. proposer des améliorations aux systèmes actuels et si possible introduire de nouvelles perspectives pour les études futures;

Frantzen et McEvoy (1988), dans *A game plan for systems development*, discutent du chevauchement qui existe entre l'analyse et la conception des systèmes en indiquant que, pratiquement, il n'existe pas de frontière précise entre les deux processus. Comme précédemment mentionné dans l'introduction du présent document, l'objectif de ce travail n'est pas de présenter le système en question sous forme de produit final prêt au lancement dans le domaine, mais toutefois de définir sa structure générale qui servira de base solide pour un développement final, dans une phase ultérieure. En d'autres termes, la portée de ce travail s'arrêtera là où la programmation devra prendre la relève tout en

assurant une transmission solide des exigences requises et des résultats des analyses et des études effectuées.

Restera à mentionner que l'objectif est de présenter un système principalement orienté pour servir des projets de grande envergure, comme de grands projets internationaux ou des énormes projets de construction où la complexité des opérations exige des systèmes de gestion extrêmement performants. Toutefois la modularité du SGIPC comme expliquée ultérieurement fera que cet objectif ne soit pas une barrière entre l'implantation de tel système dans des projets moyens, même si sa capacité n'est pas pleinement utilisée.

1.4 Problématiques concernant le domaine de recherche

Le développement du SGIPC est une tâche qui implique essentiellement un croisement avec le domaine informatique. Ce dernier se caractérise par des changements rapides et continuels qui ont lieu dans les technologies du matériel, des logiciels, des données et du réseautage informatique. Il est certain que les progrès informatiques vont continuer de s'accélérer et que le développement des technologies et des applications basées sur l'Internet constituera l'un des principaux éléments dynamiques dans le domaine au XXI^e siècle (O'Brien, 2001).

Une revue de l'état d'avancement dans le domaine forme une partie fondamentale des études préalables au développement du SGIPC. Ceci n'a pas été une tâche simple dans le contexte très évolutif des domaines de l'informatique et des technologies de l'information. Le fait de vouloir présenter une étude concernant toutes les innovations à date, s'est normalement transformé en un effort interminable sinon impossible. L'exigence d'inclure de nouveaux éléments se renouvelait automatiquement par chaque visite à une bibliothèque ou un site Internet des systèmes commercialisés.

De même il est important de mentionner que cette problématique a été énormément accentuée par la période spécifique où ce travail de recherche a été effectué¹. Une période transitoire où l'industrie de la construction fut envahie par une vague de produits prétendant tous être la solution optimale des logiciels basés sur l'utilisation de l'Internet. Des produits qui selon O'Brien (2000) sont des outils très récents qui utilisent une nouvelle technologie et dont les limites d'exploitation sont encore loin d'être atteintes malgré les annonces extravagantes de quelques entreprises.

Finalement la nature compétitive du domaine des technologies de l'information, l'introduction très récente des systèmes commercialisés et l'ampleur des investissements en question ont rendu parfois très compliqué l'obtention de versions pour fin d'analyse. Le cas échéant, l'étude sera faite à travers les informations publiées. Toutefois ces informations dépassent parfois les capacités réelles du logiciel comme précédemment mentionné.

1.5 Méthodologie de la recherche

La méthodologie de recherche utilisée pour ce mémoire porte principalement sur les deux volets suivants :

1.5.1 Détermination de l'état de développement dans le domaine

Le but de cette première phase de recherche est de déterminer avec exactitude l'avancement actuel concernant les systèmes de gestions semblables au SGIPC. Ceci implique une étude approfondie de plusieurs domaines. Cette étude consiste essentiellement en trois étapes :

¹ 2002 – 2003

- a. une revue de littérature intense dans le but de couvrir le maximum possible des divers ouvrages traitant le sujet. De même il sera indispensable d'effectuer une revue de la littérature traitant d'autres domaines connexes comme les technologies récentes de l'information, les systèmes d'information des entreprises et les processus de conception;
- b. une analyse des systèmes commercialisés les plus importants vu la contribution majeure du secteur commercial dans le développement du domaine. Cette analyse consistera à effectuer en premier lieu un survol des produits actuels offerts sur le marché afin d'en choisir les plus importants. Ensuite d'effectuer une présentation de ces derniers concernant leurs caractéristiques principales, leurs points forts et leurs points faibles;
- c. une revue des programmes de recherche œuvrant dans le développement de systèmes similaires, comme le *Resident Management System* (RMS) des « *U.S. Army Corps of Engineers* » et le *Total Project Systems* (TOPS) de l'université de British Columbia.

1.5.2 Développement du SGIPC

La seconde phase de ce mémoire concerne le développement d'un système de gestion basé sur les résultats de la recherche précédemment effectuée. Ce travail consiste essentiellement en deux étapes selon la méthodologie suivante :

1.5.2.1 Les analyses préalables à la conception du système

Cette partie complète les données nécessaires pour la définition du SGIPC. Ceci inclut entre autres les études suivantes :

- a. la justification de l'approche théorique utilisée selon les références;
- b. le choix de l'outil de conception;
- c. l'étude des différents intervenants dans un projet de construction;

- d. l'étude des fonctions de gestion de projets;
- e. l'analyse des différents documents circulant dans un projet de construction;
- f. les avantages et désavantages des systèmes semblables au SGIPC;
- g. une étude de cas;
- h. les matrices d'analyse.

1.5.2.2 La définition et le développement du SGIPC

Selon les objectifs précédemment mentionnés, cette étape consiste entre autres en une étude des fonctions requises par le système, une définition de ses spécifications générales ainsi qu'une présentation de ses différents modules. De même, une étude de faisabilité technique est effectuée afin d'assurer une approche réaliste à la méthodologie utilisée.

CHAPITRE 2

REVUE DE L'ÉTAT DU DÉVELOPPEMENT DANS LE DOMAINE DE LA GESTION INFORMATISÉE DES PROJETS DE CONSTRUCTION

2.1 Revue de la littérature

La revue de la littérature effectuée durant cette recherche peut être divisée en trois groupes principaux de documents :

- a. des documents rédigés spécifiquement pour le domaine de la construction;
- b. des documents traitant le domaine de la gestion en général;
- c. des documents plus techniques concernant surtout le domaine de l'informatique et des technologies de l'information.

Dans tous les cas, la littérature existante s'est prouvée très abondante, les sections suivantes en sont une synthèse.

2.1.1 Terminologies et définitions de base

L'industrie de la construction a commencé dernièrement à adopter les plus récentes technologies de l'information et des communications (Caldas et coll., 2002). De nombreuses recherches sont en cours de développement dans le domaine des systèmes intégrés de gestion de projets de construction (Froese et coll., 1997A). Ceci a récemment produit un grand nombre de nouvelles appellations, qui malgré la ressemblance de leur contenu dans beaucoup de cas, ont généré à leur tour une énorme quantité d'abréviations. La liste des abréviations et sigles au début de ce document dépasse le contenu utilisé dans ce mémoire dans le but de dresser une liste de toutes les

abréviations générées récemment dans le domaine. Restera donc à souligner les définitions de base suivantes :

2.1.1.1 Système

Un système est un groupe de composantes interreliées qui travaillent ensemble à la réalisation d'un objectif commun en acceptant des intrants et en produisant des extrants dans le cadre d'un processus de transformation organisé (O'Brien, 2001).

2.1.1.2 Système d'information

Un système d'information est un ensemble d'activités qui saisissent, stockent, transforment et diffusent des données sous un ensemble de contraintes appelé l'environnement du système. Pour sa réalisation, un système d'information utilisera des technologies de l'information plus ou moins sophistiquées pouvant aller de la simple calculatrice dans le cas de systèmes très peu sophistiqués jusqu'à des réseaux d'ordinateurs extrêmement puissants, utilisant des interfaces de type multimédia (Rivard et Talbot, 2001).

2.1.1.3 Système intégré de gestion

D'une façon générale, un système intégré de gestion se définit comme un système d'information faisant usage de ressources communes disponibles pour fournir aux responsables, à tous les niveaux, les informations nécessaires pour qu'ils puissent prendre, en temps opportun, les décisions concernant leurs activités et leurs responsabilités (Gilbert et coll., 1984).

2.1.1.4 Technologies de l'information (TI)

Les technologies de l'information désignent le matériel, les logiciels, les télécommunications, la gestion de bases de données et autres techniques de traitement des données qui sont utilisées dans les systèmes d'information informatisés (O'Brien, 2001).

2.1.2 Historique

L'industrie de la construction a souffert durant plusieurs années des informations incomplètes, pas mises à jour et difficiles à atteindre. Il était inconcevable jusqu'à un passé très récent de contrôler et de gérer électroniquement le flux d'information en construction (Stewart et Mohamed, 2003).

Selon Wesek et coll. (2000), afin de coordonner le grand nombre d'intervenants, l'industrie de la construction s'est basée longtemps sur des méthodes traditionnelles de communication. Ces méthodes qui sont typiquement très intenses de point de vue de la durée et de la main-d'œuvre ont été une cause directe de l'augmentation des coûts des projets de construction. La figure 1 schématise le chaos traditionnel de la communication et du flux de travail influençant l'industrie de l'A/I/C (Architecture/Ingénierie/Construction).

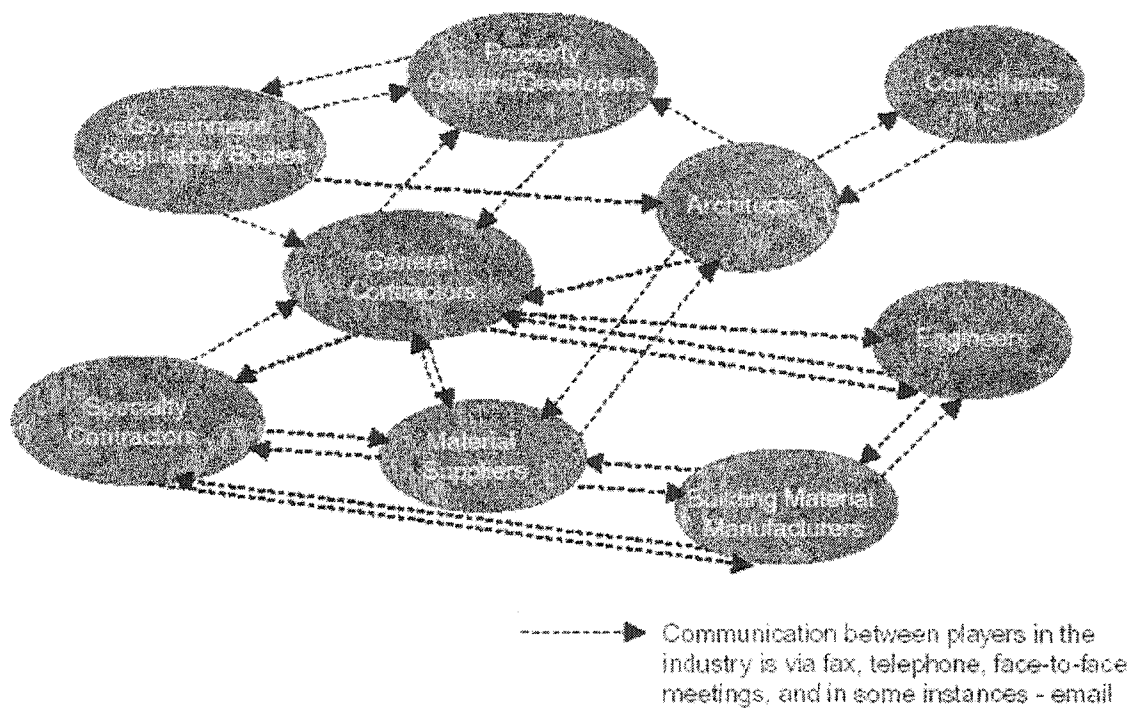


Figure 1 Chaos traditionnel de la communication influençant l'industrie de l'A/I/C (adapté de Wesek et coll., 2000)

La gestion informatisée des projets de construction emploie l'informatique pour réaliser plusieurs tâches de gestion comme l'estimation, la planification et le contrôle des coûts. Froese (1992), dans son document *Integrated Computer-Aided Project Management through Standard Object-Oriented Models*, indique que le développement historique des logiciels de gestion commercialisés qui ont connu une grande expansion dans les années 80 est essentiellement celui des systèmes de planification. Le paragraphe suivant est une synthèse adaptée du même document.

Avant les techniques d'analyse des réseaux et « la gestion moderne de projets » à la fin des années 50, la planification et la gestion en construction étaient essentiellement basées sur l'intuition et l'expertise du personnel de chantier. Cette première génération de la planification de projets fut remplacée par une seconde génération de techniques de calcul des réseaux assistées par ordinateur. Ces systèmes informatiques devinrent

tellement sophistiqués et inflexibles envers la participation du facteur humain dans la planification. Ceci impliqua l'introduction d'une troisième génération au début des années 70, une génération qui fut plus tard implantée dans des systèmes de grandes envergures et qui fut dans les années 80 la base des fameux systèmes de planification conçus pour les micro-ordinateurs. Cependant l'utilisation des ordinateurs dans des domaines plus avancés, comme la gestion des bases de données, l'analyse de risque et les systèmes experts, ne fut pas explorée par les petites entreprises (Froese, 1992).

Selon Caldas et coll. (2002) le concept de la gestion informatique intégrée en construction (CIC, de *computer-integrated construction*) fut essentiellement dérivé de la gestion informatique intégrée du secteur industriel (CIM, de *computer-integrated manufacturing*). C'est cependant grâce aux produits commercialisés et aux grandes entreprises d'ingénierie et de construction, comme Stone, Webster et Bechtel que des systèmes intégrés de gestion ont été développés pour gérer les projets de grande envergure (Finch, 2000; Froese, 1992).

La figure 2 illustre d'une façon générale l'historique de l'expansion des rôles des systèmes d'information informatisés, toutefois il est à noter que le domaine de la construction a toujours été accusé de ne pas évoluer aussi rapidement que celui de l'informatique (Retik et Langford, 2001).

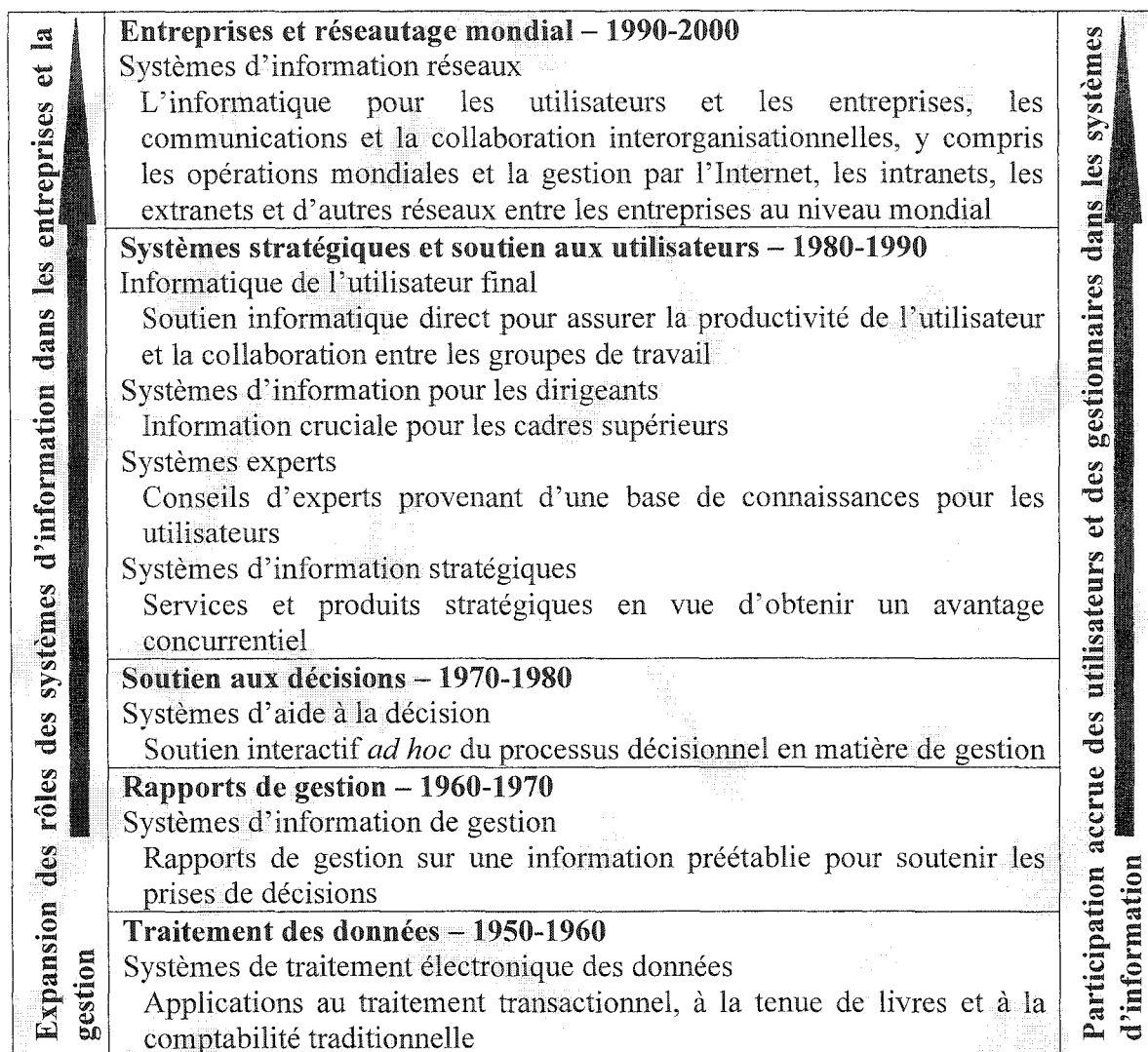


Figure 2 Historique des systèmes d'information informatisés
(adapté de O'Brien, 2001)

2.1.3 Situation actuelle et tendances futures

Si traditionnellement les tâches de gestion faisaient l'objet de responsabilités séparées et bien délimitées, pour lesquelles des mandats précis étaient attribués, les tendances actuelles, confirmées par plusieurs demandes explicites de grands maîtres d'ouvrage, vont vers une intégration totale de l'ensemble de ces tâches (Zertiti, 1997).

Jung et Gibson (1999), dans le *Planning for computer integrated construction*, indiquent que la gestion informatique intégrée en construction n'est pas un système spécifique, mais plutôt c'est un large concept stratégique. Selon eux des efforts rigoureux pour l'utilisation de l'informatique ont eu lieu peu après que l'industrie de la construction a commencé à chercher des outils pour améliorer la productivité. Cependant, comparée aux autres secteurs, l'utilisation actuelle de l'informatique en construction n'est pas très avancée, ce qui va de même avec les dépenses relativement très limitées des entreprises de construction dans le domaine des systèmes d'information. En plus, les logiciels utilisés existent indépendamment les uns des autres et possèdent une petite sinon nulle capacité de communiquer ensemble.

Froese et coll. (1997B) soulignent cette situation en expliquant que si l'utilisation de l'informatique en construction est répandue, elle n'est généralement pas intégrée que dans des projets très spécifiques. Les outils informatiques les plus utilisés dans les projets de construction sont les bases de données simples, les tableurs, les logiciels de traitement de texte et ceux du dessin technique. Les logiciels d'estimation, de contrôle de coûts et de planification sont aussi utilisés, toutefois les applications avancées de ces derniers ne sont utilisées que rarement, comme par exemple l'application des ressources et la projection du cash-flow.

En résumé, plusieurs fonctions de la gestion de projets de construction sont adéquatement soutenues par des logiciels. Toutefois l'intégration de ces systèmes informatisés demeure un domaine actif de recherche dont les lignes principales ne sont pas encore clairement établies. Russell et Froese (1997) vont même plus loin en accusant l'utilisation non-intégrée de l'informatique en construction de produire des informations et des processus fragmentés, redondants, incomplets et inconsistants.

La recherche a montré que la récente revue de littérature concernant les pratiques actuelles est très abondante vu les efforts intensifs de développement. Toutefois un chercheur ne tardera pas à en déduire que trois axes principaux influencent l'orientation du monde actuel de la gestion informatisée des projets de construction et méritent absolument d'être soulignés : l'intégration, la communication et l'Internet.

2.1.3.1 L'intégration

Sanvido et Medeiros (1990) définissent l'intégration de la gestion informatique comme étant un meilleur usage des ordinateurs électroniques pour intégrer la gestion, la planification, la conception, la construction et l'opération des installations construites. Jung et Gibson (1999) en présente une définition plus compréhensive en disant que c'est l'intégration des stratégies communes, de la gestion, des systèmes informatiques et des technologies de l'information à travers tout le cycle de vie du projet et les différentes fonctions requises. Basés sur ces définitions, ils développent une structure consistant en trois variables : le cycle de vie du projet, les différentes fonctions et les systèmes d'informations. La figure 3 schématise cette structure.

Dans le même esprit, Teicholz (1999) indique que l'intégration de l'information possède les 3 dimensions suivantes :

- a. intégration horizontale des disciplines multiples qui prennent lieu dans un projet de construction;
- b. intégration verticale des phases multiples représentant le cycle de vie du bâtiment;
- c. intégration longitudinale à travers le temps liée aussi à la capture des informations qui améliore la performance et la prise de décision dans le futur.

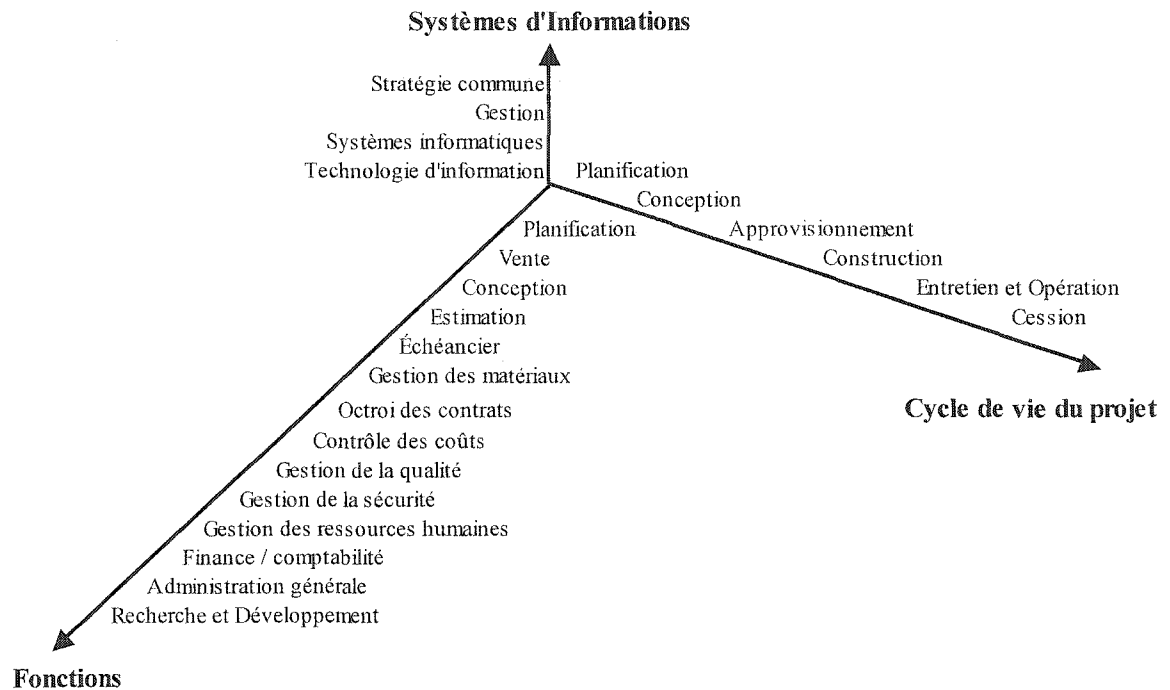


Figure 3 Structure de l'intégration de la gestion informatique
(adapté de Jung et Gibson, 1999)

De même, selon Froese (1992), il existe plusieurs aspects de l'intégration des systèmes :

- l'intégration physique ou plutôt la connectivité qui entraîne la liaison de tous les ordinateurs par un réseau;
- l'intégration des logiciels qui permet aux applications d'interagir les unes avec les autres;
- l'intégration des langages de programmation et des formats de fichiers pour permettre aux logiciels d'échanger les informations;
- l'intégration des informations qui implique le partage des mêmes informations entre plusieurs logiciels, utilisateurs et entreprises dans un même projet. L'intégration des informations est l'élément le plus essentiel du concept de l'intégration.

En résumé, la revue de littérature a indiqué qu'un système peut être jugé comme étant intégré quand ses applications couvrent toutes les fonctions requises durant tout le cycle de vie du projet, et que ces applications possèdent la capacité de communiquer ensemble et partagent une base commune de données. Cette caractéristique de communication et de partage d'informations a mené à l'importance accordée aujourd'hui à la communication et l'Internet comme expliqué dans les points suivants.

2.1.3.2 La communication

Bien que des nouvelles techniques de gestion de projet aient évolué, il y a eu du temps avant de réaliser que la communication joue un rôle vital dans la solution de problèmes. Selon Alshawi et Ingirige (2003), la communication consomme de 75 à 90 % du temps d'un directeur de projet et est la cause essentielle de la majorité des projets en échec. Les informations doivent donc être disponibles et mises à jour en tout temps. De même, l'étendue de la distance physique entre les intervenants des projets, dispersés à travers les frontières internationales, est la cause principale des délais de prise de décision. Les sérieux problèmes de communication allant des délais à la déformation des messages mettent beaucoup de pression sur la gestion de projet en construction. En outre la nature croissante des dépenses sur les moyens traditionnels de communication à longue distance a incité la gestion de projet en construction à chercher d'autres alternatives plus viables. Cet accent mis sur la communication a entraîné le développement de nouvelles technologies de réseautage, de partage d'informations, de bases de données, etc. Toutefois l'industrie de la construction en général adopte lentement les technologies Internet comparée à l'industrie manufacturière ou le marché du détail. Cependant cette situation change grâce au nombre croissant d'entreprises de construction qui commencent à réaliser les bénéfices d'une meilleure communication entre les participants de projets.

2.1.3.3 L'Internet

Les dirigeants d'entreprises, les savants et les experts en technologie s'entendent sur l'importance du grand changement survenu dans les technologies de l'information. Il s'agit de la croissance phénoménale de l'Internet, des technologies et des applications qui y sont reliées ainsi que de leur effet sur les entreprises, la société et les technologies de l'information en général (O'Brien, 2001).

Selon O'Brien (LaPlante, 1997), cette matrice interconnectée d'ordinateurs, de données et de réseaux, qui relie des dizaines de millions d'utilisateurs dans plus d'une centaine de pays, se situe au-delà des frontières et des limites traditionnelles. Le lien avec une infrastructure mondiale en direct offre aux entreprises la possibilité, comme jamais auparavant, d'accéder à de nouveaux marchés, de réduire leurs coûts et d'accroître leurs marges bénéficiaires, pour une somme qui représente un pourcentage minime de leur budget de communication. L'Internet constitue une voie interactive qui permet la communication et l'échange direct de données entre tous ceux qui participent dans une entreprise.

Dans son livre *Net Gain in Construction*, Edward Finch (2000) indique que l'Internet a provoqué une méthode de travail radicalement nouvelle dans le domaine de la construction. À présent les entreprises ne cherchent plus à reproduire des « miroirs » électroniques de leurs anciennes pratiques et les gérants commencent à réaliser que la technologie offre à présent des moyens complètement nouveaux de travailler dans le domaine.

Stewart et Mohamed (2003) expliquent que puisque l'Internet est un système mondial pour l'échange et la distribution des informations de libre-format, il représente alors une plate-forme idéale pour bâtir les systèmes d'informations. L'expansion et l'utilisation répandue de l'Internet, généralement pour la communication et le commerce

électronique, en font un outil précieux pour le partage des informations, le transfert des fichiers et toutes les tâches associées à la communication.

Qu'il s'agit de sites Web spécifiques d'un projet (PSWS de *Project-specific web sites*) ou de systèmes centrés sur le Web (*Web-centric systems*), les auteurs sont tous en faveur de l'utilisation de l'Internet. Les avantages suivants sont parmi les plus soulignés dans la littérature récente :

- a. une communication beaucoup plus efficace à tous les niveaux et tout l'ensemble des « réductions » qui en résulte : durée et coûts du projet;
- b. les données sont entrées à la source, ce qui élimine toutes les activités supplémentaires de les rentrer encore une fois, les mettre à jour et les redondances qui en résultent;
- c. le flux d'informations traditionnel d'un intervenant à un autre n'existe pas puisque les données mises à jour résident sur le serveur et sont toujours disponibles à tous les participants au processus.

Thorpe et Mead (2001) soulignent ces avantages à travers une comparaison entre les deux modèles de communication : le modèle traditionnel « pousser » d'une part et le modèle Internet « retirer » de l'autre (*Push and Pull communication models*). En utilisant les technologies de ce dernier, l'utilisateur peut accéder aux informations pertinentes en utilisant un simple logiciel de navigation, ce qui évite la transmission des données superflues.

Le tableau I présente les différences entre ces deux modèles de distribution des informations.

Tableau I

La distribution des informations
« Pousser » contre « Retirer »

Des informations « juste au cas où » (Pousser)	Des informations « juste au bon moment » (Retirer)
Concernant d'autres phases du projet	Concernant la bonne phase du projet
Grand volume	Petit volume
Des données hors de propos	Des données sélectionnées par l'utilisateur
Centrées sur l'organisation	Centrées sur le projet
Formats incohérents	Format commun (HTML)

(Adapté de Thorpe et Mead, 2001)

Malgré ces avantages il importe de mentionner selon William J. O'Brien (2000) que la génération actuelle des outils Internet n'a pas été conçue avec assez d'attention aux activités particulières de certains individus. Par conséquent, ces derniers ont trouvé une grande difficulté à incorporer ces outils dans leur travail quotidien. En plus, les outils offerts sur le marché sont critiqués de ne pas réellement offrir à l'industrie ce qu'ils prétendent offrir dans leurs brochures de promotion. Ces données seront ultérieurement comparées aux résultats de l'étude pratique des systèmes actuels.

2.1.4 Notions informatiques importantes

Comme précédemment mentionné la programmation informatique ne fait pas partie de l'envergure de ce travail. Toutefois cette revue de littérature ne peut pas se voir complète sans un chevauchement avec le domaine informatique. Les points suivants présentent,

d'une part, les notions de bases indispensables à l'intégrité de cette étude et, d'autre part, les efforts réalisés spécifiquement pour le domaine de la construction :

2.1.4.1 La problématique de l'échange des données

Les références consultées pour cette section sont le site Web de L'Alliance Internationale pour l'Interopérabilité (IAI) et le document « Comprendre les concepts des IFC, Décrire son projet en vue des échanges » de Billon (1999).

Tous les professionnels ont déjà été, sont ou seront confrontés aux échanges de données techniques et graphiques entre les logiciels des différents métiers de l'architecture, ingénierie et construction (A/I/C), soit à l'intérieur de leur propre agence, soit évidemment entre partenaires d'une opération de construction, de maintenance ou de gestion technique du bâtiment.

La fragmentation du domaine de la construction implique une densité particulièrement forte des flux d'informations techniques entre partenaires. L'absence de formalisme normatif pour décrire la structure et la sémantique des informations à échanger rend impossible l'écriture d'interfaces d'échange exploitant un modèle de représentation du projet accepté par tous. La solution de développement d'interfaces sur mesure entre certains éditeurs ne constitue qu'un palliatif, en général limité géographiquement et dans la durée.

Selon Billon (1999), autour de l'an 2000, la conception assistée par ordinateur (CAO) spécialisée en A/I/C a atteint une performance suffisante de fiabilité et d'économie, en même temps qu'une limite à la poursuite de son évolution : l'impossibilité d'échanger, paradoxe à l'heure d'Internet et du multimédia.

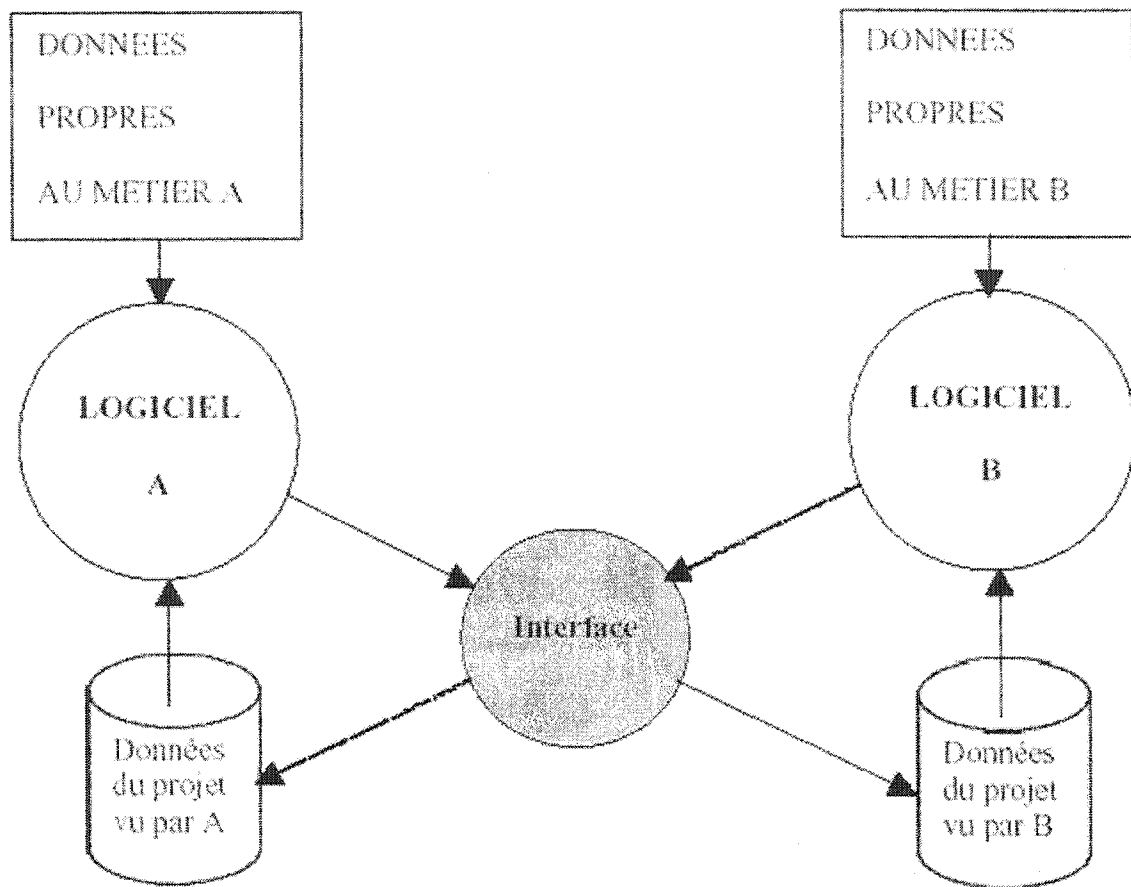


Figure 4 Visualisation de la problématique des échanges de fichiers
(adapté de Billon, 1999)

La figure 4 visualise cette problématique. Pour éviter que l'utilisateur du logiciel B soit obligé de saisir à nouveau les données du projet qui a été traité par A, il faut que le logiciel A soit capable d'utiliser un logiciel de traduction des données, encore appelé interface. Et inversement, si l'utilisateur de A veut prendre en compte les modifications du projet effectuées par l'utilisateur de B. Rendre cette interface « standard » utilisable quels que soient les logiciels A et B est le problème technique difficile à résoudre dans

l'industrie de la construction, car il suppose s'entendre au préalable sur une norme de communication internationale (Billon, 1999).

Rendre possible le partage des données techniques et graphiques se heurte à une condition nouvelle : trouver un standard (ou définir une norme) d'échange qui permette, en toute indépendance, de partager toute l'information du projet. C'est à dire non seulement le dessin, mais surtout l'information technique associée, de telle sorte que chaque logiciel du métier puisse extraire les données du projet dont il a besoin, automatiquement, et éventuellement en retour enrichir l'information initiale.

2.1.4.2 Les types et les niveaux de communication sur Internet

Selon Alshawy et Ingirige (2003), les informations échangées entre deux applications peuvent être catégorisées en deux groupes : le groupe élément/objet et le groupe document. Les informations transférées au niveau de l'élément ou de l'objet sont normalement détaillées et peuvent influencer le résultat de l'application. Par exemple, l'information à propos d'une poutre ou d'un poteau peut être échangée entre deux logiciels de conception. Chaque changement à ce type d'information dans l'un des deux logiciels influencera automatiquement l'information qui existe dans l'autre. Quant à l'information transférée au niveau du document, elle est normalement considérée comme une image. Cette image peut seulement être vue, partagée et commentée par les usagers.

Échanger les informations au niveau de l'objet est de loin plus difficile à gérer que de l'échanger au niveau du document. Ceci demande une compatibilité de matériel et de logiciel informatique où les informations peuvent être lues et librement transférées entre les applications. Toutefois cela exige des standards communs comme les Classes d'objets pour la construction (IFC) présentés dans le point 2.1.4.5 du présent document. D'autre part, le niveau du document peut utiliser des standards comme l'Internet pour transférer les documents sous forme de pièces jointes à une application basée sur le

Web. Selon Alshawhi et Ingirige (2003), tous les systèmes existants basés sur le Web partagent les informations au niveau du document.

Une autre limite de la généralisation des tentatives de structuration des données est « l'intelligence » des logiciels. Cette nouvelle performance demandée aux logiciels spécialisés en A/I/C suppose que leur modèle de représentation interne des données du projet soit organisé en conformité avec les nouveaux concepts utilisés par la norme. Une nouvelle technique de structuration des données devient nécessaire pour répondre au problème, en même temps qu'une nouvelle technologie de programmation doit hisser les logiciels au niveau de performances requis pour gérer cette complexité : les structures et langages dits « orientés objets ».

2.1.4.3 Les technologies objet

Dans un environnement en changement perpétuel les entreprises ont un besoin toujours plus urgent de systèmes d'informations plus performants, leur permettant d'agir et de réagir rapidement. Pour satisfaire ce besoin, une technologie capable de délivrer rapidement des logiciels fiables, modulaires, extensibles, faciles à utiliser et maîtriser est nécessaire. La technologie objet est à la hauteur de ce défi.

Le principe de base de la technologie objet est la construction de logiciel à partir de composants, si possible standardisés et réutilisables. On appelle objets ces composants. Ils encapsulent les informations et les opérations qui définissent un comportement. Ils communiquent entre eux par l'intermédiaire de messages. Les objets informatiques correspondent souvent à des objets du monde réel (Sente, 2003).

Selon Budd (1992), la conception par objets n'est pas simplement un replâtrage des langages informatiques à l'aide de quelques nouvelles propriétés. C'est une nouvelle

façon d'aborder la schématique de décomposition des problèmes et de développer des méthodes de résolution.

Des systèmes d'information complexes peuvent être construits par composition, classification ou associations d'objets, comme dans la nature, où des systèmes vivants complexes sont construits à partir de cellules. La technologie objet a réussi à s'imposer rapidement chez les grands fabricants de logiciel comme la manière la plus économique de développer des logiciels de qualité. Les raisons techniques de ce choix sont claires: la technologie objet est la voie la plus prometteuse pour déployer des systèmes basés sur des composants qui peuvent être adaptés et changés sans avoir à examiner la totalité du code. Selon Sente (2003), les arguments les plus fréquemment cités en faveur de l'orienté-objet sont:

- a. une meilleure fiabilité, provenant de la réutilisation de composants déjà testés;
- b. un développement plus rapide, grâce au prototypage et à la réutilisation;
- c. une plus grande flexibilité des systèmes réalisés et des coûts de maintenance réduits, parce que des objets peuvent être modifiés sans conséquence pour les autres objets.

2.1.4.4 L'Alliance Internationale pour l'Interopérabilité (IAI)

Selon Poyet et Monceyron (1997), l'Alliance Internationale pour l'Interopérabilité (IAI, de *International Alliance for Interoperability*) fondée en 1995 s'est engagée à créer un standard industriel d'interopérabilité entre les acteurs de la construction impliqués tout au long du cycle de vie du bâtiment, notamment par l'intermédiaire des logiciels qu'ils utilisent.

L'Organisation internationale de normalisation (ISO) avait en projet le développement d'un modèle d'échange de données dédié au secteur de l'A/I/C et basé sur les technologies objets : *Standard for the Exchange of Product Model Data* (STEP).

Constatant la lenteur de ce développement, l'IAI décidait d'accélérer cette action dans un cadre professionnel privé, en exploitant certaines ressources de STEP, pour proposer un modèle d'échange sous le nom des *Industry Foundation Classes* (IFC) (Billon, 1999).

L'objectif de l'IAI est de faciliter l'interopérabilité des logiciels utilisés par les acteurs de la construction et de la gestion du patrimoine. Cela signifie améliorer les capacités de communication entre ces logiciels pour une meilleure qualité et une meilleure productivité. L'IAI ne produit pas de logiciels mais des spécifications résultant d'une recherche de consensus au niveau international. Ces spécifications contiennent la description des *Industry Foundation Classes* (IFC) qui sont traduites comme les « Classes d'objets pour la construction » et représentent les briques de base d'un langage commun. Ces spécifications sont publiques : chaque éditeur de logiciel peut les exploiter pour créer une nouvelle génération de logiciels plus aptes à l'échange et au partage d'informations (IAI, 2003).

2.1.4.5 Les Classes d'objets pour la construction (IFC)

Il importe de faire une brève définition de quelques notions informatiques avant de présenter les IFC. Selon Billon (1999), le « modèle » est une réduction de la réalité pour décrire le bâtiment en vue d'un traitement informatisé. Un « objet » est l'entité utilisée par ce modèle. Ces objets sont regroupés en « classes » s'ils ont des propriétés équivalentes.

Les IFC sont des classes d'objets (près de 400 dans la dernière révision). Ces classes permettent de décrire des objets tangibles comme un plancher ou une poutre, mais aussi des objets plus abstraits comme les espaces ou les organisations ainsi que les nombreuses relations entre objets. Certaines IFC comme celles qui traitent de la géométrie ont une portée très générale. D'autres sont spécifiques à un domaine (ex : la classe *IfcMove* pour décrire les déménagements d'une organisation et des équipements et

meubles qui lui sont rattachés). Le modèle complet est consultable en ligne à travers l'Internet (IAI, 2003).

Pour découper l'information complexe du bâtiment les IFC représentent le bâtiment non par des dessins, mais comme une organisation de composants et d'ouvrages. Un composant est :

- a. soit un objet industriel préfabriqué que l'on apporte sur le chantier (une porte, un sanitaire, un tube),
- b. soit un constituant d'un composant plus important, dimensionné sur le chantier (isolation et cloisons par plaques),
- c. soit il est ouvrage sur place (béton coulé de mur, de fondation, de plancher, mais aussi la peinture).

Au cas où ces composants sont trop grands ou trop compliqués à décrire, ils sont découpés pour être plus simples. Selon Billon (1999), les IFC ont prévu trois types d'information associée à un composant désigné : son appartenance à une classe, ses propriétés (que l'on appelle aussi attributs) et ses relations. En d'autres termes un objet IFC véhicule trois types d'information : il appartient à une classe, il possède des relations et il est qualifié par des propriétés. Ceci est visualisé dans la figure 5.

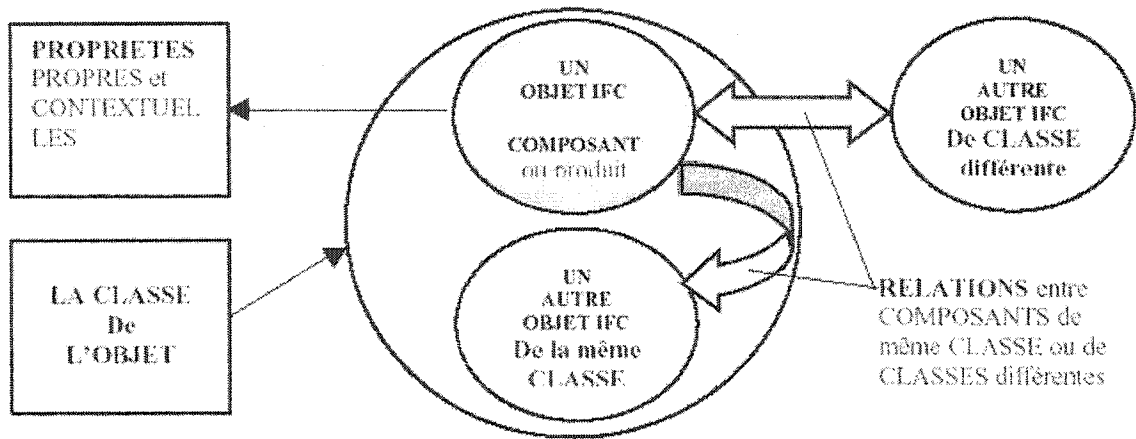


Figure 5 Les informations qui gravitent autour d'un objet IFC
(adapté de Billon, 1999)

Il importe de mentionner que les informations précédentes sont une application ou un reflet des technologies objets dans le domaine de la construction.

2.1.4.6 Les applications par navigateur

Les définitions suivantes sont indispensables à la compréhension de cette section :

- Application par navigateur : application logicielle résidant sur un serveur Internet, à laquelle on accède par l'intermédiaire d'un navigateur Web et qui s'exécute facilement à l'intérieur de la fenêtre du navigateur (Office québécois de la langue française, 2003).
- Langage Java : langage orienté objet conçu pour la programmation d'applications interactives en temps réel dans le Web sous forme d'applets utilisés pour les relations avec les clients et les serveurs dans l'Internet (O'Brien, 2001).
- Applet : petit programme destiné à effectuer une tâche très précise et conçu pour s'exécuter à l'intérieur d'une autre application. Il peut être exécuté par n'importe

quel ordinateur (ou système d'exploitation), n'importe où dans le réseau (O'Brien, 2001).

Selon Goodyear (2000), l'application par navigateur offre une nouvelle option dans la distribution de fonctionnalités aux utilisateurs. Dans l'environnement client/serveur traditionnel, distribuer une application à l'intérieur ou l'extérieur d'une entreprise exige que cette application soit recompilée et testée pour les systèmes d'exploitation spécifiques de toutes les stations de travail. En outre ceci exige d'installer l'application sur chaque ordinateur client. Les applications par navigateur offrent une alternative pour ce problème traditionnel. Actuellement, à partir d'un navigateur, un utilisateur peut lancer plusieurs types d'applications et voir plusieurs types de documents. Ceci peut être accompli à travers différents systèmes d'exploitation/plate-formes et est indépendant de la location où les applications et les documents résident.

Froese et Waugh (1996) indiquent que les applications par navigateur demeurent un domaine largement inexploré. Toutefois ces applications représentent un potentiel pour l'Internet de se transformer d'une « base massive de documents distribués globalement » en une « base massive d'applications distribuées globalement ».

2.2 Systèmes commercialisés

La recherche a montré que plusieurs entreprises ont lancé récemment des systèmes de gestion commercialisés, d'autres ont modifié leurs produits précédents pour profiter des nouvelles technologies. Bien qu'à première vue certains de ces systèmes semblent rencontrer les objectifs du SGIPC, beaucoup n'offrent en réalité que les fonctions classiques de communication. Ces systèmes n'étant pas semblables, il a fallu les évaluer selon des critères bien précis dont les quatre suivants :

- a. niveau de gestion visé (entreprise, projet à plusieurs intervenants...);
- b. degré de l'orientation vers la construction;
- c. degré de l'utilisation des technologies modernes de l'information;
- d. degré de l'intégration des outils dans le système.

Les systèmes actuels qui rencontrent ces critères ne sont pas nombreux, plusieurs furent automatiquement écartés du choix d'étude pour cette recherche. Deux des plus pertinents sont étudiés plus tard dans cette section (Citadon CW et PrimeContract), d'autres sont cependant survolés à titre d'exemple dans le point suivant.

2.2.1 Survol des exemples ne rencontrant pas les objectifs du SGIPC

2.2.1.1 Expedition de Primavera

Il est vrai que les produits de Primavera sont parfois critiqués de ne pas être assez conviviaux; cependant Primavera est sans doute l'une des entreprises pionnières dans le domaine de la gestion informatisée des projets de construction. Expedition est sûrement un pas en avant vers la conception d'un système de gestion pour une seule entreprise de construction. Le système est spécifiquement conçu pour l'industrie de l'A/I/C et gère plusieurs projets à travers un réseau. Chaque projet est ensuite divisé en plusieurs

modules couvrant les différents aspects de gestion. L'étude pratique de la version 7.0 ainsi que les informations contenues dans la brochure de la version 8.5 ont montré que le désavantage majeur de ce système est d'être conçu pour servir une seule entreprise ou un seul intervenant à la fois. Le forcer à fonctionner au-delà de ce niveau (plusieurs intervenants dans un projet de construction) donne des résultats décevants. Ceci dit, il est important de mentionner que Primavera a sa propre vision des solutions intégrées qui incluent plusieurs de leurs produits et utilisent Primavera Primecontract pour une collaboration en temps réel comme expliqué ultérieurement.

2.2.1.2 e-Builder

La raison principale pour laquelle ce système a été consulté durant cette étude est que la revue de littérature a indiqué que c'est un des premiers systèmes commercialisés. Il a été introduit par MP Interactive en 1997 et fut l'un des PSWS (*Project-specific Web sites*) les plus connus (Thorpe et Mead, 2001). À présent² e-Builder (<http://www.e-builder.net>) est un site offrant plusieurs produits et services dont le plus important est TeamBuilder 5.0. Ce système, conçu spécialement pour l'industrie de la construction, est sûrement un pas en avant dans le domaine. Cependant il ne couvre que des fonctions de gestion de base, soit des outils de communication, de gestion de documents et de dessins. L'intégration des fonctions plus avancées comme la gestion des contrats ou la planification n'y est pas prise en considération. Ce système semble malheureusement se limiter à un système de communication bien adapté pour l'industrie de la construction.

2.2.1.3 Critique générale

Il est important ici de souligner que cette tendance à introduire des systèmes qui se basent uniquement sur la gestion de communication n'est pas une caractéristique unique

² février 2003

de e-Builder. Beaucoup de systèmes consultés durant cette recherche avaient la même tendance dont FirstClass, Impact-Planning et work2gether. Il est vrai que cette vague de systèmes rencontre à moitié les objectifs du SGIPC (Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction) en ce qui concerne l'exploitation des technologies modernes de l'information, mais l'intégration des fonctions de la gestion demeure toujours un élément relativement ignoré même pour les systèmes spécifiquement conçus pour la construction. Ceci explique le choix des deux systèmes retenus pour l'étude dans la section suivante, un choix basé sur la pertinence selon les quatre facteurs précédemment mentionnés au point 2.2 du présent document.

La figure 6 illustre graphiquement l'évaluation préliminaire de quelques produits par rapport à ces facteurs.

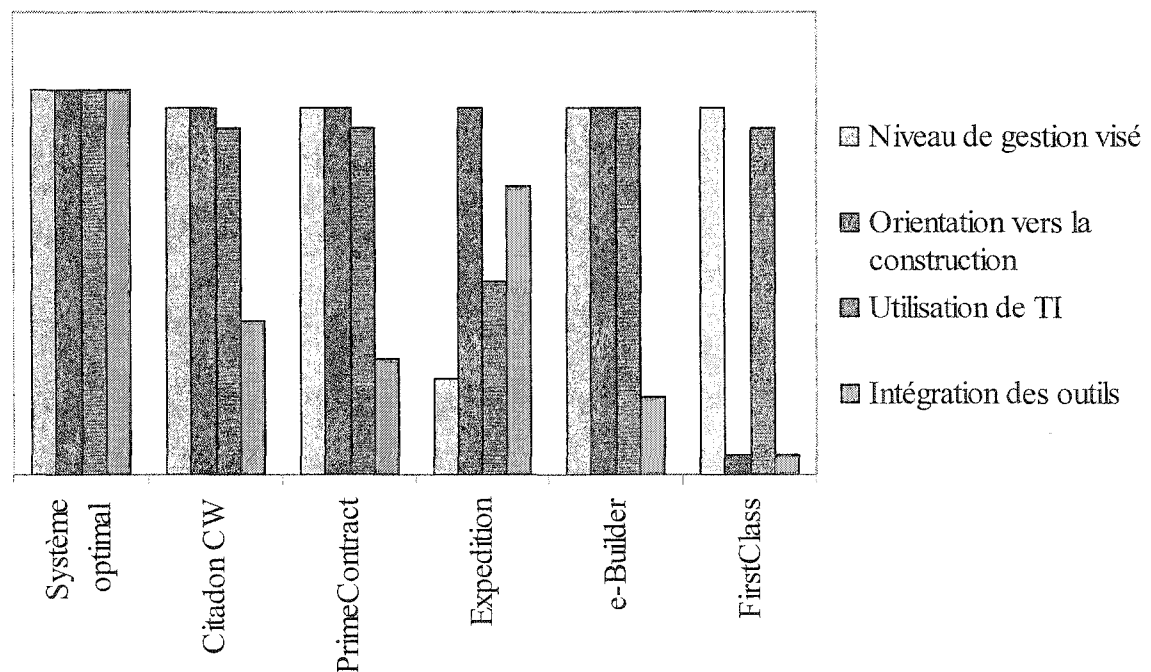


Figure 6 Évaluation de quelques systèmes commercialisés par rapport aux objectifs du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC)

2.2.2 Citadon CW

Citadon CW a été introduit sur le marché en janvier 2002 par Citadon. Cette entreprise a été formée en 2001 de l'union entre les entreprises Bidcom et Cephren fondées chacune en 1997. Ces dates relativement très récentes et le fait que Citadon CW semble être l'un des produits les plus prometteurs sur le marché, confirment pratiquement le contenu de la revue de littérature à propos de la nouveauté de ces systèmes. Les références pour les informations suivantes sont le site Internet de Citadon, la brochure et la démonstration de Citadon CW. Toutefois il faut rappeler que la revue de littérature a indiqué que la capacité « réelle » des systèmes varie parfois des caractéristiques présentées dans leurs brochures.

2.2.2.1 Niveau de gestion visé par Citadon CW

En ce qui concerne le niveau de gestion visé, Citadon CW répond idéalement ou presque au besoin d'un projet complexe de construction. Le système est conçu pour offrir une base de collaboration commune pour tous les intervenants d'un projet de construction. L'entreprise n'a pas manqué de comprendre qu'il s'agit ici du point fort de leur système et en a marqué le nom. Les lettres « CW » dans Citadon CW proviennent du terme anglais « *Collaboration Workspaces* » et représentent la collaboration entre les intervenants à travers des espaces prévus sur l'Internet. La figure 7 est adaptée de la brochure de Citadon CW et illustre graphiquement le concept du système.

2.2.2.2 Orientation vers la construction

Selon Citadon le système est spécialement conçu pour l'industrie de l'A/I/C, plusieurs documents standard y sont déjà inclus comme les demandes d'informations (RFI de *request for information*), les demandes de soumission et les demandes de paiements.

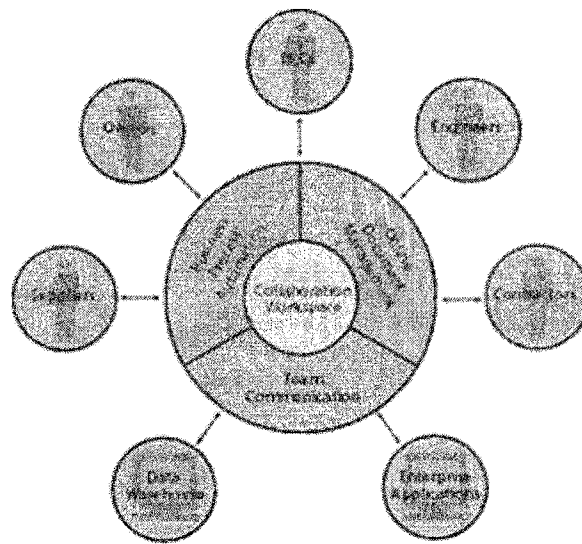


Figure 7. La collaboration entre intervenants dans Citadon CW
(adapté de Citadon, 2003)

Toutefois Citadon souligne à plusieurs reprises la grande flexibilité du système à l'égard des différents processus de travail. Selon l'entreprise, Citadon CW possède une capacité remarquable à s'adapter selon les processus d'une compagnie (BPM de *Business Process Management*). Cette capacité assure la compatibilité du système avec les pratiques déjà établies dans un projet de construction ce qui privilégie Citadon CW en terme d'efficience.

2.2.2.3 Utilisation des technologies modernes de l'information

Citadon CW est un système conçu spécifiquement pour une gestion en temps réel à travers Internet. À cet égard, il rencontre parfaitement les critères du SGIPC. Selon l'entreprise, le système incorpore des technologies très avancées de connectivités. Citadon offre de l'installer sur ses propres équipements dans leurs centres de services ou de laisser le choix aux utilisateurs de l'installer sur des serveurs de leur choix.

2.2.2.4 Intégration des outils dans Citadon CW

L'explication de l'intégration dans Citadon CW est un peu ambiguë dans la brochure ainsi que sur le site Internet. L'entreprise indique que les autres applications peuvent échanger des données avec Citadon CW à travers la couche d'intégration de la plateforme utilisant la technologie HTTP/XML (SOAP). Plus loin dans la présentation, Citadon indique que l'entreprise est prête à collaborer avec ces clients pour étudier leurs systèmes existants et leur offrir une intégration « clé en main ». L'intégration dans Citadon CW se limite donc actuellement à la capacité d'exporter et d'importer les données via XML aux autres systèmes. Il est vrai que cette opération est facilitée par le fait que les données dans le système sont centrées (*data-centric*). C'est-à-dire que les données dans chaque champ sont enregistrées dans la base de données du système. Une vraie intégration des fonctions de gestion demeure toutefois absente.

Dans un effort pour compenser cette lacune, le système incorpore la capacité de « visualiser » plusieurs types de fichiers électroniques. Selon la brochure, le système peut visualiser plus que 200 types de fichiers utilisés dans l'industrie de la construction comme par exemple les fichiers produits par les systèmes AutoCad, Microstation et Microsoft Office. Cette option permet aussi d'inscrire des commentaires sur les fichiers et de les imprimer. Toutefois ceci est loin de satisfaire le besoin de l'industrie en matière d'intégration.

2.2.2.5 Évaluation générale

Citadon CW rencontre presque les objectifs du SGIPC en ce qui concerne le niveau de gestion, l'orientation vers la construction et l'utilisation des technologies modernes de la construction. Quant à l'intégration, le système paraît loin de satisfaire les besoins de l'industrie de l'A/I/C. L'étude de Citadon CW (2003) a indiqué des points positifs supplémentaires qui méritent d'être soulignés tels que :

- a. la flexibilité de la conception du cheminement des documents selon les processus de travail désiré. Le cheminement d'un document peut être décidé selon une variable quelconque dans la forme. Par exemple, la valeur d'un champ peut être « accepté », « rejeté » ou « à remettre », et c'est selon ce choix que le cheminement du document sera identifié;
- b. tous les formulaires et les documents sont personnalisables. C'est à dire qu'on peut les concevoir ou les modifier au besoin;
- c. la sécurité peut être administrée en détail jusqu'au niveau du document;
- d. la capacité de relier plusieurs éléments pour former des paquets d'informations sous forme de dossiers concernant un sujet quelconque, comme par exemple une potentielle modification de contrat ou une demande d'information complexe;
- e. le système offre des capacités de recherche avancée des documents, que ce soit au niveau des attributs (auteur, titre, version) ou même au niveau du contenu textuel dans une variété de formats incluant entre autres les documents Microsoft Office, AutoCad et PDF.

D'autre part, l'étude du Citadon CW (2003) a montré les points faibles suivants :

- a. l'absence d'une intégration réelle des outils de la gestion. C'est sans doute le point le plus faible de Citadon CW. Le système semble ne contenir aucun lien direct avec les autres applications de gestion comme celles de la planification ou de l'estimation. Le seul lien est la capacité de visualiser, d'importer et d'exporter des informations;
- b. le système contient deux interfaces, l'une pour l'accès à travers Internet et l'autre est une interface Windows. Ce doublement d'interface est compréhensible pour les anciens systèmes auxquels on ajoute un complément pour l'accès à travers Internet, mais pour un système spécifiquement conçu pour l'accès à distance ceci ne paraît pas très justifiable.

2.2.3 PrimeContract

PrimeContract est un système produit par Primavera. Comme précédemment mentionné, cette entreprise fondée en 1983 est une des entreprises pionnières dans le domaine du développement des systèmes de gestion. Primavera présente le système PrimeContract comme étant une application basée sur Internet, dynamique, sécuritaire et qui aide à accélérer les processus de construction et à améliorer la communication à travers les trois points suivants, soit : la collaboration, les demandes de paiements et la planification coordonnée.

Les références pour cette section sont le site Internet de Primavera, la brochure du PrimeContract et une pratique limitée vu que la création d'un nom d'utilisateur pour accéder au site du système est permise à tous les visiteurs. Toutefois, Primavera se réserve le droit de créer les projets, ce qui fait que la majorité des fonctions importantes est réservée aux clients.

2.2.3.1 Niveau de gestion visé par PrimeContract

PrimeContract est conçu pour une gestion au niveau de tous les intervenants d'un projet. Selon Primavera (2003), il s'agit d'une collaboration efficiente entre tous les membres de l'équipe de la construction : du maître de l'ouvrage, ingénieur et entrepreneur général aux sous-traitants, vendeurs et fournisseurs. Ceci répond alors aux besoins des projets complexes de construction ainsi qu'aux critères du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC).

2.2.3.2 Orientation vers la construction

Selon la brochure du PrimeContract, Primavera a spécifiquement développé ce système pour l'industrie de l'architecture, ingénierie et construction (A/I/C). Il inclut des outils

typiques utilisés dans les projets de construction comme les demandes d'information ou de paiements et s'adresse essentiellement aux entreprises oeuvrant dans le domaine.

2.2.3.3 Utilisation des technologies modernes de l'information

PrimeContract rencontre les objectifs du SGIPC en ce qui concerne l'utilisation des technologies modernes de l'information. Le système est conçu pour fonctionner à travers Internet offrant ainsi un accès permanent aux informations. Une visite du site Internet du système est possible avec un nom d'utilisateur de Primavera. Toutefois, l'utilisateur ne peut bénéficier des outils du système que lorsqu'il est invité à joindre un projet. La figure 8 est un exemple pratique de l'interface du PrimeContract accédé à travers Internet.

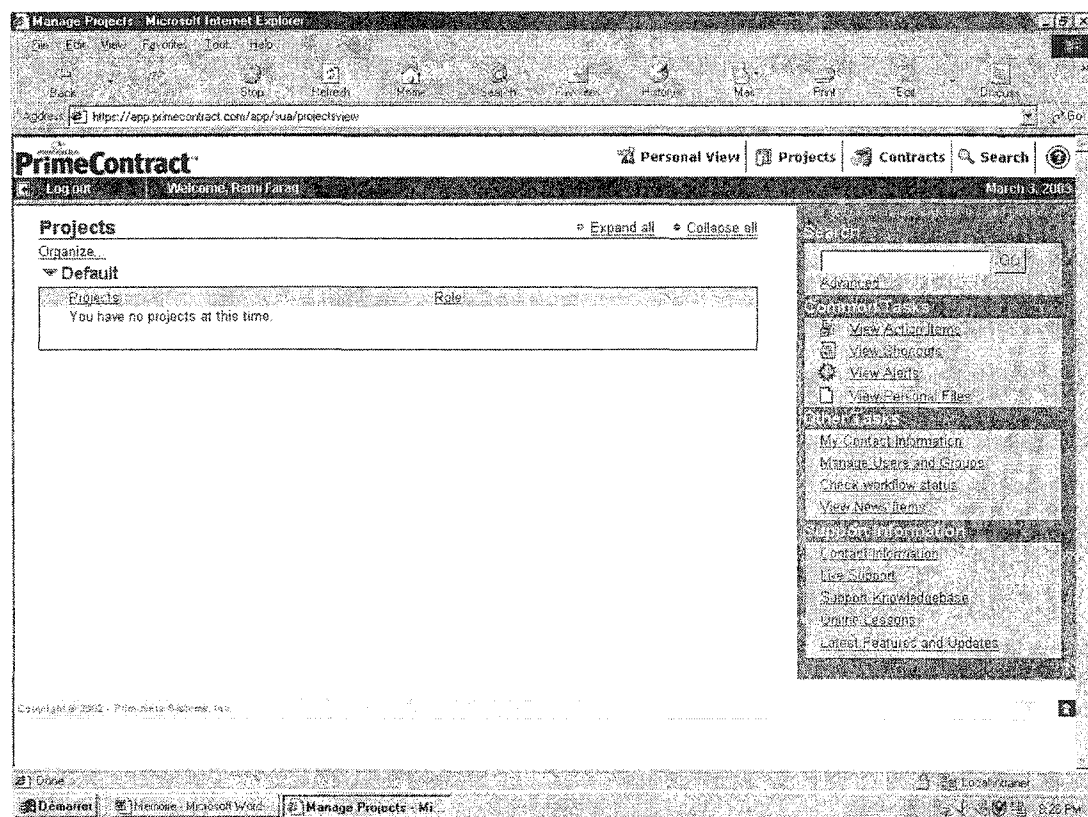


Figure 8 Exemple pratique de l'interface du PrimeContract accédé à travers Internet (adapté de Primavera, 2003)

2.2.3.4 Intégration des outils dans PrimeContract

L'intégration des outils de la gestion est la lacune majeure du système étudié. La brochure de PrimeContract ne contient pas de notions directes à propos de l'intégration. Le système offre le paquet « habituel » des outils de communications et de gestion de documents, toutefois les points suivants doivent être soulignés :

- a. le système PrimeContract incorpore un module pour la préparation des demandes de paiement. Selon Primavera ce module inclut l'initiation des contrats à travers une importation des valeurs de Microsoft Excel ou de Primavera Expedition. De même il est capable de consolider plusieurs éléments d'un contrat ou plusieurs contrats en une seule demande de paiement. Les modifications sont aussi prises en considérations et l'approbation peut se faire électroniquement. La brochure indique aussi que les informations des demandes de paiement peuvent être transmises à travers XML aux systèmes de comptabilité. La présence de ce module est un point positif pour le système. Toutefois le système PrimeContract demeure loin de satisfaire aux exigences d'une intégration complète comme présenté au point 2.1.3.1 du présent document.
- b. la brochure de PrimeContract indique aussi la présence d'un troisième module pour la planification. Bien qu'il offre uniquement la capacité de visualiser l'échéancier ou de recevoir des notifications pour certaines activités, ce module n'existe pas encore. Ceci implique un point d'interrogation surtout que Primavera l'utilise comme une capacité déjà incorporée à son système. En plus, la nouvelle brochure de PrimeContract indique explicitement que ce module sera prêt durant le dernier trimestre de l'année 2002, ce qui n'a pas été réalisé jusqu'à la rédaction de la présente section³;

³ mars 2003

- c. l'intégration avec les autres outils de Primavera comme Expedition ou Project Planner for the Enterprise (P3e) a été mentionnée avec ambiguïté, cependant les informations présentées ne précisent pas que cette intégration dépasse l'importation et l'exportation de données;
- d. tout comme Citadon, Primavera essaye de compenser cette lacune d'intégration par la capacité de visualiser et de commenter les fichiers des autres applications. Toutefois les formats mentionnés dans le cas de PrimeContract semblent se limiter aux fichiers de dessin CAD (DWG, DXF, DWF, PLT et DGN).

2.2.3.5 Évaluation générale et comparaison avec Citadon CW

L'évaluation de la qualité des informations rendues disponibles par Primavera ne fait pas partie de la présente étude. Cependant, il est important de mentionner que la présentation de PrimeContract n'est pas assez technique comparée à celle faite par Citadon. L'aspect « marketing » semble dominer au point d'inclure explicitement dans la brochure des caractéristiques qui ne sont pas encore disponibles, comme la planification par exemple. Toutefois PrimeContract incorpore d'autres potentiels intéressants ainsi :

- a. le cheminement des documents est personnalisable. C'est-à-dire qu'il peut être conçu selon les processus désirés;
- b. les formulaires et les documents sont personnalisables;
- c. la compatibilité avec les autres produits de Primavera est présente ce qui devrait faciliter l'intégration pour les versions futures.

Comme pour le système Citadon CW, l'intégration est le point faible majeur de PrimeContract dont le lancement semble avoir été trop pressé. Toutefois il est important de souligner que l'amélioration des versions ultérieures est plus simple dans le cas de PrimeContract vu que Primavera possède déjà un grand nombre d'outils prêts à être adaptés à une gestion en temps réel sur Internet.

2.3 Programmes de recherche

L'objectif de ce chapitre est de cerner les efforts de développement des systèmes de gestions semblables au Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC), afin de déterminer l'état d'avancement dans le domaine. Cet objectif ne peut pas être atteint en limitant cette recherche à l'étude des systèmes commercialisés uniquement puisqu'il existe des programmes de recherche qui se concentrent sur l'étude des systèmes intégrés de gestion en construction. Les deux programmes suivants sont fréquemment mentionnés dans la littérature : le Resident Management System (RMS) des U.S. Army Corps of Engineers et le Total Project Systems (TOPS) de l'Université de British Columbia. Ces deux programmes font l'objet, aux sections 2.3.1 et 2.3.2, d'une étude détaillée comme exemples des systèmes non-commerciaux.

2.3.1 Système RMS

Selon les U.S. Army Corps of Engineers (USACE), le Resident Management System (RMS) est un système automatisé d'information pour la gestion et l'assurance de la qualité en construction. Ce système orienté client-serveur a été originalement conçu par un ingénieur résident pour rencontrer les exigences quotidiennes de l'équipe de chantier des USACE. Il s'agit d'un système qui est conçu pour rencontrer des normes d'utilisation spécifiques. Toutefois il faut prendre en considération que l'étendue des projets des USACE et la variété des intervenants y faisant partie donne plus de « généralité » à ce programme. De même, rien n'empêche au moins théoriquement que le système RMS se transforme en un modèle répétitif pour une implantation future dans d'autres organismes.

Les caractéristiques fondamentales du système RMS incluent les capacités de soutenir la planification de la construction, l'administration de contrat, l'assurance qualité, les paiements, la correspondance, la gestion de soumissions, l'administration de la sécurité, les modifications et les rapports de gestion. Une fois le développement complètement terminé, le système RMS sera aussi capable d'échanger intégralement des données avec d'autres systèmes des USACE. Toutefois à travers l'utilisation de modules spécialisés le système possède actuellement la capacité d'échanger les données de la conception, la planification et la construction avec les entrepreneurs.

Le système RMS fonctionne à travers les 9 modules suivants :

- a. Module 0 - Plan de travail : sert à déterminer le plan de travail concernant l'assurance qualité et l'administration, comme par exemple les exigences requises avant le début de chaque activité et les responsabilités de chaque intervenant. Ces informations sont intégrées avec les autres modules et sont disponibles tout au long du projet;
- b. Module 2 - Administration du contrat : sert à suivre les documents concernant les modifications de contrats;
- c. Module 3 – Paiement : sert à préparer les demandes de paiement. Aussi, selon les USACE, l'approbation de ces demandes est soutenue par une liaison avec les rapports de non-conformité ce qui diminue le risque d'erreur de jugement;
- d. Module 4 – Correspondance : sert à suivre les correspondances reçues ou émises incluant les demandes d'information et les dates limites de réponses. Ce module assure une liaison avec le module 2 pour faciliter le suivi des modifications de contrats;
- e. Module 5 - Centre de planification : s'occupe de l'échéancier du projet;
- f. Module 6 - Registre de soumissions : sert à faire le suivi de tous les éléments soumis ou à soumettre pour approbation. Les dates dans ce module changent selon les dates

contenues dans le module 5. Ce module notifie aussi le module du paiement dans le cas d'un problème concernant une soumission qui affecte le paiement en cours;

- g. Module 7 - Assurance qualité : sert à faire le suivi du plan créé dans le module 0. Ce module incorpore les phases d'inspections et les listes de vérifications requises pour chaque travail. Les mises à jour sont faites directement des rapports quotidiens de l'assurance et du contrôle de qualité;
- h. Module 8 - Sécurité et accidents : sert à surveiller le programme de sécurité et les inspections inhérentes et contient le manuel et les rapports de sécurité;
- i. Module 9 - Rapports de gestion : regroupe les informations contenues dans les autres modules et produits des rapports de synthèse et d'analyse.

2.3.1.1 Évaluation générale

Le programme de recherche qui a généré le système RMS possède deux caractéristiques qui le distinguent des autres en cours de développement :

- a. il s'est déjà concrétisé en un produit réel qui fonctionne déjà dans plusieurs projets;
- b. son objectif est de satisfaire à des procédures spécifiques. Toutefois ces procédures sont largement utilisées dans les projets de grande envergure à travers le monde.

La présentation du système RMS dans cette étude comme exemple de programme de recherche aux buts non-lucratifs montre l'orientation du monde pratique de la construction en ce qui concerne les systèmes informatisés de gestion. L'évaluation qui suit est faite dans le même esprit des critères du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC). Toutefois il faut souligner qu'il s'agit plutôt d'un « positionnement » du système RMS par rapport au SGIPC et pas d'une critique vu que les exigences dans le cas du RMS risquent d'être relativement différentes de celles mentionnées au début de ce document. Des exigences qui se trouvent surtout au niveau de l'intégration, de la communication et de la coordination.

Le système RMS vise une gestion au niveau du projet. Cependant le système est conçu du point de vue d'un gérant de projet, mettant ainsi la majorité des fonctions clefs aux mains des USACE. Le profit des autres intervenants, comme l'entrepreneur par exemple, se limite aux gains de temps concernant les opérations nécessitant un contact direct avec les USACE comme les demandes de paiement et les rapports de qualité. Quant à l'orientation vers la construction, le système RMS est un système spécifiquement conçu pour les projets de construction et qui inclut beaucoup de tâches typiques du domaine.

Concernant l'utilisation des technologies modernes de l'information, le site Internet des USACE et la section 01312A de leur devis (mise à jour en août 2002) indique une communication des informations avec l'entrepreneur à travers un échange électronique par courriel. La version actuelle du système RMS ne permet pas un contact en temps réel entre les intervenants, ce qui représente une lacune majeure du système.

Bien qu'il soit toujours en cours de développement, le système RMS n'offre pas encore une intégrité totale des outils de gestion. Par exemple, le module de la planification est basé sur un échange manuel des informations à travers le format SDEF (de *Standard Data Exchange Format*) qui permet de transférer les informations des logiciels de planification commerciaux comme Primavera. Cette tendance de formats intermédiaires n'est pas une particularité du système RMS mais représente peut-être une caractéristique de cette phase transitoire vers des systèmes plus intégrés. Cependant ces pratiques affectent l'unité des informations et peuvent créer des problèmes de communications, surtout que les USACE imposent des exigences très spéciales concernant les échéanciers afin de satisfaire aux critères de ce transfert. Il est toutefois important de souligner que le système RMS incorpore des modules très utiles qui sont souvent absents dans les systèmes commerciaux comme le module de l'assurance qualité, celui de la sécurité sur le chantier ainsi que des différents dictionnaires électroniques offrant des informations techniques cumulées.

2.3.2 Total Project Systems (TOPS)

Le programme de recherche nommé « Total Project Systems » (TOPS) est en cours de développement à l'université de British Columbia. Ce programme est l'un des plus avancés étudiés durant cette recherche et représente un très grand potentiel pour le futur des systèmes de gestion en A/I/C. La diversité des études réalisées à travers ce programme ont constitué une source d'information importante pour le présent mémoire. Bien que le programme de recherche TOPS ne soit pas encore matérialisé en un système concret, il possède une vision très proche de celle du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC).

Selon Froese et coll. (1997B) le terme « Total Project Systems » (TOPS) désigne une classe de systèmes informatiques de gestion de la construction définis par les caractéristiques de totalité, intégration et flexibilité. Ces caractéristiques sont indispensables pour les outils informatiques afin de devenir des moyens fondamentaux de la gestion plutôt que des outils spécialisés pour des tâches spécifiques.

2.3.2.1 La totalité

La totalité des systèmes TOPS provient du fait qu'ils contiennent un ensemble d'applications qui soutiennent une large étendue des fonctions de gestion de la construction. Ceci inclut, d'une part, les applications traditionnelles comme la planification et l'estimation et, d'autre part, les applications émergentes comme par exemple la planification assistée par ordinateur.

2.3.2.2 L'intégration

Froese et coll. (1997A) indiquent que leur vision de l'intégration est que toutes les applications de TOPS partagent une source commune d'informations. Ces informations

sont enregistrées dans une base de données établie selon la structure d'un modèle central d'informations. Ceci permet d'extraire les informations spécifiques et de les présenter sous différentes vues et différents niveaux d'abstraction. Cette manière d'utiliser la source commune d'information améliore la gestion des données en assurant que toutes les applications utilisent les données les plus récentes. De même elle permet aux applications d'accéder à une plus grande portée d'informations, augmentant de ce fait l'étendue des outils utiles de soutien informatique. Les informations communes ne doivent pas résider dans une seule base physique de données, mais peuvent être distribuées sur les applications et les intervenants en utilisant le Web.

2.3.2.3 La flexibilité

L'architecture des TOPS est ouverte, modulaire et distribuée :

- a. ouverte : c'est à dire qu'elle ne dépend pas d'une technologie informatique spécifique. L'architecture des systèmes TOPS est basée sur des standards internationaux de données indépendamment de formats particuliers ou d'un type spécifique de base de données;
- b. modulaire : une variété d'applications spécifiques et développées par différentes sources peut être incorporée pour créer le système général;
- c. distribuée : l'architecture des TOPS prend en considération les exigences d'une variété d'utilisateurs et d'une diversité de sources de données.

Les modules de fonctions ou les applications sont connectés à l'environnement du système en utilisant des interfaces standards. De cette façon ils peuvent être mis à jour sans avoir à modifier les autres composantes du système. Tout comme les données du projet (plans, devis, échéanciers) qui sont partagées, les modules des applications sont aussi partagés par différents intervenants à différentes locations. En plus, les applications et les données du projet sont transparentes. Ainsi, il n'est pas nécessaire de savoir où et

comment elles sont localisées et enregistrées. Les utilisateurs doivent simplement envoyer une demande au système à travers l'interface utilisateur. Le système trouvera et appellera les modules appropriés et introduira les données pertinentes.

2.3.2.4 Visualisation du TOPS

Comme présenté dans la figure 9, le système TOPS peut être visualisé comme une boîte d'outils contenant les logiciels de gestion disponibles. Ces outils sont sélectionnés à travers l'interface du TOPS. Chaque outil qui nécessite des informations spécifiques est alimenté de la source commune contenant les informations du projet. Ces informations de différentes perspectives et niveaux de détails sont fournies aux outils par TOPS. Le système s'occupe aussi des nouvelles contributions aux informations du projet provenant de chaque application.

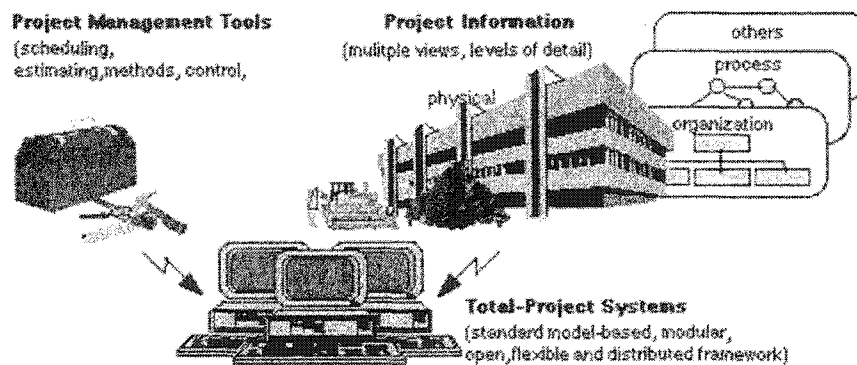


Figure 9 Visualisation des TOPS
(adapté de Froese et coll., 1997B)

Par exemple, l'utilisateur peut être en train de travailler dans la phase conceptuelle du projet tout en faisant des modifications dans l'échéancier. Le système TOPS permet à l'utilisateur d'afficher l'interface de planification de son choix et puis d'appeler les données concernant l'échéancier de la source commune d'informations du projet. Le système TOPS est capable de reconnaître les données requises pour soutenir

l'application utilisée. Si l'utilisateur veut modifier les informations du projet (à condition d'avoir l'accès pour le faire), les modifications sont faites dans l'application et les informations sont mises à jour à travers l'interface globale du système TOPS. Une caractéristique additionnelle requise pour l'interface du système TOPS est un navigateur. Celui-ci ne fait pas partie d'une application particulière, mais est essentiel pour voir et manipuler toutes les informations du projet comme présenté dans la section suivante.

2.3.2.5 Les composantes du TOPS

Comme le montre la figure 10, les composantes du système TOPS incluent un modèle commun de données, des bases de données, des applications et des interfaces utilisateur.

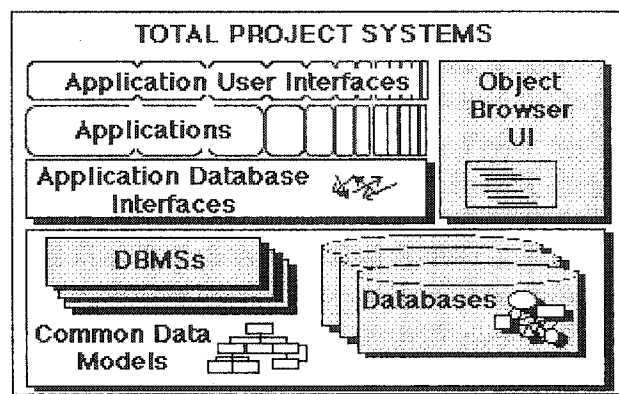


Figure 10 Les composantes des TOPS
(adapté de Froese et coll., 1997B)

Les applications de gestion de construction traditionnelles et en émergence sont supportées par le système TOPS. L'architecture du système permet une caractéristique « logiciel » (*plug-in and out*) où plusieurs applications de fonctionnalité similaire peuvent être utilisées pour les mêmes buts. Par exemple, le système TOPS peut utiliser un ou plusieurs logiciels parmi la grande multitude de logiciels de planification (Primavera Project Planner, Microsoft Project, SureTrak Project Manager).

L'interface utilisateur des logiciels reste intacte quand ils sont utilisés, toutefois il existe évidemment une interface globale du système pour donner l'effet d'un outil unique de gestion. L'une des caractéristiques de cette interface est un navigateur capable de voir toutes les informations disponibles du projet, de plusieurs vues et niveaux d'abstraction.

2.3.2.6 Évaluation générale

Puisque le programme TOPS est un programme de recherche et non pas un système concret de gestion, une évaluation détaillée de ses caractéristiques ne sera pas effectuée dans cette section. Une évaluation globale de la philosophie du programme par rapport aux objectifs du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) sera plutôt présentée.

Comme visualisé dans la figure 9, le programme TOPS est conçu pour une gestion au niveau d'un projet de construction à travers un partage des informations entre les différents participants. Ce partage requiert des modèles communs de toutes les informations détaillant tous les aspects d'un projet durant son cycle de vie. De même la conception du système intègre « théoriquement » toute une variété d'outils de gestion et se caractérise par le maintien de l'interface utilisateur propre à chaque logiciel. Quant à l'utilisation des technologies modernes de l'information la phase conceptuelle du programme faisait allusion à l'utilisation de l'Internet. En outre beaucoup d'efforts concernant le programme TOPS sont centrés sur l'étude de standards internationaux de données pour garantir l'intégration et la connectivité à travers les différents intervenants et leurs divers logiciels de gestion.

En général il s'agit ici d'une approche théorique qui rencontre de près les objectifs du SGIPC concernant le niveau de gestion visé, l'orientation vers la construction, l'intégration des outils de gestion et l'utilisation des technologies modernes de l'information.

2.4 Résultats de la revue de l'état du développement

La revue de la littérature et l'analyse des systèmes commercialisés et des programmes de recherche ont identifié plusieurs points concernant le développement des systèmes informatisés de gestion dans le domaine de la construction. Plusieurs systèmes tentent de profiter de l'avancement révolutionnaire dans le domaine des technologies de l'information. Bien que ces systèmes soient encore très loin de profiter pleinement des technologies en question, leur nombre est en croissance continue. Durant les dernières années plusieurs systèmes conçus spécialement pour l'Internet ont vu le jour. D'autres, plus anciens, ont incorporé des modules permettant au moins une connectivité de base comme l'envoi et la réception de courriel ou la publication d'informations sur l'Internet. L'orientation de l'industrie concernant l'Internet semble être relativement satisfaisante vu cette période transitoire et malgré l'adoption habituellement très lente des nouvelles technologies. C'est pourtant au niveau de l'intégration des différents outils de la gestion de la construction que se manifeste la lacune majeure déduite à travers la revue précédente. Des fonctions fondamentales demeurent toujours absentes dans la majorité de ces systèmes pendant que d'autres semblent être complètement ignorées. Par exemple, aucun des systèmes étudiés n'incorporait un module pour la gestion des approvisionnements, pour le contrôle de retour d'information du chantier ou pour la fermeture du projet. De même, le groupement des outils existants en un seul système intégré est très faible dans les systèmes actuels et se base sur un transfert manuel de données au lieu d'un partage en temps réel de la même source d'informations comme un serveur central par exemple. Ces résultats seront pris en considération lors du développement du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) dans les chapitres suivants.

CHAPITRE 3

ÉTUDES PRÉALABLES AU DÉVELOPPEMENT D'UN SGIPC

L'objectif de ce chapitre est d'accomplir toutes les études théoriques préalables au développement d'un Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC). Certaines des sections qui y figurent peuvent être considérées comme un complément à la revue de la littérature présentée dans le chapitre précédent. Toutefois, les informations suivantes sont dans l'ensemble plus caractéristiques du SGIPC, alors que la section précédente était plutôt une revue générale de la gestion informatisée des projets de construction.

3.1 L'approche théorique

Cette section vise à présenter brièvement la synthèse des approches théoriques utilisées par plusieurs auteurs lors de recherches semblables ou suggérées dans des ouvrages traitant le cycle de vie du développement de système (SDLC du *System development life cycle*). La figure 11 présente cette synthèse détaillée. De même, le tableau II fait une brève comparaison entre les approches étudiées pour cette section. Cette comparaison montre que les phases suggérées représentent des tâches presque identiques. L'objectif de ce mémoire n'est pas d'effectuer rigoureusement toutes les étapes de l'approche présentée, mais plutôt de présenter le Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) selon une méthodologie qui tient compte de la majorité des phases qui y figurent.

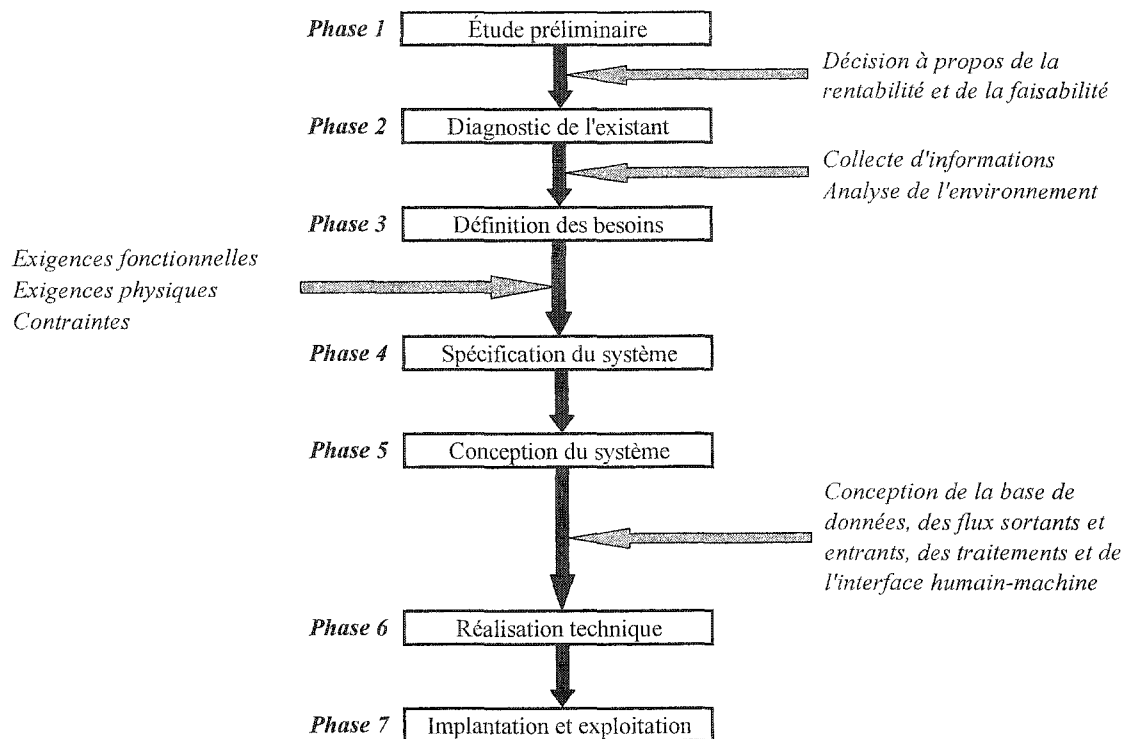


Figure 11 Visualisation de la synthèse des approches théoriques étudiées

3.1.1 Étude préliminaire

Selon Rivard et Talbot (2001), l'étude préliminaire d'un système d'information a pour objectif de fournir les données pertinentes pour prendre une décision au sujet de l'opportunité, de la faisabilité et de la rentabilité du système. Dans « Le développement de systèmes d'information », ils indiquent que cette activité doit être effectuée relativement rapidement. Bruxelles (1999) divise cette étape en deux, soit l'étude d'opportunité et l'étude de faisabilité.

L'étude d'opportunité sert à définir la problématique en identifiant les domaines d'activités concernés et en produisant une description sommaire qui situe le système par rapport aux besoins de l'industrie. À cette étape, les orientations stratégiques sont dégagées et la pertinence du système est évaluée.

L'étude de faisabilité permet de préciser les choix stratégiques, d'élaborer un plan d'implantation, de vérifier la rentabilité économique du système et d'évaluer ses impacts sur l'industrie.

Tableau II

Comparaison entre les approches théoriques de développement suggérées par plusieurs auteurs

Current practices in software development (King, 1984)	Computer integrated planning and design for construction (Retik et Langford, 2001)	Le développement de systèmes d'information (Rivard et Talbot, 2001)
1 - Étude de faisabilité 2 - Définition des besoins 3 - Spécification du système 4 - Conception du système 5 - Conception et développement du programme 6 - Essai du système 7 - Implantation et production	1 - Investigation préliminaire - déterminer le problème 2 - Analyse - comprendre le problème actuel 3 - Conception - planifier le nouveau système 4 - Développement - créer le nouveau système 5 - Implantation - utiliser le nouveau système	1 - Étude préliminaire 2 - Diagnostic de l'existant 3 - Conception du nouveau processus d'affaires 4 - Conception du nouveau système d'information 5 - Réalisation technique 6 - Mise en place, exploitation et évaluation
Use of Information for Problem Resolution on Construction Projects (Shahid, 1996)	Définition d'un Système Intégré de Gestion des Infrastructures Civiles (Bruxelles, 1999)	
1 - Planification 2 - Formulation des besoins 3 - Conception du système 4 - Implantation	1 - Étude d'opportunité 2 - Étude de faisabilité 3 - Modélisation du système 4 - Analyse fonctionnelle 5 - Réalisation technique 6 - Implantation 7 - Exploitation et entretien du système	

3.1.2 Diagnostic de l'existant

Le diagnostic de l'existant est entrepris à la suite d'un résultat positif de l'étude préliminaire. Les principaux objectifs du diagnostic de l'existant sont d'évaluer la performance des systèmes actuels et de pointer les exigences et les contraintes qui leur sont imposées. Les tâches à effectuer durant cette étape incluent une analyse de l'environnement et une collecte d'information sur les processus et systèmes existants (Rivard et Talbot, 2001).

3.1.3 Définition des besoins

Durant la phase de la définition des besoins, la simple description du système générée durant les étapes précédentes est développée pour former une liste détaillée des exigences de l'utilisateur. Selon King (1984), cette liste couvre tous les aspects du système du point de vue de l'utilisateur. Ceci dépasse les exigences fonctionnelles (ce que le système fait) pour inclure aussi les exigences physiques (comment le système le fait), les contraintes (comme le temps et la performance) et les interfaces externes avec les autres systèmes.

3.1.4 Spécification du système

Cette étape représente une transformation majeure dans le cycle de vie du développement de système (SDLC). Jusqu'à ce point toutes les activités étaient très orientées vers l'utilisateur. La spécification du système consiste à traduire les exigences définies durant l'étape précédente en des termes plus précis et plus techniques (King, 1984).

3.1.5 Conception du système

Beaucoup de professionnels croient par erreur que la conception du système est là où le SDLC commence. Ceci est évidemment un sentiment erroné vu l'importance cruciale des étapes qui précèdent la conception et qui analysent le problème (King, 1984). Le premier objectif de la phase de la conception est de développer une description technique du système proposé. En d'autres termes si la phase « spécification du système » définit le système fait « quoi »; l'objectif de la phase de la conception sera de définir « comment » le faire. Selon Rivard et Talbot (2001), cette phase regroupe les activités suivantes :

- a. conception de la base de données;
- b. conception des flux sortants (outputs);
- c. conception des traitements;
- d. conception des flux entrants (inputs);
- e. conception de l'interface humain-machine.

3.1.6 Réalisation technique

L'activité de réalisation technique consiste à transformer les spécifications et les modèles conçus aux étapes précédentes en un système concret. Cette activité fait appel aux compétences propres des spécialistes en architecture de données et de systèmes, en télécommunications et en programmation (Rivard et Talbot, 2001).

3.1.7 Implantation et exploitation

L'implantation sert à intégrer les composantes du système et à effectuer les tests opérationnels de performance ou de fiabilité pour valider le comportement de chaque élément (Bruxelle, 1999). Quant à l'exploitation, c'est une activité dont les tâches

doivent être accomplies tant et aussi longtemps que le système sera utilisé. Il s'agit de l'entretien et de l'évaluation post-implantation qui permettront de suggérer des modifications ou des ajouts dans le système (Rivard et Talbot, 2001).

3.2 L'outil de conception

King (1984) indique qu'il existe toujours beaucoup de discussions à propos des techniques et des outils à utiliser durant la phase de la conception. Gane et Sarson (1979) dans le « *Structured systems analysis: tools and techniques* » favorisent le développement descendant (*Top-Down development*). Cette technique consiste à commencer le développement en produisant une version sous forme d'un « squelette » rudimentaire du système. Le développement descendant crée la logique au plus haut niveau avant d'entamer les détails complexes. Ceci a l'avantage d'éviter le problème classique du développement ascendant (*Bottom-up development*) nommé le « problème de l'interface » ou « d'ajuster les composantes ensembles ». Gane et Sarson (1979) présentent un outil nommé Diagramme de flux de données (DFD) très compatible avec l'approche descendante. Ceci est affirmé aussi par King (1984) qui recommande le DFD pour la phase de la conception du système. La figure 12 visualise les outils de conception recommandés à travers le cycle de vie du système.

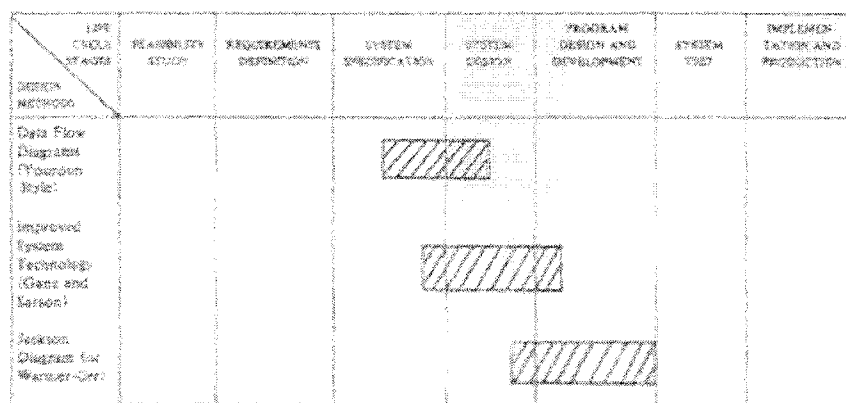


Figure 12 Recommandation d'outils de conception à travers le cycle de vie du système (adapté de King, 1984)

3.2.1 Présentation des diagrammes de flux de données (DFD)

Les diagrammes de flux de données (DFD) ou les diagrammes de flux d'information (DFI) comme certaines références les nomment représentent la circulation des informations, les différents chemins qu'elles peuvent prendre et les transformations qu'elles subissent (Angot, 1992). Cet outil a été originellement présenté par Gane et Sarson en 1977. Il s'agit de représenter graphiquement comment le système acquiert ses informations, les transforme (traite) et les stocke (mémoire).

Selon Angot (1992) le formalisme adopté pour l'établissement de ces diagrammes comprend cinq concepts simples :

- a. l'information en mouvement, représentée par un vecteur orienté. On la nomme message;
- b. l'opération de transformation de l'information, dite de traitement, représentée par un rectangle vertical aux coins arrondis et divisé en trois parties;
- c. les informations au repos, que l'on stocke pour pouvoir les consulter et/ou les réexploiter par la suite. Elles forment des paquets de données qui sont représentés par deux traits parallèles, fermés d'un bout. Pour plus de facilité ces paquets de données sont désignés sous le vocable classique de fichier;
- d. les acteurs, qui constituent la source ou la destination de l'information, représentés par un carré ayant deux cotés en ligne double;
- e. les flux en eux-mêmes, lorsque dans un diagramme donné on se relie à un ou plusieurs autres flux, comme le bloc de traitement « 4 – Vendre les produits » dans l'exemple présenté en annexe 1.

La figure 13 visualise les symboliques utilisées dans les diagrammes de flux. Il est à noter que c'est la méthode de Gane et Sarson qui est recommandée pour le développement du SGIPC.

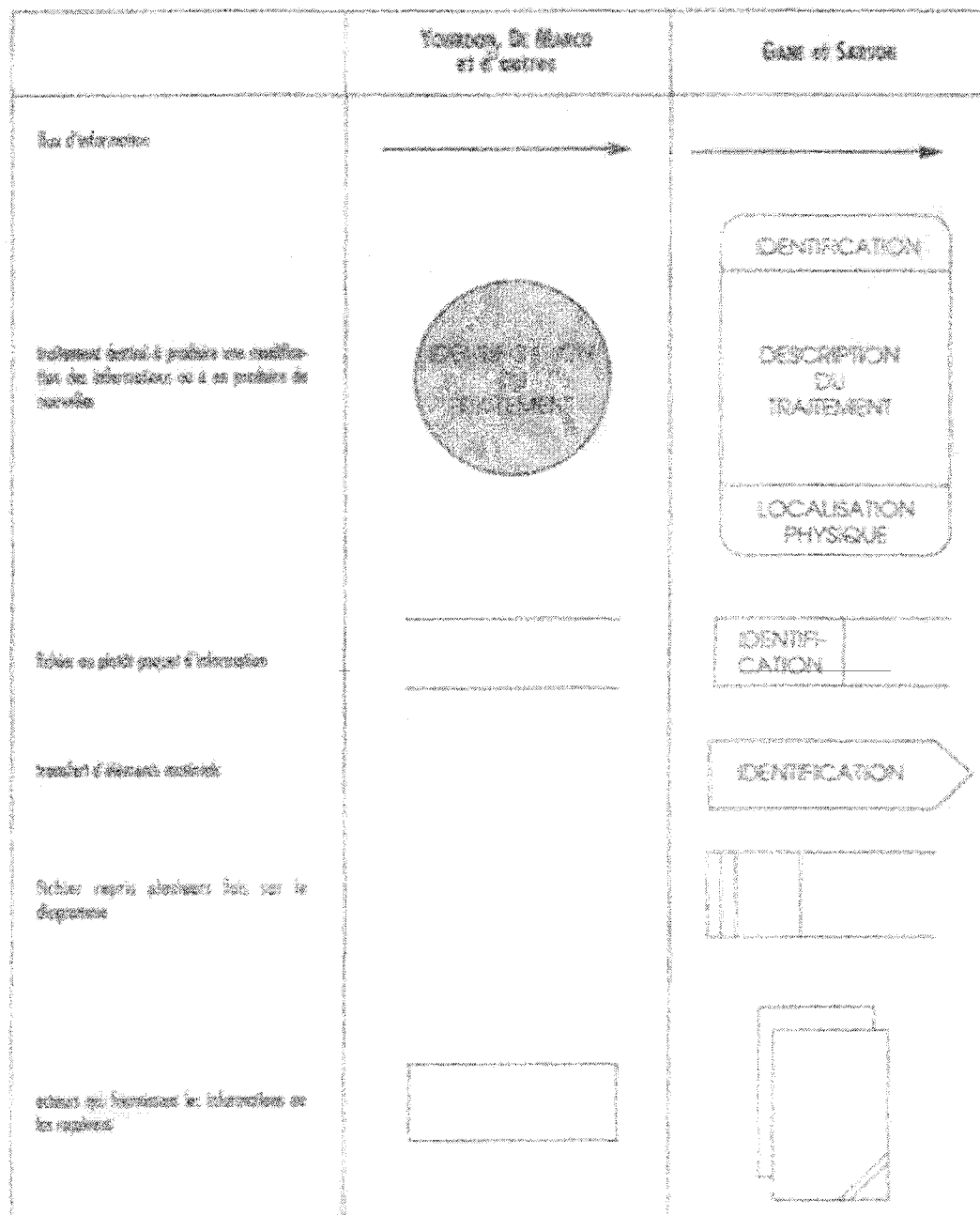


Figure 13 Les symboliques utilisées dans les diagrammes de flux
(adapté de Angot, 1992)

3.3 Les différents intervenants dans un projet de construction

Peu importe le type de projet à réaliser une équipe de construction doit intervenir. Celle-ci est composée de plusieurs intervenants dont le nombre varie selon le mode de réalisation et le type de marché. Hegazy (2002) présente 11 intervenants différents qui participent dans les projets de construction comme suit :

3.3.1 Maître de l'ouvrage

Le maître de l'ouvrage (souvent appelé le propriétaire ou le client) est l'individu ou l'organisation pour qui une installation ou un projet est construit ou un service fourni sous un contrat. Il peut être d'ordre privé, public ou une combinaison des deux. Dans la majorité des cas il possède et finance l'installation ou le projet.

Dépendamment de sa capacité, le maître de l'ouvrage peut exécuter lui-même les activités suivantes ou des portions de celle-ci : la planification, la gestion du projet, le budget, la conception, l'ingénierie, l'approvisionnement et la construction. Il engage des architectes, des entreprises d'ingénierie et des entrepreneurs selon le besoin pour accomplir le travail désiré.

3.3.2 Architecte

L'architecte est l'individu responsable de la conception des bâtiments et de leurs aménagements extérieurs. Étant donné que la plupart des architectes ont des capacités limitées en conception structurale, électrique ou d'autres conceptions spécialisées, ils comptent habituellement sur des ingénieurs-conseils pour ces travaux. L'architecte peut avoir l'obligation par le contrat de faire des visites périodiques au chantier pour évaluer la conformité avec les plans et les devis.

3.3.3 Architecte/Ingénieur (A/I)

L'architecte/ingénieur (connu aussi sous le vocable professionnel ou consultant) fait partie de l'entreprise qui engage les architectes, les ingénieurs et qui a la capacité de fournir des travaux de conception complète. L'entreprise A/I peut aussi avoir la capacité de fournir des services de gestion de la construction.

3.3.4 Gérant de construction⁴

Le gérant de construction est une entreprise ou une organisation spécialisée qui fournit les services administratifs et de gestion des activités de construction sur chantier. Il peut aussi fournir des services de consultation et/ou des fonctions directoriales. Il est responsable de gérer les activités normalement associées à un entrepreneur. Étant le professionnel de construction dans l'équipe du projet, le gérant de construction est responsable de :

- a. la coordination du design;
- b. la bonne sélection des méthodes et des matériaux de construction;
- c. la préparation des contrats pour le maître de l'ouvrage;
- d. les informations et le contrôle des coûts et des échéanciers;
- e. l'assurance de la qualité.

3.3.5 Ingénieur

Le terme ingénieur désigne l'individu et/ou l'entreprise engagée dans une conception spécialisée ou d'autres travaux associés à la conception ou la construction. Les ingénieurs responsables de la conception sont habituellement classifiés comme civil,

⁴ Voir la section 3.3.8 Gérant de projet

électrique, mécanique, environnemental et ainsi de suite selon leur spécialité. De même il existe des ingénieurs qui proviennent de ces disciplines de base mais qui se spécialisent en planification, estimation ou contrôle des coûts.

3.3.6 Entreprise d'ingénierie-construction

L'entreprise d'ingénierie-construction est un type d'organisation qui combine à la fois des contrats d'architecture/ingénierie et de construction. Ce genre d'entreprise possède la capacité d'exécuter au complet un projet en mode ingénierie-construction (*design-build*). Parfois cette entreprise fait aussi l'approvisionnement en équipements et en matériaux nécessaires pour la construction du projet.

3.3.7 Entrepreneur général

L'entrepreneur général (nommé aussi l'entrepreneur principal ou le maître d'œuvre) est la firme qui a signé un contrat avec le maître de l'ouvrage pour la construction du projet ou d'une partie majeure de celui-ci. En effet, d'après la commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST), la firme qui a la responsabilité de voir à l'exécution de l'ensemble des travaux, choix des méthodes de l'approvisionnement et du suivi, est appelée maître d'œuvre (Hegazy, 2002; Gervais, 2001).

Afin de gérer et de contrôler le processus de construction, l'entrepreneur général unifie en un seul effort coordonné une multitude d'éléments et de données concernant le projet. L'entrepreneur général exécute généralement les opérations courantes de construction comme la préparation du chantier, le coulage du béton et les finitions. Toutefois à fin de mener à bien son marché il fait fréquemment appel à des sous-traitants. Il est à noter que l'entrepreneur général demeure responsable de la qualité des travaux de ses sous-traitants.

3.3.8 Gérant de projet

Selon Hegazy (2002), le gérant de projet est l'individu chargé par le maître de l'ouvrage de l'ensemble de la coordination de tous les aspects du programme de la construction : planification, conception, approvisionnement et construction.

Il est d'une importance cruciale de mentionner ici que l'usage des termes « gérant de projet » et « gérant de construction » diffèrent d'une référence à l'autre. Selon Gervais (2001), le terme gérance est souvent employé à tort pour désigner la gestion de projet ou la gestion de construction. Il est, de plus, un des termes les plus mal définis dans l'industrie de la construction. De façon générique le terme « gérance » signifie la fonction qu'exerce le gérant. Le terme « gérant » dans ce cas est l'organisme qui exécute la gestion de projet ou de construction pour une tierce personne. Par la suite, ce gérant emploiera pour exécuter le projet, un directeur de projet.

La différence fondamentale entre la gestion de projet et la gestion de construction se situe au niveau de l'engagement du gérant. Dans la gestion de projet l'engagement du gérant se fait à l'initiation du projet, tandis que pour la gestion de construction, l'engagement du gérant est initié en quelque part après le choix des professionnels et le début du design du projet (Gervais, 2001).

Il est à noter que bien que la référence principale pour cette section soit celle de Hegazy (2002), ce document suit la définition expliquée ci-haut par Gervais (2001).

3.3.9 Ingénieur de projet

L'ingénieur de projet assure la liaison entre le chantier et le bureau d'ingénierie de son entreprise. Il supervise et coordonne les travaux de tous les ingénieurs qui travaillent dans le projet. De même il est parfois responsable de certaines fonctions administratives

comme la gestion des modifications. Il peut exécuter ces responsabilités pour le maître de l'ouvrage, le gérant de construction ou l'entrepreneur général.

3.3.10 Sous-traitants

Les sous-traitants que l'on nomme aussi sous-entrepreneurs ont un contrat avec un autre entrepreneur (pas avec le maître de l'ouvrage) pour exécuter une portion de ses travaux. Ces sous-traitants peuvent à leur tour engager d'autres sous-traitants. Pour un entrepreneur général il peut donc exister plusieurs niveaux de sous-traitants. La portion de travaux octroyée par l'entrepreneur général dépend de la nature, du type et de l'organisation qu'il entend utiliser afin de réaliser ses travaux.

3.3.11 Entrepreneur spécialisé

Cet entrepreneur est spécialisé dans un type d'ouvrage bien défini et possède sa propre organisation. Il exécute seulement des travaux spécialisés comme la plomberie, l'électricité et la peinture, soit comme un sous-traitant ou comme un entrepreneur principal.

Il importe d'ajouter à la liste de Hegazy un autre intervenant mentionné par Wesek et coll. (2000) : les fournisseurs

3.3.12 Fournisseurs

Les fournisseurs ont la responsabilité de fournir les équipements et les matériaux nécessaires pour la construction du projet. Ils peuvent être les fabricants des produits qu'ils fournissent. Selon le mode de réalisation ils coordonnent avec l'intervenant chargé de l'approvisionnement.

3.4 Les fonctions de gestion de projets

Le *Project management institute* (PMI) définit huit fonctions majeures impliquées dans le processus de gestion de projets (Miresco, 2002). Froese et coll. (1997B) citent 12 catégories fonctionnelles pour la gestion de projets. Le tableau III présente cet exemple.

Tableau III

Exemple d'une liste des fonctions de gestion de projet

1. Gestion de la portée du projet - o Initiation - o Planification de la portée - o Définition de la portée - o Vérification de la portée - o Contrôle des modifications de la portée	7. Gestion organisationnelle et des ressources humaines - o Planification organisationnelle - o Acquisition du personnel - o Développement des équipes - o Gestion des employés
2. Gestion du temps - o Définition des activités - o Jalonnement des activités - o Estimation de la durée des activités - o Développement de l'échéancier - o Contrôle de l'échéancier	8. Gestion des ressources procurées - o Planification de l'approvisionnement - o Planification des sollicitations - o Sollicitations (octroi/achat) - o Sélection des sources - o Administration des contrats - o Gestion des modifications - o Fermeture des contrats
3. Gestion des coûts - o Planification des ressources - o Estimation des coûts	

Tableau III (suite)

- o Budgétisation des coûts - o Contrôle des coûts	9. Méthodes et processus opérationnels - o Planification des méthodes - o Contrôle des méthodes et de la productivité
4. Gestion de la qualité - o Planification de la qualité - o Assurance de la qualité - o Contrôle de la qualité	10. Gestion des informations et des communications - o Planification des communications - o Distribution des informations - o Évaluation de la performance - o Fermeture administrative
5. Gestion des risques - o Identification des risques - o Quantification des risques - o Développement de la réponse aux risques - o Contrôle de la réponse aux risques	11. Gestion des ressources financières - o Opérations bancaires - o Cautionnements
6. Gestion de la sécurité et de l'environnement - o Planification de la sécurité - o Contrôle de la sécurité - o Planification de l'environnement - o Contrôle de l'environnement	12. Gestion des ressources physiques - o Gestion des matériaux - o Gestion de la machinerie

(adapté de Froese et coll., 1997B)

3.5 Les différents documents circulant dans un projet de construction

Durant le processus de construction une grande variété de documents est générée. La nature et le nombre de ces documents dépendent du mode de réalisation et des procédures de gestion choisies par l'organisation. Selon Shahid (1996) ces documents peuvent être classifiés comme suit :

3.5.1 Document simple

Un document simple est une pièce individuelle d'information traitée comme une seule unité, comme par exemple une lettre ou un ordre. Un document simple n'a jamais d'autres versions, son contenu est fixé quand il est créé et ne change jamais. Il est classé et archivé avec un numéro de référence unique qui également ne change jamais.

3.5.2 Document composé

Un document composé est une collection d'informations qui peuvent provenir de plusieurs sources. Il paraît au lecteur comme un seul document, surtout lorsqu'il est imprimé et relié comme un seul rapport. Le document composé est créé à partir de plusieurs items. Il est mis à jour semi-automatiquement quand ces items sont revus par d'autres personnes dans l'organisation. Il peut être émis et archivé pour une consultation future sous forme d'un document simple; dans ce cas son contenu est gelé au moment de son émission. Un document composé est presque une photo instantanée de la situation présente d'un ensemble d'informations : il accède habituellement à la base de données pour avoir la plus nouvelle version d'un de ses documents (items). Les exemples incluent entre autres les rapports d'avancement, les avis de changement et les rapports de chantier.

3.5.3 Liste de documents

Le tableau IV contient une liste de documents circulant dans un projet de construction. Cette liste est essentiellement basée sur une étude présentée par Froese et coll. (1997A). En outre elle a été analysée par rapport à d'autres sources comme le Comité canadien des documents de construction (CCDC) (1996). Toutefois, il importe de souligner que cette liste est présentée à titre d'exemple seulement et peut varier d'un projet à l'autre.

Tableau IV

Exemple d'une liste de documents circulant dans un projet de construction

– Appel d'offres	– Formulaire de présélection
– Autorisation de débiter	– Instruction de chantier
– Avenant de modification	– Instruction supplémentaire
– Avis d'acceptation	– Lettre
– Avis d'achèvement	– Liste de déficiences
– Avis de déficience	– Liste de la machinerie en location
– Avis de non-conformité	– Liste de la machinerie sur chantier
– Avis de sécurité	– Liste de participants
– Base de données des prix unitaires	– Liste de vérification
– Bordereau de quantités	– Liste des activités
– Bordereau de transmission	– Liste des entrepreneurs
– Budget	– Liste des fournisseurs
– Calendrier des travaux	– Liste des valeurs et ouvrage exécuté
– Certificat de paiement	– Lots de travail
– Commande	– Mise à jour de l'échéancier

Tableau IV (suite)

– Contrat – Conversation téléphonique – Demande de clarification – Demande de modification – Demande de paiement – Demande de présélection – Demande de soumission – Demande d'information – Demande d'inspection – Demande d'offre – Dessin – Dessin d'atelier – Devis technique – Directive de modification – Documents contractuels – Documents d'appel d'offre – Échéancier – Échéancier d'entretien de la machinerie – Échéancier hebdomadaire – Essai de qualité – Estimation des coûts – Facture – Feuille de temps	– Mise à jour de l'estimation des coûts – Mise à jour du budget – Note de service – Offre – Organigramme – Paiement – Photo du chantier – Plan d'allocation des ressources – Plan de contrôle de qualité – Plan de gestion de l'envergure des travaux – Plan de qualité – Procès-verbal de réunion – Programme de prévention – Projet de modification – Rapport d'avancement – Rapport de chantier – Rapport d'évaluation – Rapports des coûts – Registre de la correspondance – Registre des matériaux emmagasinés – Schéma de chantier – Sommaire des modifications – Submittal
--	---

(adapté de Froese et coll., 1997A)

3.5.4 Explication des documents de modification

Le processus de modification permet au maître de l'ouvrage, par l'entremise du professionnel, d'apporter des modifications à l'ouvrage, au moyen d'avenants de modification ou de directives de modification. Il existe souvent une certaine ambiguïté à propos des documents utilisés lors de ce processus. La source des clarifications présentées ci-dessous est le Comité canadien des documents de construction (CCDC) (1996).

3.5.4.1 Document « Projet de modification »

Ce document sert à demander à l'entrepreneur d'indiquer quels changements au prix du contrat ou au délai d'exécution du contrat résulteraient, d'après lui, d'une modification qu'il est projeté d'apporter à l'ouvrage. Si le maître de l'ouvrage n'accepte pas les propositions de l'entrepreneur, il peut émettre une directive de modification, à condition que la modification projetée soit compatible avec la portée des documents contractuels.

3.5.4.2 Document « Directive de modification »

La directive de modification est un document signé et émis par le maître de l'ouvrage pour demander qu'une modification, compatible avec la portée des documents contractuels, soit apportée à l'ouvrage. Elle est émise pour ordonner à l'entrepreneur d'exécuter une modification à l'ouvrage avant que le maître de l'ouvrage et l'entrepreneur se soient entendus sur le rajustement du prix du contrat et du délai d'exécution du contrat. Une fois la directive de modification émise, les parties peuvent continuer à négocier, en vue de s'entendre sur un rajustement du prix du contrat et du délai d'exécution du contrat, entente qui sera confirmée par l'émission d'un avenant de modification.

3.5.4.3 Document « Avenant de modification »

Ce document est signé par le maître de l'ouvrage et l'entrepreneur et a pour fonction d'enregistrer leur accord sur : une modification à l'ouvrage, le montant du changement apporté au prix du contrat (ou l'indication de la méthode qui sera utilisée pour fixer ce montant) et l'étendue du changement apporté au délai d'exécution.

Il existe aussi un document de projet et d'avenant de modification combinés. Ce document comprend à la fois la demande faite par le maître de l'ouvrage, la proposition de l'entrepreneur en réponse à cette demande et une entente signée par le maître de l'ouvrage et l'entrepreneur. Selon le Comité canadien des documents de construction (CCDC) (1996), ce document est très pratique dans le cas de modifications peu considérables ou clairement délimitées.

3.5.4.4 Document « Sommaire des modifications »

Selon le CCDC (1996), ce document rassemble en un tableau, pour l'information du maître de l'ouvrage, de l'entrepreneur et du professionnel, les modifications qu'il est projeté d'apporter ou qui ont été apportés à l'ouvrage. Ce tableau constitue un état des modifications à l'ouvrage.

3.5.4.5 Document « demande de modification »

Contrairement aux documents de modification présentés ci-dessus, le document « demande de modification » est présenté par l'entrepreneur pour demander une modification qu'il juge nécessaire. En cas d'approbation ceci mènera au commencement d'un cycle de modification et éventuellement à l'émission d'un avenant de modification.

3.6 Les avantages des systèmes semblables au SGIPC

Cette section est basée sur la revue de littérature concernant les systèmes semblables au SGIPC (SSGIPC). Il s'agit des systèmes centrés sur le Web (*Web-centric systems*) et des logiciels qui permettent une gestion en temps réel. Pour la simplicité ce genre de système est souvent représenté ci-dessous par les SSGIPC.

Selon Rojas et Songer (1999A) il se produit un grand changement de l'isolation à la collaboration quand un système centré sur le Web est implanté. Le caractère de ce grand changement est basé sur le concept de la possession, l'accessibilité, la disponibilité et le contrôle des informations.

Dans un système centré sur le Web, la possession des informations passe de l'individu à l'organisation. Dans les systèmes traditionnels chaque individu connaît une petite partie des informations, s'il quitte, il existe un risque de perte de données. Dans les SSGIPC les données demeurent dans un emplacement central et le processus est indépendant des individus.

L'accessibilité des informations dans les SSGIPC passe de l'isolé à l'universel. Dans un système traditionnel les données demeurent physiquement dans un bureau. Juste les personnes ayant accès à ce bureau peuvent profiter de ces informations. Les SSGIPC offrent un accès universel aux informations à travers Internet. Il s'agit alors d'une importante amélioration du processus de distribution de données selon le modèle « retirer » précédemment présenté dans le point 2.1.3.3 du présent document.

La disponibilité des informations passe de réduite à complètement disponible. Les systèmes centrés sur le Web sont disponibles 24 heures sur 24, 365 jours par an. L'accès aux informations est immédiat et sans délais comme c'est le cas dans les systèmes

traditionnels. En plus les rapports sont générés immédiatement en ligne puisque toutes les informations demeurent en tout temps dans une seule base de données.

Rojas et Songer (1999B) indiquent aussi que les systèmes centrés sur le Web permettent aux gestionnaires d'avoir un accès immédiat aux informations mises à jour. Ceci favorise la bonne prise de décision et augmente les chances de succès. De même l'intégration de nouveaux participants dans le processus passe de complexe à simple. Par exemple, un nouvel entrepreneur qui joint le projet, n'a plus besoin d'entraînement ou de nouvelles installations de logiciels. Il a juste besoin d'avoir accès à l'Internet pour participer.

Il importe ici de présenter les résultats de deux études concernant les avantages des systèmes semblables au SGIPC :

3.6.1 Étude 1

La première étude a été présentée par Wesek et coll. (2000) dans leur document « *A Benefits Analysis of Online Project Collaboration Tools within the Architecture, Engineering and Construction Industry* ». Le tableau V visualise les résultats de cette étude; la légende suivante y est utilisée :

- MO = Maître de l'ouvrage
- AI = Architecte/Ingénieur
- EG = Entrepreneur général
- ES = Entrepreneur spécialisé

Tableau V

Les avantages des systèmes de gestion en temps réel

Domaine de l'avantage	Avantages actuels réalisés à travers l'utilisation des outils de gestion en temps réel	Intervenants profitant de l'avantage
Communication - communication de l'avancement du projet - temps mis pour la communication en général, gardant tous les membres du projet informés de l'état d'avancement du projet, des questions et d'autres informations importantes pour assurer l'exécution du projet à temps (comme par exemple la mise à jour de l'échéancier)	30%-60% du temps sauvé par les professionnels pour communiquer l'avancement du projet	MO, AI, EG, ES
Durée du cycle de vie du projet - accès 24/7 aux informations mises à jour - disponibilité des informations en temps réel tout au long du projet - réduction de la durée du cycle des demandes d'information/avenants de modification/clarifications des devis - temps d'aller retour mis pour soumettre une demande et d'en recevoir la réponse par un autre membre du projet - réduction du cycle de vie du projet - temps sauvé qui représente un potentiel de finir le projet en avance grâce au raccourcissement des périodes d'approbation des soumissions, avenants de modification, etc.	- Pas quantifiable 30%-60% de réduction du temps - Fin du projet jusqu'à 5% en avance	MO, AI, EG, ES MO, AI, EG, ES MO, EG

Tableau V (suite)

Domaine de l'avantage	Avantages actuels réalisés à travers l'utilisation des outils de gestion en temps réel	Intervenants qui profitent de l'avantage
Gestion des ressources – meilleure utilisation des ressources – support administratif nécessaire pour s'occuper des documents en papier et des autres activités non professionnelles – réduction des coûts – inclut les coûts d'impression, d'envoi par courrier et de voyage si l'équipe est géographiquement dispersée – recherche d'information – temps mis par les rédacteurs de devis en recherche des informations actuelles dans les spécifications et les éléments de conception	– 20%-50% gain du temps consacré par le support administratif – Moyenne 20%-30% d'économie de coûts actuels – Jusqu'à 50% d'économie du temps de recherche	AI, EG MO, AI, EG, ES MO, AI
Finance/Flux monétaire – amélioration du processus d'approvisionnement – chercher les meilleures offres et acheter des produits en ligne – augmentation des revenus – occupation plus tôt du projet : les locataires sont capables d'occuper le projet en avance sur l'échéancier et commencent plus tôt à payer leurs loyers – opportunités dues à la fin du projet plus tôt que prévue : l'équipe du projet peut commencer à travailler sur un autre projet avantageux	– Pas quantifiable – À déterminer selon une fin de projet jusqu'à 5% en avance – À déterminer selon une fin de projet jusqu'à 5% en avance	ES MO MO, EG, AI, ES

Tableau V (suite)

Domaine de l'avantage	Avantages actuels réalisés à travers l'utilisation des outils de gestion en temps réel	Intervenants qui profitent de l'avantage
– diminution des coûts – moins d'intérêts sur les prêts de construction : finir plus tôt le projet diminue les charges financières requises pour la construction – éviter les coûts des délais du projet : coûts supplémentaires de la main-d'œuvre, location prolongée des équipements, frais généraux additionnels	– À déterminer selon une fin de projet jusqu'à 5% en avance – À déterminer selon une fin de projet jusqu'à 5% en avance	MO MO, EG, AI, ES
Responsabilité – augmentation de la transparence – tous les intervenants peuvent voir toutes les informations du projet en tout temps – augmentation du sens de responsabilité – allocation de tâches clairement documentée dans un emplacement central et accessible à tous les membres de l'équipe	– Pas quantifiable – Pas quantifiable	MO, AI, EG, ES MO, AI, EG, ES
Archivage – meilleure documentation de l'historique du cycle de vie du projet – le cycle de vie et l'historique du projet sont documentés et un sommaire est disponible comme référence – diminution des risques légaux et prévention de litiges – moins de chance d'avoir des recours légaux	– Pas quantifiable – Pas quantifiable	MO, AI, EG, ES MO, AI, EG, ES

(adapté de Wesek et coll., 2000)

3.6.2 Étude 2

La deuxième étude est présentée par Stewart et Mohamed (2003) dans leur document « *An empirical investigation of users' perceptions of web-based communication on a construction project* ». Cette étude consiste à évaluer les améliorations apportées aux projets de construction grâce à l'utilisation de la technologie de l'information (TI). L'évaluation est faite à travers une enquête entre les premiers utilisateurs d'un système basé sur le Web. L'outil de recherche utilisé est un questionnaire pour les principaux participants d'un grand projet multidisciplinaire. Ce questionnaire évalue cinq aspects reliés à la TI comme suit :

- a. aspect opérationnel : la nature fragmentée de l'industrie de la construction veut que cet aspect dépasse la limite d'une procédure interne et englobe les procédures impliquant les autres intervenants;
- b. aspect bénéfiques : cet aspect évalue les bénéfices tangibles (économie de temps et de coûts) et les bénéfices intangibles qui incluent typiquement les éléments non-monétaires;
- c. aspect orientation de l'utilisateur : du point de vue de l'utilisateur, la valeur de l'outil dépend énormément de l'aide qu'il lui offre pour mieux réaliser son travail. Cet aspect inclut le taux d'utilisation de l'outil, la disponibilité de l'entraînement et le support technique;
- d. aspect compétitivité stratégique : cet aspect est le plus difficile à évaluer. Il diffère de celui des « bénéfices » car il se concentre sur les objectifs stratégiques de long terme;
- e. aspect technologie/système : cet aspect couvre uniquement les éléments techniques (matériels et logiciels) comme la fiabilité et la performance du système.

L'analyse des résultats de cette enquête est présentée dans la figure 14. L'augmentation du pourcentage d'un aspect signifie une meilleure performance due à la contribution de la technologie de l'information.

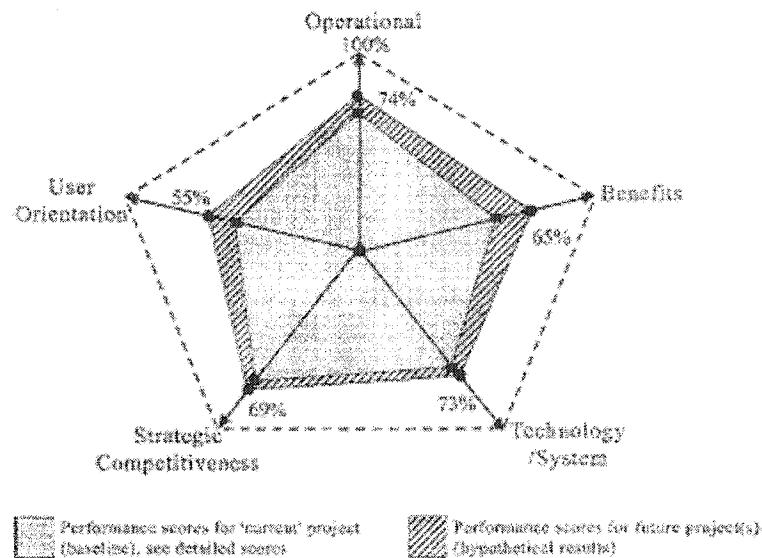


Figure 14 Diagramme montrant l'analyse des résultats de l'enquête
(adapté de Stewart et Mohamed, 2003)

Dans ce projet particulier une évaluation globale de 68% a été calculée pour l'utilisation de l'outil basé sur la TI. Les résultats montrent que les participants trouvent que l'aspect opérationnel est où l'outil contribue le plus (74%) : meilleure coordination et communication ainsi qu'une réduction du temps des correspondances. Toutefois les participants n'étaient pas très satisfaits de l'entraînement et du support technique (55%).

Il importe de mentionner selon Stewart et Mohamed (2003) qu'il s'agit de la première fois qu'un système basé sur la TI est utilisé dans l'environnement d'un projet. Le système n'a donc pas été utilisé à pleine capacité, ce qui peut avoir influencé les réponses des participants.

3.7 Les désavantages des systèmes semblables au SGIPC

Le terme « désavantages » est utilisé ici pour compléter l'étude classique des « avantages et désavantages », toutefois la revue de littérature parle plutôt de problèmes ou de situations à régler dans le futur. Selon William J. O'Brien (2000), l'implantation des systèmes basés sur le Web est fondamentalement affectée par les défis suivants :

3.7.1 La barrière du mot de passe

La grande majorité des systèmes basés sur le Web possèdent une forme de protection par mots de passe. Le but est d'interdire aux personnes non-autorisées de voir des informations importantes. Le problème est qu'il est très difficile dans un projet de construction de trouver un groupe de personnes qui communiquent uniquement ensemble et avec personne d'autre. Il existe donc un problème d'accès inhérent aux mots de passe et c'est de déterminer les frontières du système.

Plusieurs des outils actuels permettent aux utilisateurs d'avoir des données privées qui sont uniquement lisibles par un certain groupe préalablement choisi. Toutefois le grand nombre de participants fait qu'il est pratiquement impossible de donner un mot de passe à tout le monde. En plus, les outils qui permettent ce genre d'opération ont tendance à être trop complexes et donc plus difficiles pour les utilisateurs occasionnels. Cette utilisation prédéfinie crée ses propres problèmes; le plus simple étant que le système ne devient plus un outil global de collaboration. De même l'utilisation de mots de passe crée une classe d'utilisateurs qui doivent franchir les frontières du système pour communiquer avec des intervenants qui n'y ont pas accès. Ceci crée un travail supplémentaire. Un mauvais choix de frontières (droits d'accès) dans un système Web risque de le rendre inutile.

3.7.2 Les aspects légaux

L'environnement légal actuellement établi dans l'industrie de la construction possède des procédures claires basées sur l'utilisation des documents en papier. Les outils de collaboration à travers le Web impliquent un changement aux méthodes traditionnelles de travail. Ceci laisse le sujet des responsabilités légales sans solutions claires et augmente ainsi les risques potentiels dans un projet de construction. En d'autres termes, la problématique concernant le poids légal des documents électroniques n'est toujours pas résolue selon William J. O'Brien (2000).

3.7.3 La maturité en collaboration et la transparence non-voulue

La maturité en collaboration représente à quel degré les intervenants d'un projet possèdent la volonté de travailler ensemble. Ceci inclut leur volonté de partager les informations et l'expérience pour la réussite du projet. Il est évident que les systèmes basés sur le Web sont plus compatibles aux équipes possédant déjà un degré élevé de maturité en collaboration. Ces systèmes permettent une gestion des informations ouverte et non-hiérarchique. Toutefois même les meilleures équipes en collaboration possèdent des contraintes en ce qui concerne la transparence du système utilisé. Selon William J. O'Brien (2000), la connaissance c'est le pouvoir et beaucoup d'intervenants sont inconfortables de sacrifier ce pouvoir. Ces intervenants considèrent la transparence du système comme une menace potentielle. Le meilleur exemple dans ce cas est d'un entrepreneur général qui doit « publié », avec toute transparence, la mise à jour de son échéancier malgré un retard qui risque de le pénaliser.

3.7.4 La résistance au changement

L'implantation d'un système basé sur le Web nécessite un changement. Selon William J. O'Brien (2000) à l'exception des innovateurs les gens généralement résistent au

changement. Dans un projet de construction la majorité des participants sont des pragmatistes qui veulent avant tout voir la preuve de l'efficacité de l'outil. Une exigence fondamentale pour la réussite de l'outil est de trouver le moyen de l'intégrer dans le travail quotidien de ces participants. Ceci peut entraîner de nouvelles descriptions d'emploi ou une modification des descriptions d'emploi actuelles.

3.7.5 La multiplicité des chaînes de communication

Ce problème est dû au fait que les intervenants d'un projet de construction communiquent déjà ensemble à travers une multitude de chaînes. Les téléphones, les cellulaires, les téléavertisseurs, les télécopieurs, les répondeurs et le courriel sont tous des moyens de communications déjà utilisés. Il existe alors une tendance à contourner le système basé sur le Web en utilisant d'autres technologies plus familières.

3.8 Étude de cas

Cette section présente un exemple tiré du monde réel de la construction. L'étude de cas suivante est présentée selon Alshawi et Ingirige (2003) :

3.8.1 Mise en situation

Le projet implique la construction de bureaux et de laboratoires pour l'entreprise « 3COM ». Celle-ci est une entreprise américaine de réseautage informatique ayant des branches dans 45 pays. La conception a commencé en juillet 1996 et les bâtiments ont été complétés en février 1998. Le client a insisté sur l'utilisation d'une approche de partenariat entre l'équipe qui exécute le projet.

3.8.2 La collaboration

Les dessins ont été livrés électroniquement à chaque membre de l'équipe comme des pièces jointes au courriel. Les demandes d'approbation et de confirmation ont aussi été acceptées par le même intermédiaire. 3COM a fourni le serveur du réseau et le logiciel de collaboration. En plus de la collaboration sous forme électronique, le gérant du projet a insisté sur un certain nombre de procédures de gestion :

- a. chaque organisation devrait vérifier le serveur 3 fois par jour pour collecter des nouvelles informations;
- b. chaque organisation devrait avoir une seule personne responsable de l'administration de la documentation;
- c. une copie papier des dessins devrait être envoyée à chaque membre du projet comme une mesure de contrôle pour vérifier les divergences;
- d. le gérant du projet devrait garder un registre de toutes les informations émises.

La communication a été réalisée par des liens de communication ordinaire avec le serveur. Les consultants étaient seulement responsables d'envoyer un fichier électronique de dessin au serveur et d'envoyer une seule copie imprimée aux autres membres du projet. L'entrepreneur était responsable de la duplication des dessins sur chantier.

3.8.3 Les bénéfices

Les bénéfices suivants ont été documentés :

- a. la vitesse de communication des dessins a augmenté;
- b. grâce à l'augmentation de vitesse, l'équipe a été capable de se mettre d'accord sur un travail additionnel d'un million de livres sans aucun délai du projet;

- c. les réunions traditionnelles de chantier ont été converties en des « réunions des informations requises » de sorte que tous les membres peuvent y participer. L'entrepreneur en produisait un rapport électronique et le distribuait à toute l'équipe;
- d. la réduction des coûts de livraison et de reproduction ont permis une économie totale de £25,000 pour le projet;
- e. l'espace de rangement nécessaire pour les documents en papier a été réduit.

3.8.4 Les problèmes

Les problèmes suivants ont été documentés dans l'étude de cas de 3COM (Alshaw et Ingirige, 2003) :

- a. les coûts pour surmonter les incompatibilités;
- b. les différents degrés de connaissance des technologies de l'information (TI) que les membres de l'équipe possédaient;
- c. les problèmes techniques comme la difficulté de traiter les grands fichiers;
- d. plusieurs problèmes concernant la sécurité;
- e. certains sous-traitants ont trouvé difficile de suivre la technologie bien que le système ait bien fonctionné pour les principaux intervenants.

3.9 Les matrices d'analyse

Selon Shahid (1996), l'analyse des besoins est l'une des tâches fondamentales du développement d'un système d'information. Cette tâche inclut une étude des utilisateurs, leurs fonctions de gestion ainsi que leurs besoins et sources d'informations. Pour accomplir ces études, un outil analytique doit être utilisé. L'utilisation des matrices est une approche recommandée pour cette étude. Les tableaux VI, VII et VIII présentent des matrices d'analyse comme suit :

- a. le tableau VI présente une matrice « intervenants versus fonctions de gestion de projet ». Il importe de souligner que cette matrice analyse les fonctions exécutées au niveau du projet uniquement et ne tient pas compte des tâches exécutées intérieurement dans l'entreprise de chaque intervenant;
- b. le tableau VII présente une matrice « fonctions de gestion de projet versus documents de construction »;
- c. le tableau VIII présente une matrice « intervenants versus documents de construction », cette matrice est basée sur les résultats des tableaux VI et VII.

Les matrices d'analyse présentées dans ces tableaux sont basées sur une revue de littérature intense en plus des informations présentées dans les sections 3.3, 3.4 et 3.5 du présent document. De même ces tableaux sont inspirés d'une étude réalisée par Shahid (1996) mais qui a été limitée au niveau du personnel d'une entreprise. L'étude présentée dans ce mémoire est réalisée au niveau du projet, donc au niveau global des intervenants et pas du personnel d'un seul participant.

Tableau VI

Matrice d'analyse « intervenants versus fonctions de gestion de projet »

Légende:		Intervenant	Maître de l'ouvrage	Architecte/Ingénieur	Gérant de Projet/Construction	Entrepreneur général	Sous-traitants	Fournisseur
X=Exécution générale au niveau du projet (les tâches exécutées intérieurement dans l'entreprise de chaque intervenant ne sont pas prises en considération)								
Fonction/Activité								
1. Gestion de la portée du projet								
o Initiation			X					
o Planification de la portée			X	X				
o Définition de la portée				X				
o Vérification de la portée			X					
o Contrôle des modifications de la portée			X	X	X			
2. Gestion du temps								
o Définition des activités						X		
o Jalonnement des activités						X		
o Estimation de la durée des activités						X	X	X
o Développement de l'échéancier						X		
o Contrôle de l'échéancier					X	X		
3. Gestion des coûts								
o Planification des ressources						X	X	
o Estimation des coûts						X	X	X
o Budgétisation des coûts			X		X	X		
o Contrôle des coûts			X		X	X		
4. Gestion de la qualité								
o Planification de la qualité					X	X		
o Assurance de la qualité				X	X			
o Contrôle de la qualité						X	X	X
5. Gestion des risques								
o Identification des risques			X			X		
o Quantification des risques			X			X		
o Développement de la réponse aux risques			X			X		
o Contrôle de la réponse aux risques			X			X		
6. Gestion de la sécurité et de l'environnement								
o Planification de la sécurité					X	X		
o Contrôle de la sécurité					X	X	X	
o Planification de l'environnement					X	X		
o Contrôle de l'environnement					X	X	X	

Tableau VI (suite)

Fonction/Activité	Intervenant	Maître de l'ouvrage	Architecte/Ingénieur	Gérant de Projet/Construction	Entrepreneur général	Sous-traitants	Fournisseur
Légende: X=Exécution générale au niveau du projet (les tâches exécutées intérieurement dans l'entreprise de chaque intervenant ne sont pas prises en considération)							
7. Gestion organisationnelle et des ressources humaines							
o Planification organisationnelle				X	X		
o Acquisition du personnel					X		
o Développement des équipes					X		
o Gestion des employés					X		
8. Gestion des ressources procurées							
o Planification de l'approvisionnement		X		X	X		
o Planification des sollicitations		X		X	X		
o Sollicitations (octroi/achat)		X		X	X		
o Sélection des sources		X		X	X		
o Administration des contrats		X		X	X		
o Gestion des modifications		X		X	X		
o Fermeture des contrats		X		X	X		
9. Méthodes et processus opérationnels							
o Planification des méthodes					X		
o Contrôle des méthodes et de la productivité				X	X		
10. Gestion des informations et des communications							
o Planification des communications		X	X	X			
o Distribution des informations		X	X	X	X		
o Évaluation de la performance		X	X	X			
o Fermeture administrative		X		X	X		
11. Gestion des ressources financières							
o Opérations bancaires		X			X		
o Cautionnements		X			X		
12. Gestion des ressources physiques							
o Gestion des matériaux					X		
o Gestion de la machinerie					X		

Tableau VII

Matrice d'analyse « fonctions de gestion de projet versus documents de construction »

Légende:		Documents																																							
X = Document utilisé pour (ou résultant de) l'exécution de cette fonction																																									
Fonction/Activité		Appel d'offres	Autorisation de débiter	Avenant de modification	Avis d'acceptation	Avis d'achèvement	Avis de déficience	Avis de non-conformité	Avis de sécurité	Base de données des prix unitaires	Bordereau de quantités	Bordereau de transmission	Budget	Calendrier des travaux	Certificat de paiement	Commande	Contrat	Conversation téléphonique	Demande de clarification	Demande de modification	Demande de paiement	Demande de présélection	Demande de soumission	Demande d'information	Demande d'inspection	Demande d'offre	Dessin	Dessin d'atelier	Devis technique	Directive de modification	Documents contractuels	Documents d'appel d'offre	Échéancier	Échéancier d'entretien de la machinerie	Échéancier hebdomadaire	Essai de qualité	Estimation des coûts	Facture	Feuille de temps		
1. Gestion de la portée du projet																																									
o Initiation													X														X														
o Planification de la portée													X	X												X															
o Définition de la portée													X	X												X															
o Vérification de la portée													X	X												X															
o Contrôle des modifications de la portée			X										X													X															
2. Gestion du temps																																									
o Définition des activités			X											X			X										X		X					X							
o Jalonnement des activités														X												X		X		X				X							
o Estimation de la durée des activités			X							X				X												X	X	X		X				X							
o Développement de l'échéancier									X	X				X												X	X	X		X				X					X		
o Contrôle de l'échéancier		X	X	X	X													X						X			X	X	X		X			X		X					
3. Gestion des coûts																																									
o Planification des ressources										X	X			X												X	X	X	X		X			X							
o Estimation des coûts			X							X	X												X			X	X	X	X	X	X	X	X					X			
o Budgétisation des coûts												X																				X	X					X			
o Contrôle des coûts			X							X	X	X	X	X	X		X					X									X	X	X					X	X	X	
4. Gestion de la qualité																																									
o Planification de la qualité																																									
o Assurance de la qualité				X		X	X																														X				
o Contrôle de la qualité																									X											X					
5. Gestion des risques																																									
o Identification des risques	X													X												X		X		X	X	X						X			
o Quantification des risques												X							X															X				X			
o Développement de la réponse aux risques																	X																								
o Contrôle de la réponse aux risques			X																		X										X										
6. Gestion de la sécurité et de l'environnement																																									
o Planification de la sécurité								X	X																								X								
o Contrôle de la sécurité																																									
o Planification de l'environnement																													X			X									
o Contrôle de l'environnement								X																																	

Tableau VII (suite)

Légende:			
X = Document utilisé pour (ou résultant de) l'exécution de cette fonction		Documents	
Fonction/Activité		Appel d'offres	Autorisation de débiter
		Avenant de modification	Avis d'acceptation
		Avis d'achèvement	Avis de déficience
		Avis de non-conformité	Avis de sécurité
		Base de données des prix unitaires	Bordereau de quantités
		Bordereau de transmission	Budget
		Calendrier des travaux	Certificat de paiement
		Commande	Contrat
		Conversation téléphonique	Demande de clarification
		Demande de modification	Demande de paiement
		Demande de présélection	Demande de soumission
		Demande d'information	Demande d'inspection
		Demande d'offre	Dessin
		Dessin d'atelier	Devis technique
		Directive de modification	Documents contractuels
		Documents d'appel d'offre	Echéancier
		Echéancier d'entretien de la machinerie	Echéancier hebdomadaire
		Essai de qualité	Estimation des coûts
		Facture	Feuille de temps
7. Gestion organisationnelle et des ressources humaines			
o Planification organisationnelle			
o Acquisition du personnel			X
o Développement des équipes			
o Gestion des employés			
8. Gestion des ressources procurées			
o Planification de l'approvisionnement			X
o Planification des sollicitations	X		
o Sollicitations (octroi/achat)			X X
o Sélection des sources			
o Administration des contrats		X	X
o Gestion des modifications		X	X
o Fermeture des contrats			X
9. Méthodes et processus opérationnels			
o Planification des méthodes			X
o Contrôle des méthodes et de la productivité		X X	
10. Gestion des informations et des communications			
o Planification des communications			
o Distribution des informations			X
o Évaluation de la performance			
o Fermeture administrative		X	
11. Gestion des ressources financières			
o Opérations bancaires			
o Cautionnements	X		
12. Gestion des ressources physiques			
o Gestion des matériaux		X	X
o Gestion de la machinerie			X

Tableau VII (suite)

Légende:																					
X = Document utilisé pour (ou résultant de) l'exécution de cette fonction																					
Documents																					
Formulaire de présélection																					
Instruction de chantier																					
Instruction supplémentaire																					
Lettre																					
Liste de déficiences																					
Liste de la machinerie en location																					
Liste de la machinerie sur chantier																					
Liste de participants																					
Liste de vérification																					
Liste des activités																					
Liste des entrepreneurs																					
Liste des fournisseurs																					
Liste des valeurs et ouvrage exécuté																					
Lots de travail																					
Mise à jour de l'échéancier																					
Mise à jour de l'estimation des coûts																					
Mise à jour du budget																					
Note de service																					
Offre																					
Organigramme																					
Paiement																					
Photo du chantier																					
Plan d'allocation des ressources																					
Plan de contrôle de qualité																					
Plan de gestion de l'envergure des travaux																					
Plan de qualité																					
Procès-verbal de réunion																					
Programme de prévention																					
Projet de modification																					
Rapport d'avancement																					
Rapport de chantier																					
Rapport d'évaluation																					
Rapports des coûts																					
Registre de la correspondance																					
Registre des matériaux emmagasinés																					
Schéma de chantier																					
Sommaire des modifications																					
Submittal																					
Fonction/Activité																					
1. Gestion de la portée du projet																					
o Initiation																					
o Planification de la portée																					
o Définition de la portée																					
o Vérification de la portée																					
o Contrôle des modifications de la portée																					
2. Gestion du temps																					
o Définition des activités																					
o Jalonnement des activités																					
o Estimation de la durée des activités																					
o Développement de l'échéancier																					
o Contrôle de l'échéancier																					
3. Gestion des coûts																					
o Planification des ressources																					
o Estimation des coûts																					
o Budgétisation des coûts																					
o Contrôle des coûts																					
4. Gestion de la qualité																					
o Planification de la qualité																					
o Assurance de la qualité																					
o Contrôle de la qualité																					
5. Gestion des risques																					
o Identification des risques																					
o Quantification des risques																					
o Développement de la réponse aux risques																					
o Contrôle de la réponse aux risques																					
6. Gestion de la sécurité et de l'environnement																					
o Planification de la sécurité																					
o Contrôle de la sécurité																					
o Planification de l'environnement																					
o Contrôle de l'environnement																					

Tableau VII (suite)

Légende:		Documents																																						
X = Document utilisé pour (ou résultant de) l'exécution de cette fonction		Formulaire de présélection	Instruction de chantier	Instruction supplémentaire	Lettre	Liste de déficiences	Liste de la machinerie en location	Liste de la machinerie sur chantier	Liste de participants	Liste de vérification	Liste des activités	Liste des entrepreneurs	Liste des fournisseurs	Liste des valeurs et ouvrage exécuté	Lois de travail	Mise à jour de l'échéancier	Mise à jour de l'estimation des coûts	Mise à jour du budget	Note de service	Offre	Organigramme	Paiement	Photo du chantier	Plan d'allocation des ressources	Plan de contrôle de qualité	Plan de gestion de l'envergure des travaux	Plan de qualité	Procès-verbal de réunion	Programme de prévention	Projet de modification	Rapport d'avancement	Rapport de chantier	Rapport d'évaluation	Rapports des coûts	Registre de la correspondance	Registre des matériaux emmagasinés	Schéma de chantier	Sommaire des modifications	Subtotal	
Fonction/Activité																																								
7. Gestion organisationnelle et des ressources humaines																																								
o Planification organisationnelle									X			X	X									X																		
o Acquisition du personnel																						X			X															
o Développement des équipes																						X		X	X															
o Gestion des employés																			X		X			X									X							
8. Gestion des ressources procurées																																								
o Planification de l'approvisionnement													X								X			X															X	
o Planification des sollicitations		X										X			X						X																			
o Sollicitations (octroi/achat)																																								
o Sélection des sources		X										X	X								X																			
o Administration des contrats														X									X			X						X						X		
o Gestion des modifications				X																						X													X	
o Fermeture des contrats														X												X									X					
9. Méthodes et processus opérationnels																																								
o Planification des méthodes																																							X	
o Contrôle des méthodes et de la productivité			X	X		X				X							X							X									X	X	X					
10. Gestion des informations et des communications																																								
o Planification des communications								X				X	X																							X				
o Distribution des informations					X																								X								X			
o Évaluation de la performance																	X	X	X														X	X	X	X				
o Fermeture administrative														X			X																X	X					X	
11. Gestion des ressources financières																																								
o Opérations bancaires																							X																	
o Cautionnements																																								
12. Gestion des ressources physiques																																								
o Gestion des matériaux													X											X												X				
o Gestion de la machinerie						X	X		X				X											X																

Tableau VIII

Matrice d'analyse « intervenants versus documents de construction »

Légende:	Intervenant	Maître de l'ouvrage	Architecte/Ingénieur	Gérant de Projet/Construction	Entrepreneur général	Sous-traitants	Fournisseur
X = Document utilisé par cet intervenant au niveau du projet							
Document							
Appel d'offres		X		X	X		
Autorisation de débiter				X	X		
Avenant de modification		X	X	X	X		
Avis d'acceptation			X	X	X		
Avis d'achèvement		X		X	X		
Avis de déficience			X	X	X	X	
Avis de non-conformité			X	X	X	X	
Avis de sécurité				X	X	X	
Base de données des prix unitaires				X	X	X	
Bordereau de quantités			X	X	X	X	
Bordereau de transmission		X	X	X	X	X	X
Budget		X	X	X			
Calendrier des travaux		X	X	X	X	X	X
Certificat de paiement		X		X	X		
Commande				X	X	X	X
Contrat		X	X	X	X	X	X
Conversation téléphonique		X	X	X	X	X	X
Demande de clarification			X	X	X		
Demande de modification		X	X	X	X		
Demande de paiement		X		X	X		
Demande de présélection		X		X	X		
Demande de soumission		X		X	X		
Demande d'information			X	X	X		
Demande d'inspection			X	X	X		
Demande d'offre		X	X	X	X	X	X
Dessin		X	X	X	X	X	X
Dessin d'atelier			X	X	X	X	X
Devis technique		X	X	X	X	X	X
Directive de modification		X	X	X	X		
Documents contractuels		X	X	X	X		
Documents d'appel d'offre		X	X	X	X	X	X
Échéancier		X	X	X	X	X	X
Échéancier d'entretien de la machinerie					X		
Échéancier hebdomadaire				X	X	X	
Essai de qualité			X	X	X	X	X
Estimation des coûts					X	X	
Facture					X		X
Feuille de temps					X	X	

Tableau VIII (suite)

<u>Légende:</u>	Intervenant	Maître de l'ouvrage	Architecte/Ingénieur	Gérant de Projet/Construction	Entrepreneur général	Sous-traitants	Fournisseur
X = Document utilisé par cet intervenant au niveau du projet							
Document							
Formulaire de présélection		X		X	X		
Instruction de chantier				X	X	X	
Instruction supplémentaire		X	X	X	X	X	
Lettre		X	X	X	X	X	X
Liste de déficiences			X	X	X	X	X
Liste de la machinerie en location					X		
Liste de la machinerie sur chantier				X	X	X	
Liste de participants		X	X	X	X		
Liste de vérification		X	X	X	X	X	X
Liste des activités				X	X	X	
Liste des entrepreneurs		X		X	X		
Liste des fournisseurs		X		X	X		
Liste des valeurs et ouvrage exécuté		X		X	X		
Lots de travail		X		X	X	X	
Mise à jour de l'échéancier		X	X	X	X	X	X
Mise à jour de l'estimation des coûts					X		
Mise à jour du budget		X	X	X			
Note de service		X	X	X	X	X	X
Offre		X		X	X		
Organigramme				X	X		
Paiement		X		X	X		
Photo du chantier		X	X	X	X	X	
Plan d'allocation des ressources					X	X	
Plan de contrôle de qualité				X	X	X	X
Plan de gestion de l'envergure des travaux		X	X	X			
Plan de qualité			X	X	X		
Procès-verbal de réunion		X	X	X	X		
Programme de prévention				X	X	X	
Projet de modification		X	X	X	X		
Rapport d'avancement		X		X	X		
Rapport de chantier				X	X	X	
Rapport d'évaluation		X	X	X	X	X	
Rapports des coûts		X		X	X		
Registre de la correspondance		X	X	X	X		
Registre des matériaux emmagasinés				X	X	X	
Schéma de chantier			X	X	X	X	
Sommaire des modifications		X	X	X	X		
Submittal		X	X	X	X		

CHAPITRE 4

DÉFINITION ET DÉVELOPPEMENT DU SGIPC

L'objectif de ce chapitre est de présenter le Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC). Cette présentation est basée sur l'ensemble des études effectuées dans les chapitres précédents. Ces études incluent les phases un et deux de l'approche théorique détaillée dans le point 3.1 du présent document, soit l'étude préliminaire et le diagnostic de l'existant. Les études réalisées dans ce chapitre reflètent les exigences des phases trois et quatre, ainsi qu'une partie de la phase cinq. Il s'agit de la définition des besoins, la spécification du système et la conception du système. Il importe ici de rappeler l'absence de frontière précise entre l'analyse et la conception des systèmes informatiques mentionnée au point 1.3 de ce mémoire. La portée de ce travail ne couvre pas la réalisation technique ni l'implantation et l'exploitation (phases six et sept). Toutefois la faisabilité de la réalisation technique du SGIPC sera étudiée.

4.1 Description générale du SGIPC

Le terme « Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) » utilisé pour désigner le système proposé dans ce mémoire, indique déjà beaucoup de ses caractéristiques générales. Il s'agit d'un système informatique qui répond à tous les besoins spécifiques de l'industrie de l'architecture, ingénierie et construction (A/I/C) et qui profite de l'évolution des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC). Le vocable « Global » dans l'appellation du SGIPC désigne une capacité de gestion au niveau du projet et une grande intégration des outils durant tout le cycle de vie du projet. Le SGIPC est un outil de gestion qui englobe tous les intervenants qui participent à toutes les phases d'un projet de construction (point 3.3). Les caractéristiques du SGIPC seront étudiées en détails ultérieurement dans ce chapitre.

4.1.1 La nature des projets visés par le SGIPC

Le Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) est un système spécifiquement orienté pour servir les projets de construction complexes et de grande envergure. Il s'agit à titre d'exemple des projets dont la nature et le mode de réalisation implique l'intervention de plusieurs intervenants largement dispersés. Toutefois, il importe de souligner que l'orientation du SGIPC vers les grands projets n'empêche pas son utilisation dans des projets de moyenne ou même de petite envergure. Comme expliqué ultérieurement dans ce chapitre, le SGIPC est conçu sous forme modulaire. Le système incorpore plusieurs modules dont l'utilisation dépend du besoin et de l'ampleur du projet. Cependant il est évident que le SGIPC ne sera pas utilisé à pleine capacité dans les projets de petite envergure.

4.2 Définition des besoins de l'utilisateur du SGIPC

Cette section vise à dresser une liste des exigences de l'utilisateur futur du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC). Selon King (1984), l'utilisateur est la source principale d'informations durant cette étape. En outre la liste développée ci-dessous est basée sur l'ensemble de la revue de littérature effectuée tout au long de cette recherche, ainsi que sur les études réalisées dans les sections 2.2, 2.3 et 2.4 du présent document. De même cette liste détaille entre autres les deux besoins principaux présentés dans le point 1.2 du présent mémoire.

- a. utilisation à travers tout le cycle de vie du projet;
- b. intégration des disciplines multiples qui originent dans un projet de construction;
- c. capacité d'intégrer les diverses fonctions de gestion (points 2.1.3.1 et 3.4);
- d. intégration des différents logiciels utilisés dans l'industrie de l'architecture, ingénierie et construction (A/I/C);

- e. intégration des langages de programmation et des formats de fichiers utilisés dans l'industrie de l'architecture, ingénierie et construction (A/I/C);
- f. visualisation, traitement et modification de toutes les informations accédées;
- g. flexibilité à l'égard des autres applications informatiques;
- h. accès à toutes les informations (techniques, financières, administratives, logistiques) du projet;
- i. capacité de gestion en temps réel (communications, informations, applications);
- j. accès continu (24 heures/jour, 7 jours/semaine) aux informations;
- k. centralisation des informations dans une source commune de données;
- l. accès à distance aux différentes applications;
- m. accès collectif (de tous les intervenants) aux informations pertinentes selon le profil de chaque utilisateur;
- n. respect du niveau de transparence requis par chaque utilisateur;
- o. fonctionnement au niveau du projet (englobe tous les intervenants);
- p. compatibilité avec les pratiques de l'industrie de l'architecture, ingénierie et construction (A/I/C);
- q. flexibilité à l'égard des processus de travail déjà établis;
- r. personnalisation des formulaires et des documents, ainsi que de leur cheminement;
- s. flexibilité de la modification des fonctions (ajout/suppression) selon le besoin du projet;
- t. convivialité vis-à-vis des utilisateurs non spécialisés.

4.3 Recommandations pour la spécification du SGIPC

L'objectif principal de ce mémoire est de définir la structure générale du SGIPC de la perspective fonctionnelle d'un utilisateur. Ceci devait normalement impliquer l'omission de cette étape où l'intervention de professionnels du domaine informatique commence à être fondamentalement requise. Selon King (1984), 75% du personnel impliqué dans cette étape sont des professionnels du domaine informatique. Toutefois il importe de

recommander certaines spécifications générales avant de procéder à la présentation des différents modules du SGIPC. Ces recommandations résultent de la liste des besoins présentés dans le point précédent (4.2) comme recommandé dans le cycle de vie du développement de système (SDLC du *System development life cycle*) et sont présentées ci-après :

- a. programmation orientée objet, basée sur la version IFC2x (dernière version⁵) des classes d'objets pour la construction (IFC) produite par l'Alliance Internationale pour l'Interopérabilité (IAI) comme présenté aux points 2.1.4.3, 2.1.4.4 et 2.1.4.5 du présent document;
- b. conception modulaire (caractéristique d'un logiciel qui se compose de modules pouvant être traités ou modifiés individuellement);
- c. fonctionnement dans un environnement en ligne (bases de données et applications) utilisant l'Internet comme plate-forme de communication;
- d. allocation d'espaces virtuels « privés » de travail à chaque intervenant;
- e. personnalisation de l'interface et de l'accès aux informations à travers l'utilisation de mots de passe;
- f. interface utilisateur graphique (GUI, de *Graphical User Interface*).

Les informations concernant la spécification et la description du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) sont poursuivies dans la section suivante lors de la présentation finale du système.

⁵ septembre 2003

4.4 Présentation du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC)

Cette section vise à effectuer une présentation détaillée du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC). L'objectif est d'incorporer en un seul système les résultats des études effectuées durant ce mémoire tout en suggérant de nouvelles améliorations autant que possible. La figure 15 contient un diagramme représentant une vue d'ensemble du SGIPC. Il est à noter que les exemples qui y sont proposés sont mentionnés à titre indicatif seulement et ne limitent pas les possibilités d'extension du système. Toutefois le choix des applications proposées comme exemple d'outils de gestion de projets a été basé dans la mesure du possible sur la compatibilité avec les classes d'objets pour la construction (IFC, de *Industry Foundation Classes*). Par exemple, ArchiCAD, Microstation et Timberline sont des logiciels qui figurent déjà sur la liste de certification de l'Alliance Internationale pour l'Interopérabilité (IAI, de *International Alliance for Interoperability*).

4.4.1 Caractéristiques du SGIPC

Il importe, avant de passer à la présentation des différents modules du SGIPC, de souligner certaines de ses caractéristiques fondamentales.

4.4.1.1 Intégration et interopérabilité des logiciels utilisés

Le SGIPC se base sur le modèle d'échange de données le plus récent (IFC2x) pour garantir une interopérabilité maximale entre ses logiciels. Ceci se traduit par une intégration exceptionnelle des informations traitées par le système. Le meilleur exemple est l'intégrité de toutes les informations concernant un « objet » ou un élément du projet. L'utilisateur aura la capacité d'aborder les informations du projet à travers plusieurs

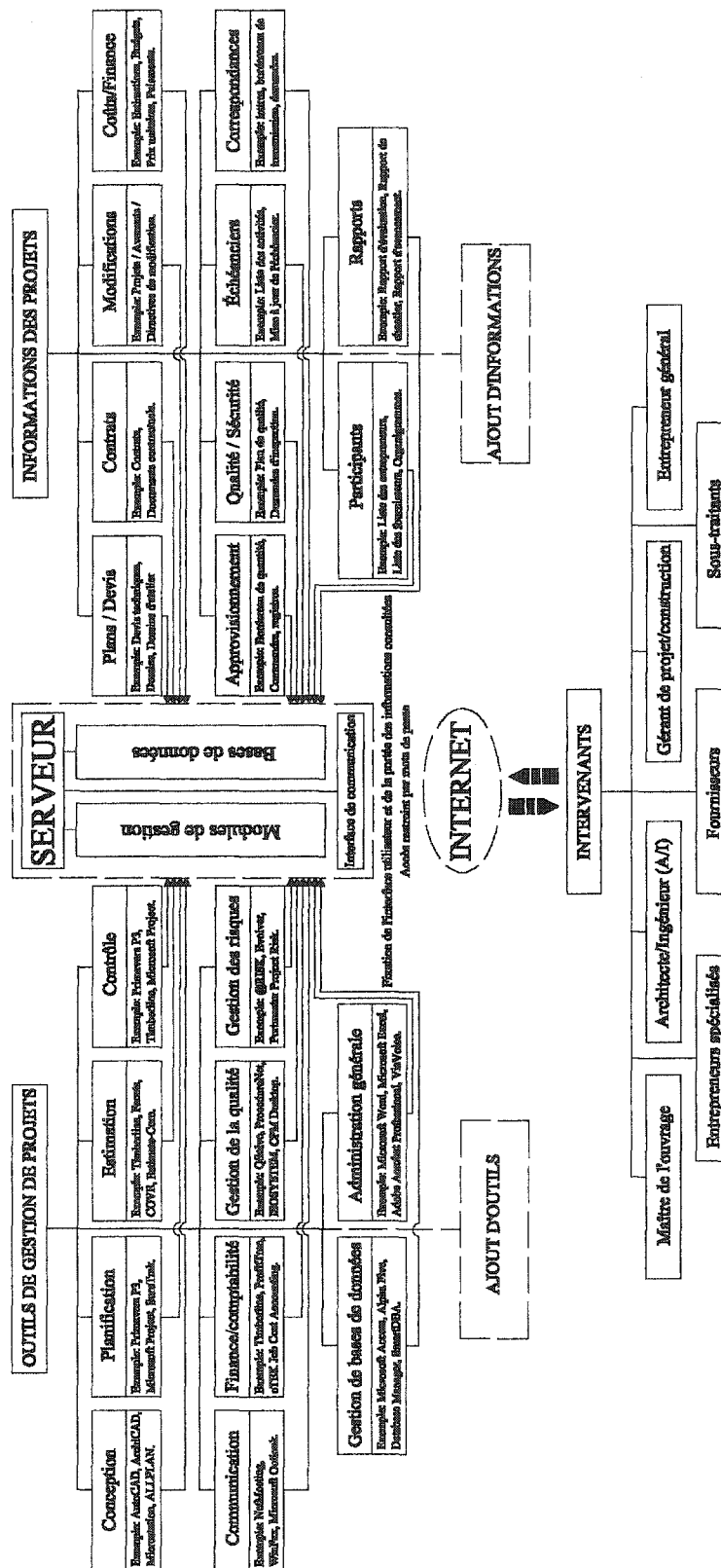


Figure 15 Vue d'ensemble du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC)

points de vues et en utilisant une grande variété de logiciels, comme expliqué dans l'exemple pratique suivant :

Un ingénieur de projet est en train de consulter un dessin à l'aide d'un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO). À un moment donné il désire avoir des informations supplémentaires à propos d'un élément figurant sur le plan consulté, soit un mur en béton armé par exemple. Il place la souris sur la partie du dessin représentant le mur (ou l'objet comme expliqué au point 2.1.4.5 du présent document) et il clique sur le bouton droit. Cette opération ouvre alors une fenêtre lui permettant de choisir le genre d'informations qu'il souhaite obtenir. La figure 16 visualise un exemple descriptif de cette fenêtre.

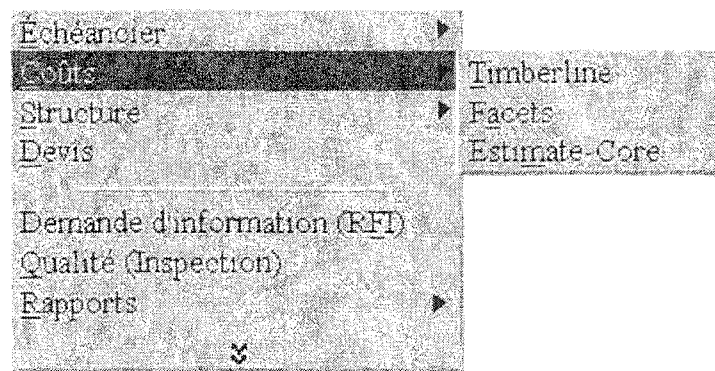


Figure 16 Exemple de fenêtre permettant l'intégration des informations concernant un élément du projet dans le SGIPC

L'utilisateur a alors la capacité de consulter directement à travers le Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) toutes les informations concernant un élément quelconque du projet. Comme présenté dans la figure 16 ces informations couvrent tous les aspects de l'objet en question. Les points suivants présentent les informations concernant le mur en béton armé utilisé dans cet exemple :

- a. l'échéancier (activités concernant ce mur, durées, dates de début et de fin);
- b. les coûts liés à la construction de ce mur (coûts prévus, coûts réels, coûts totaux);
- c. informations structurales (calculs, dimensions, armatures);
- d. les sections pertinentes du devis (03100 – Coffrages pour béton, 03200 – Armatures pour béton, 03300 – Béton coulé en place);
- e. les demandes d'information (RFI de *request for information*) qui concernent ce mur;
- f. les documents de contrôle de qualité concernant ce mur (demande d'inspection, liste de déficiences, avis de non-conformité);
- g. tout autre document lié à ce mur durant le déroulement du projet (avenant de modification, lettre, schéma de chantier).

En outre, comme présenté dans les figures 15 et 16, l'utilisateur a la possibilité de choisir entre une multitude de logiciels pour performer chaque fonction. Dans cet exemple, l'ingénieur de projet peut consulter/modifier les informations concernant les coûts de construction de ce mur en utilisant l'un des trois logiciels : Timberline, Facets ou Estimate-Core. Il est à noter que ces trois applications figurent déjà sur la liste de certification de l'Alliance Internationale pour l'Interopérabilité (IAI).

Il importe de souligner ici que l'opération effectuée à travers le logiciel de CAO, dans cet exemple, peut être effectuée pareillement à travers les autres logiciels qui servent les autres fonctions de gestion. En d'autres termes, si l'ingénieur de projet avait été en train de consulter l'échéancier, il aurait pu cliquer sur l'activité « construction du mur en béton armé », et inversement passer aux dessins visualisant ce mur dans le logiciel de CAO, et ainsi de suite pour les autres logiciels.

Le plus important est que l'intégration dans le SGIPC ne s'arrête pas à la liaison des informations mentionnées ci-dessus, mais atteint le niveau d'une interopérabilité complète entre les logiciels. En d'autres termes, si les informations concernant un élément du projet sont modifiées dans un logiciel, ceci signifiera automatiquement la

modification de ces informations dans la base de données centrale et par conséquent des modifications équivalentes dans les autres logiciels ou modules du SGIPC. Dans l'exemple précédent, si l'ingénieur de projet (ou un autre utilisateur ayant l'autorisation) change les données conceptuelles concernant ce mur de béton, ceci doit changer par conséquent les données qui figurent dans d'autres logiciels comme ceux de la planification ou l'estimation par exemple, impliquant une augmentation ou une diminution de la durée et des coûts de l'activité, et ainsi de suite.

4.4.1.2 Allocation d'espaces de travail privés ou semi-privés aux intervenants

Comme indiqué dans la figure 15 du présent mémoire, le Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) possède une base de données centrale, accessible par Internet à tous les intervenants du projet. Cette centralisation est cruciale pour le concept d'intégrité des informations discuté dans le point précédent. Toutefois le fait de devoir partager toutes les informations avec une grande transparence ne convient pas à tous les participants comme discuté dans le point 3.7.3 du présent document. Cette situation est prise en considération dans le SGIPC qui inclut des espaces de travail virtuel privés pour tous les intervenants. Ceci signifie qu'en plus de la base de données commune partagée par tous les intervenants, chaque participant possède sa propre base de données sur le système. En outre, les intervenants moyennant des mots de passe, peuvent partager ensemble certaines informations (sur leurs espaces de travail privés) avant de les « publier » dans la base commune de données. Un intervenant peut alors traiter ses propres informations en toute sécurité ou faire des analyses par simulation (*what-if analysis*) avant de passer dans la zone commune du système. La figure 17 visualise ce concept d'une façon symbolique et représente un détail de la base de données figurant dans la figure 15.

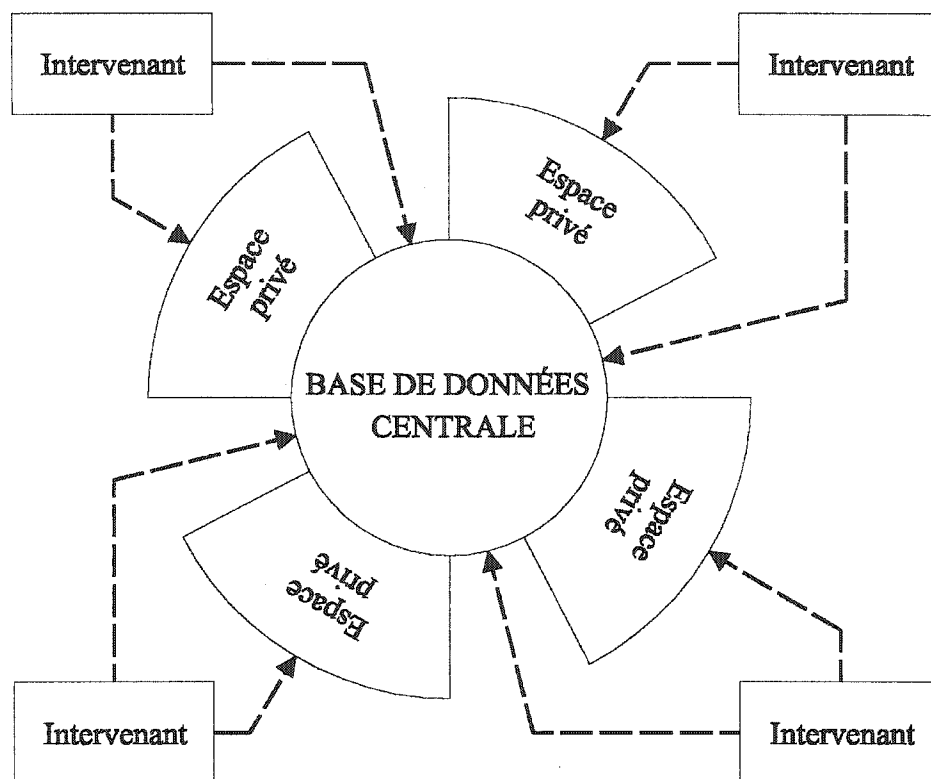


Figure 17 Visualisation symbolique du concept des bases de données dans le SGIPC

4.4.1.3 Incorporation des technologies actuelles de communication

En réponse à la problématique concernant la multiplicité des chaînes de communication mentionnée au point 3.7.5 du présent mémoire, le SGIPC incorpore les technologies de communication utilisées actuellement dans le domaine de l'architecture, ingénierie et construction (A/I/C). Le système possède la capacité d'intégrer les informations qui résultent de l'utilisation des téléphones, des cellulaires ou des télécopieurs. Cette intégration est réalisée en incorporant les technologies de réception, d'envoi et d'enregistrement de ces informations et en les liant aux dossiers du projet selon le besoin.

4.4.1.4 Multiplicité des méthodes d'accès aux informations

La modularité du SGIPC et la centralisation de ses informations permettent l'existence d'une multitude de méthodes pour accéder à la même pièce d'information. Par exemple l'utilisateur peut accéder à une « demande d'inspection » directement à travers le module responsable du contrôle de la qualité ou indirectement à travers le module contenant le registre de correspondances. Les deux opérations mènent exactement au même objet contenant les mêmes informations mises à jour sur la base de donnée du système. Les informations présentées dans la section suivante présentent surtout l'accès direct aux informations, toutefois la multiplicité des méthodes d'accès aux informations demeurent une capacité inhérente aux modules du SGIPC.

De même, à l'exception des modules un et deux (Informations du projet et Outils de gestion) présentés dans la section suivante, les modules du SGIPC intègrent deux approches différentes pour l'accès aux informations du projet :

- a. un accès orienté données, qui se base en premier lieu sur les informations requises par l'utilisateur;
- b. un accès fonctionnel, qui se base en premier lieu sur les outils à utiliser pour le traitement des informations.

La figure 18 représente une visualisation symbolique de ce concept dans un module fictif du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC).

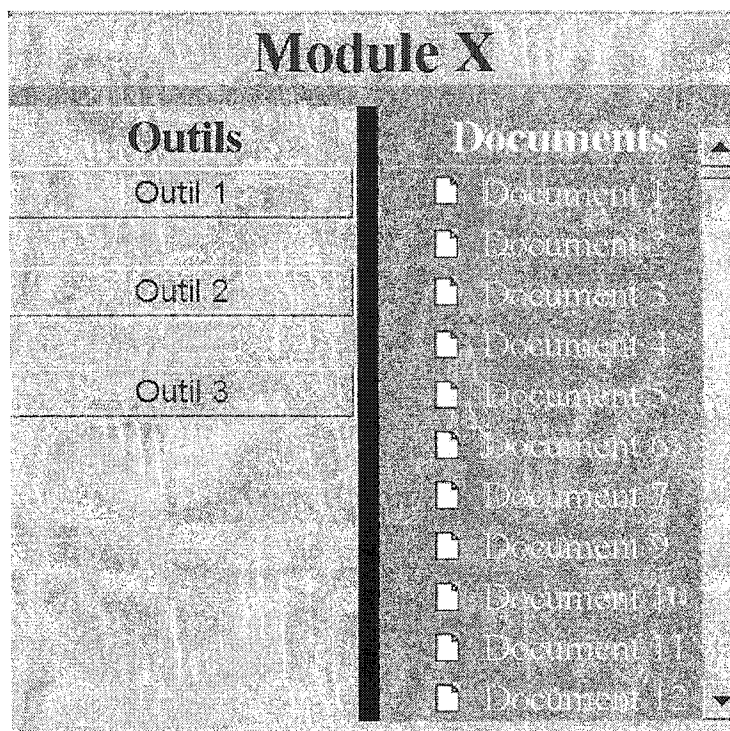


Figure 18 Visualisation symbolique de la dualité d'accès aux informations dans le Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC)

4.4.2 Études des différents modules du SGIPC

Selon l'Office québécois de la langue française (2003) un module est un sous-ensemble d'un programme destiné à remplir des tâches bien définies. L'utilisation de modules permet de découper un programme en parties indépendantes. Le Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) est un système modulaire. Il se compose de modules pouvant être traités ou modifiés individuellement. L'objectif de cette section est de décrire ces modules. Toutefois il importe de souligner que le SGIPC se base sur l'ensemble des études préalablement effectuées durant cette étude. Ceci inclut les études de systèmes commercialisés et de programmes de recherches présentées dans les points 2.2 et 2.3 de ce document. L'objectif de cette section n'est pas de présenter encore une fois les modules et les fonctionnalités classiques de tels systèmes,

mais de mettre l'accent sur les nouvelles capacités suggérées dans le SGIPC. En d'autres termes il est prévu d'inclure dans le SGIPC les fonctionnalités positives précédemment discutées dans ce mémoire, comme par exemple la capacité de personnaliser les formulaires, la flexibilité de la conception du cheminement des documents et la capacité de former des dossiers groupant plusieurs documents concernant un sujet quelconque (points 2.2.2.5 et 2.2.3.5). Il est alors inutile de rediscuter ce genre de fonctionnalités lors de la présentation des modules du SGIPC.

De même il importe de souligner que la modularité du SGIPC lui garantit une grande flexibilité vis-à-vis du contenu de ses modules. Les modules suggérés ci-dessous ne représentent pas un choix rigide. Ils peuvent donc être modifiés selon le besoin unique de chaque projet tant que les objectifs généraux du système sont respectés. Cependant trois facteurs fondamentaux ont mené le choix de modules effectué pour ce mémoire :

- a. incorporer toutes les fonctions de gestion suggérées dans les études effectuées durant ce travail de recherche (ceci inclut aussi les études des documents, des intervenants et les matrices d'analyse);
- b. prendre en considération les fonctionnalités et les modules inclus dans les systèmes déjà développés;
- c. ajouter de nouveaux modules et suggérer de nouvelles fonctionnalités qui ne sont pas encore inclus dans les systèmes actuels.

Les différents modules du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) sont présentés aux sections suivantes.

4.4.2.1 Module 1 – Informations du projet

Le Module 1 – Informations du projet est un module très général ou plutôt un module principal. Ce module représente une première méthode d'accéder à toutes les

informations du projet (figure 15). Le but de ce module est d'incorporer un moyen qui garantit à l'utilisateur non spécialisé d'accéder aux informations requises sans avoir à maîtriser le contenu des autres modules aux fonctionnalités plus déterminées. Ceci satisfait au besoin de convivialité mentionné au point 4.2 du présent document. De même un raccourci menant à ce module est toujours visible dans la barre d'outils du SGIPC. Ceci garantit un moyen d'accéder aux informations du projet en tout temps et quel que soit le module de gestion utilisé.

4.4.2.2 Module 2 – Outils de gestion

Pareillement au Module 1, le Module 2 – Outils de gestion est aussi un module principal groupant tous les outils de gestion du projet (figure 15). Cependant si le Module 1 garantit un accès « orienté données » aux informations du projet, le Module 2, au contraire, représente un accès fonctionnel. En d'autres termes l'utilisateur ayant recours à ce module connaît en avance l'outil qu'il désire utiliser pour traiter les informations requises et c'est à travers cet outil qu'il accède aux données. Également au Module 1, un raccourci menant au module 2 est aussi toujours visible dans la barre d'outils du SGIPC quel que soit le module de gestion utilisé. Ces deux modules principaux sont les seuls à avoir cette option de visibilité continue dans le SGIPC.

4.4.2.3 Module 3 – Communications

Le Module 3 – Communications englobe toutes les communications qui se déroulent dans le projet. Il s'agit entre autres d'un registre global menant à toutes les correspondances effectuées entre les intervenants du projet. Ceci inclut les correspondances accessibles à travers d'autres modules plus spécialisés comme par exemple les avenants de modification, les demandes de paiement et les avis de non-conformité. Le fait d'offrir un accès global à toutes les correspondances représente un point de ressemblance avec le Module 1 et le Module 2 présentés dans les points

précédents. Toutefois le Module 3 offre à l'utilisateur le choix de l'accès aux informations à travers les documents ou à travers les outils de communications comme discuté dans le point 4.4.1.4 du présent mémoire. Par exemple l'utilisateur a le choix de consulter une lettre quelconque ou d'en rédiger une nouvelle en utilisant le logiciel de son choix.

Une caractéristique majeure de ce module, qui représente aussi une des nouveautés suggérées dans le SGIPC, est la capacité d'incorporer les technologies actuelles de communications comme discuté au point 4.4.1.3 du présent mémoire. À l'aide du Module 3 – Communications l'utilisateur peut alors recevoir une télécopie, enregistrer un appel téléphonique (après autorisation des interlocuteurs) ou envoyer des messages textes aux cellulaires des participants. Ces informations sont enregistrées sur le Module 3 de la même façon que la correspondance incorporée avec le système (lettres, demandes, avis). Il importe de souligner que cette capacité diminuera énormément la tendance des utilisateurs à contourner les systèmes informatiques pour communiquer à travers les technologies traditionnelles.

4.4.2.4 Module 4 – Participants

Ce module gère l'accès aux informations concernant tous les intervenants du projet jusqu'au niveau individuel. Il s'agit à titre d'exemple des listes des entrepreneurs, des sous-traitants, des fournisseurs et des professionnels. Outre les informations nécessaires pour la communication (adresse de courriel, numéro de téléphone, numéro de télécopieur), ce module contient aussi des informations supplémentaires comme par exemple les dossiers de présentation, les curriculum vitae et les disponibilités.

Les informations contenues dans le Module 4 – Participants sont partagés avec d'autres modules comme ceux de la communication, de l'approvisionnement et de la planification. Celui de la planification, par exemple, utilise ces informations pour

l'allocation des responsabilités aux activités. De même les données concernant la disponibilité sont utilisées pour la gestion des ressources dans l'échéancier.

Il importe ici de souligner la capacité d'intégration discutée dans le point 4.4.1.1 du présent document. Cette capacité permet à l'utilisateur qui consulte dans ce module les informations concernant un participant, de passer directement aux données concernant le même participant dans un autre module. À titre d'exemple l'utilisateur peut (selon son autorisation) visualiser les activités planifiées pour ce participant, son contrat ou les correspondances qui le concernent.

4.4.2.5 Module 5 – Plans et Devis

Le Module 5 permet un accès direct à tous les plans et devis du projet vu la fréquence de leur utilisation par tous les intervenants. Il s'agit d'un module groupant tous les dessins de toutes les disciplines du projet (architecturale, structurale, mécanique, électrique) y incluant les dessins d'atelier, les schémas de chantier et les dessins en trois dimensions (3D). La dernière version de chaque plan est celle qui est directement accessible, toutefois les versions antérieures sont archivées et peuvent être consultées sur demande.

Il importe de mentionner ici que le profil attribué à chaque utilisateur à travers son mot de passe décide de la portée des fonctionnalités qui lui sont permises. Concernant les plans par exemple ces fonctionnalités peuvent être limitées à la consultation ou étendues pour inclure l'inscription de commentaires, la modification ou même la suppression.

4.4.2.6 Module 6 – Conception

Ce module vise à grouper dans un seul emplacement les divers outils de conception utilisés par les intervenants à travers le cycle de vie du projet. Il s'agit des logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO) comme par exemple les produits de Autodesk

(AutoCaD, Autodesk Building Systems), de Bentley (MicroStation, Bentley HVAC) et de CSI (SAP2000, ETABS) qui couvrent déjà une partie importante des disciplines des projets de construction (architecturale, structurale, mécanique, électrique). Il est à noter que la compatibilité de ces logiciels avec le format IFC (point 2.1.4.5) est en croissance continue. La figure 19 est un extrait de Autodesk Building Systems visualisant la compatibilité avec les Classes d'objets pour la construction (IFC).

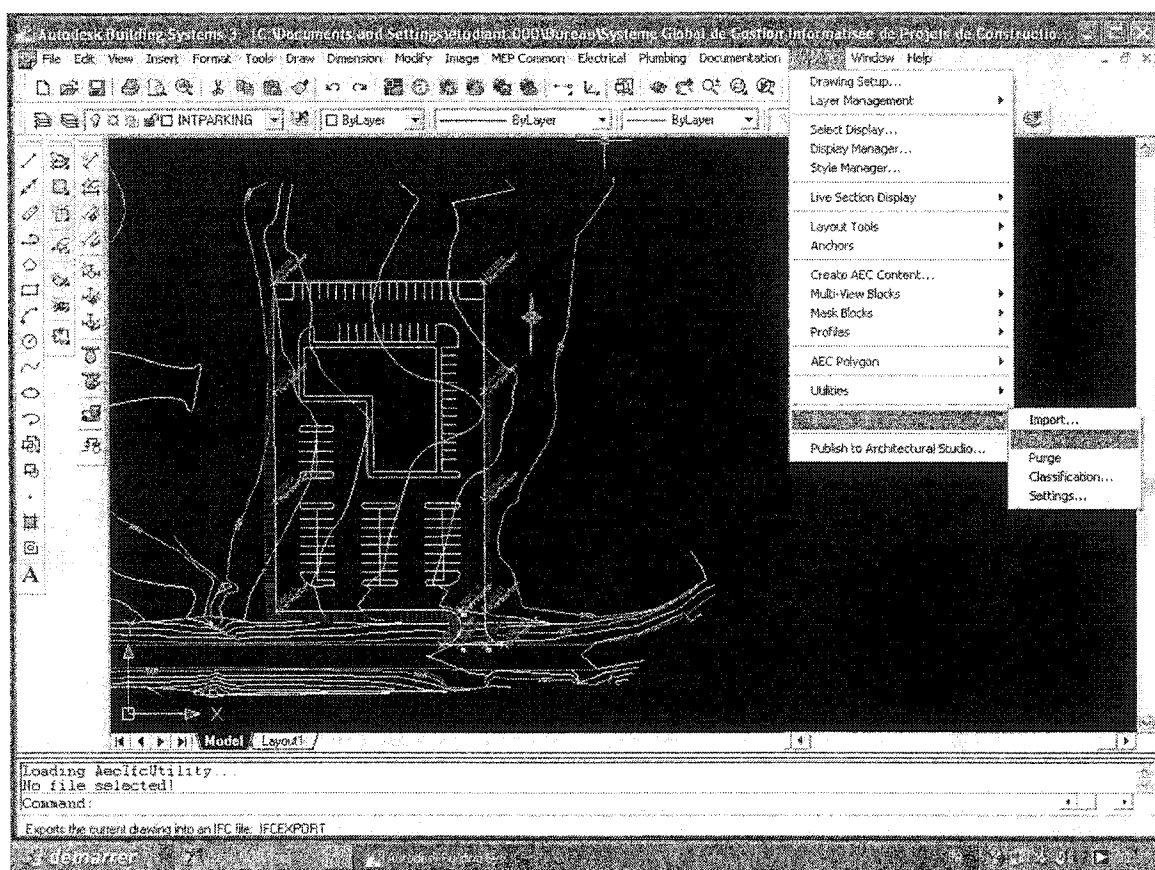


Figure 19 Visualisation de la compatibilité avec les Classes d'objets pour la construction (IFC) dans Autodesk Building Systems

Il importe de souligner selon le point 4.4.1.1 que la modification des informations dans ce module est une modification des informations dans la base commune de données du SGIPC et entraîne des changements équivalents dans les autres modules connexes.

4.4.2.7 Module 7 – Appel d’offres

L’objectif de ce module est d’offrir aux intervenants un outil capable d’intégrer les tâches à exécuter durant la phase de l’appel d’offre. Concernant le maître de l’ouvrage ce module aide à préparer les documents d’appel d’offres. Ceci inclut entre autres une banque de données des différentes informations requises comme une variété de clauses administratives par exemple. Le contenu de cette banque de données n’est pas rigide mais est enrichi au fur et à mesure que le module est utilisé. Le Module 7 – Appel d’offres est un des modules du SGIPC qui possèdent la capacité des systèmes experts (définis selon l’office québécois de la langue française (2003) comme étant des systèmes informatiques permettant de résoudre les problèmes dans un domaine d’application déterminé à l’aide d’une base de connaissances établie à partir de l’expertise humaine). En outre, les formules de soumission, ainsi que les plans et devis du projet peuvent être téléchargés à travers ce module moyennant des paiements électroniques par cartes de crédits. Les fonctionnalités du Module 7 aident aussi à la prise de décision en permettant au maître de l’ouvrage de préparer, pondérer et analyser les critères de choix des soumissions reçues.

Quant à l’entrepreneur, le Module 7 – Appels d’offres permet à travers le partage de données avec le module responsable de l’estimation, de préparer directement la formule de soumission. De même une liste de vérifications permet de s’assurer que tous les documents additionnels requis (la garantie de soumission, la formule d’engagement, la résolution de compagnie) ont été annexés. Il importe ici de mentionner selon Paradis et Gervais (1997) qu’une formule de soumission peut être très simple ou très complexe, selon les exigences du maître de l’ouvrage et de ses professionnels. Ce module peut donc inclure les formules de soumission standardisées comme celle recommandée par le Comité canadien des documents de construction (CCDC) tout en offrant la flexibilité de l’utilisation d’autres formules. Cependant, comme précédemment discuté au point 3.7.2 du présent document, la problématique concernant le poids légal des documents

électroniques n'est toujours pas résolue. Il se peut alors que la capacité de communication électronique de ce module ne soit pas utilisée pour le moment.

4.4.2.8 Module 8 – Gestion financière

Le Module 8 – Gestion financière est l'un des modules les plus importants du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC). Son objectif est de grouper en un seul module tous les aspects de la gestion monétaire à travers le cycle de vie du projet. Comme présenté dans le point 4.4.1.1 du présent document, ce module intègre l'utilisation de plusieurs logiciels comme par exemple Timberline Office qui se trouve déjà sur la liste de certification de l'Alliance Internationale pour l'Interopérabilité (IAI). Ce module incorpore les sous-modules suivants :

Sous-module 8.1 – Estimation

Ce sous-module est responsable de l'estimation des coûts du projet. Il se base essentiellement sur les informations provenant de deux sources :

- a. les quantités calculées directement à travers les données des logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO);
- b. les banques de données contenant les informations sur les coûts unitaires (selon Paradis et Gervais (1997) un coût unitaire renvoie aux coûts directs encourus par l'entreprise pour exécuter des travaux et n'inclut pas les frais généraux de projet, les frais d'entreprise ni le profit. À l'inverse, un prix unitaire contient tous ces éléments).

Ce sous-module possède la capacité d'évaluer et de comparer entre divers scénarios. De même il permet d'effectuer la ventilation des prix pour inclure les frais généraux de projet, les frais généraux d'entreprise et le profit. Il importe de souligner que les données

concernant les quantités, la productivité des ressources ainsi que les coûts et les prix unitaires, sont partagées avec le module de la planification et sont intégrées dans l'échéancier du projet. Cette capacité accentue l'intégration des données dans le SGIPC.

Sous-module 8.2 – Contrôle et analyse des coûts

Le sous-module 8.2 – Contrôle et analyse des coûts se base essentiellement sur le retour d'information effectué tout au long du déroulement du projet. Il partage avec les modules connexes (par exemple Sous-module 8.3 – Comptabilité, Sous-module 16.1 – Retour d'information et Module 12 – Approvisionnement) toutes les informations concernant les coûts réels du projet. Ce sous-module assure une forte liaison entre les coûts réels d'une part et l'estimation de l'autre. Ceci permet de suivre l'évolution des coûts et d'en mesurer les écarts par rapport aux éléments budgétés dans les moindres délais. Cette capacité favorise la bonne prise de décision au moment opportun et diminue les risques de dépassement du budget.

Sous-module 8.3 – Comptabilité

L'objectif de ce sous-module est de mettre fin à l'isolation classique qui existe dans un projet de construction entre la comptabilité d'une part et l'ingénierie de l'autre. Il s'agit de satisfaire au besoin des responsables de la comptabilité d'avoir des informations concernant le cash-flow, les revenus prévisibles et les paiements prévus. Ce sous-module partage alors des informations monétaires provenant d'autres modules comme ceux de la planification, de l'approvisionnement et des demandes de paiement. En outre ce module incorpore les outils nécessaires pour effectuer les tâches classiques de la comptabilité comme par exemple les paiements de factures, la rémunération des employés et la gestion des comptes bancaires. Ceci se fait à travers une intégrité totale des informations comme par exemple un calcul direct de la paie d'un employé selon les informations

contenues dans sa feuille de temps ou la projection du paiement d'un sous-traitant selon le progrès de ses activités dans l'échéancier.

Sous-module 8.4 – Demandes de paiement

Le sous-module 8.4 – Demandes de paiement permet d'effectuer les demandes de paiement électroniquement. De même ce module accélère la procédure d'approbation de la demande vu que les ouvrages exécutés inclus pour le paiement en question proviennent directement de l'échéancier (Module 10) et sont donc préalablement approuvés. Ce sous-module possède aussi la capacité d'avertir l'utilisateur dans le cas de l'inclusion dans la demande de paiement d'un élément dont l'état actuel risque de retarder le paiement, comme par exemple une activité qui fait l'objet d'un avis de déficience ou de non-conformité. Dans un premier temps ce sous-module prépare automatiquement la demande de paiement pour une période fixée par l'utilisateur, ensuite il lui offre la possibilité d'effectuer des modifications si c'est requis. En outre ce sous-module partage les données contenues dans le Module 9 concernant les contrats et les modifications et est alors capable d'inclure les modifications au contrat comme les avenants de modification par exemple.

4.4.2.9 Module 9 – Contrats et modifications

L'objectif de ce module est de permettre aux utilisateurs du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) de gérer intégralement leurs contrats. Ce module est lié entre autres au Module 7 – Appel d'offres ce qui permet de préparer directement le contrat de la soumission gagnante. De même l'intégration des informations dans le SGIPC comme précédemment discuté dans le point 4.4.1.1 permet de visualiser directement les informations concernant ce contrat, comme par exemple les activités connexes dans l'échéancier et les demandes de paiements effectuées.

En outre le Module 9 permet la gestion des modifications, qui est une fonction inhérente à la gestion des contrats et d'une importance cruciale pour la réussite du projet. À travers ce module le processus de modification (précédemment discuté dans le point 3.5.4 du présent document) est complètement informatisé, comme expliqué dans l'exemple suivant basé sur le scénario où la modification est initiée par l'entrepreneur général.

L'entrepreneur général dans un projet de réhabilitation découvre que l'état d'une dalle en béton armé nécessite des travaux de réfection qui ne sont pas inclus dans son contrat. L'ingénieur de projet ouvre une session sur le SGIPC à travers Internet. Il ouvre le Module 9 – Contrats et modifications et clique sur l'icône intitulée « Demande de modification » ce qui démarre un formulaire électronique contenant des champs basés sur une conception préétablie. Il envoie cette demande au maître de l'ouvrage. Il importe de souligner ici que le cheminement de la demande est réglé au début du projet selon le mode de réalisation choisi. Une copie peut donc être automatiquement envoyée au professionnel ou au gérant du projet. Le maître de l'ouvrage reçoit la demande et accepte la modification proposée. Il remplit alors à son tour un « Projet de modification » comme expliqué au point 3.5.4 du présent mémoire. Ce document électronique est automatiquement lié à la demande envoyée par l'entrepreneur pour former un document électronique composé (point 3.5.2). De même le formulaire contient des champs liant la modification aux éléments connexes du bâtiment (la dalle en béton armé), ce qui permettra à un utilisateur d'accéder à la demande à travers les autres modules (point 4.4.1.1). L'entrepreneur général reçoit le « Projet de modification » et inclut sa proposition concernant le prix et le délai d'exécution des travaux dans les champs requis. Il renvoie le dossier au maître de l'ouvrage qui possède l'autorité de la fonction « Émettre un Avenant de modification ». Cet avenant une fois émis et accepté par l'entrepreneur général implique des modifications automatiques dans le contrat en question ainsi que dans tous les autres documents connexes comme les demandes de paiements. Par exemple une activité intitulée « Avenant de modification No. X » apparaîtra dans l'échéancier possédant une durée égale au délai inscrit dans l'avenant.

Le planificateur aura alors le choix de l'accepter, la modifier ou la négliger, et ainsi de suite.

4.4.2.10 Module 10 – Planification

Ce module est responsable de la planification du projet. Comme précédemment mentionné le Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) incorpore les logiciels (outils) fréquemment utilisés dans l'industrie de la construction. Ces logiciels gardent leurs interfaces habituelles tout en incorporant les fonctionnalités supplémentaires du SGIPC. Cette idée de conserver les interfaces originales des logiciels est inspirée par l'étude des systèmes TOPS (Total Project Systems) présentée dans le point 2.3.2 du présent document. Dans le cas du Module 10 – Planification les outils suggérés sont par exemple Primavera Project Planner, Microsoft Project et SureTrak Project Manager. Il importe de souligner que bien que l'adoption des classes d'objets pour la construction (IFC) soit encore en développement, cette étude est basée sur l'hypothèse que ces logiciels sont déjà conçus selon les spécifications de l'Alliance Internationale pour l'Interopérabilité (IAI).

L'une des fonctions fondamentales de ce module est de gérer l'échéancier du projet. Cette fonction est d'une importance cruciale car l'échéancier fait partie des outils les plus importants et les plus utilisés en gestion de projet de construction. Comme précédemment discuté au point 4.4.1.1, l'intégration des informations et l'interopérabilité entre les logiciels est une caractéristique majeure du SGIPC. Ceci est basé sur le concept de propriétés qui gravitent autour de chaque élément (objet) du projet. Cette caractéristique permet à l'utilisateur de l'échéancier de visualiser les activités du projet de plusieurs points de vue. À date, les logiciels de planification sont capables de simuler cette capacité à travers l'utilisation de différents codes assignés à chaque activité de l'échéancier. Par exemple l'utilisateur peut attribuer à chaque activité un code concernant le contrat, le responsable, l'emplacement de l'activité. Il peut alors

visualiser les activités de chaque sous-traitant, les activités de chaque discipline ou de chaque emplacement du projet. Toutefois cette capacité demeure isolée dans le logiciel de planification et ne dépasse jamais ses frontières pour refléter une intégration réelle des informations.

L'idée suggérée dans le Module 10 – Planification est d'utiliser le concept objet IFC sur lequel se base le SGIPC, pour intégrer complètement les informations concernant chaque activité. L'utilisateur pourra donc passer directement de l'échéancier aux autres informations concernant une activité quelconque, comme par exemple le coût, le dessin, les matériaux, le devis et les correspondances. De même ces informations seront toujours mises à jour puisque le Module 10 les partage en temps réel avec les autres modules connexes à travers la base de données centrale du SGIPC. La figure 20 est un extrait de Primavera Project Planner, les informations qui ne sont pas en caractères italiques sont celles incluses à date dans le logiciel. Les informations qui sont en italique sont celles suggérées dans le SGIPC.

De même il importe de mentionner que cette intégration des informations facilite beaucoup les tâches classiques de planification que ce soit pour bâtir l'échéancier ou pour le mettre à jour. L'assignation manuelle de codes aux activités n'existe pas puisque chaque activité est déjà liée à un élément (objet) du bâtiment qui encapsule les propriétés nécessaires à l'identification des activités. En outre les activités peuvent être mises à jour automatiquement (sous la supervision du planificateur) à travers le lien en temps réel avec les autres modules. Par exemple les activités concernant les inspections sur chantier peuvent être mises à jour directement selon les données du module responsable de la qualité. L'avancement des activités peut aussi être calculé selon les informations contenues dans les rapports de chantier (Sous-module 16.1), et ainsi de suite.

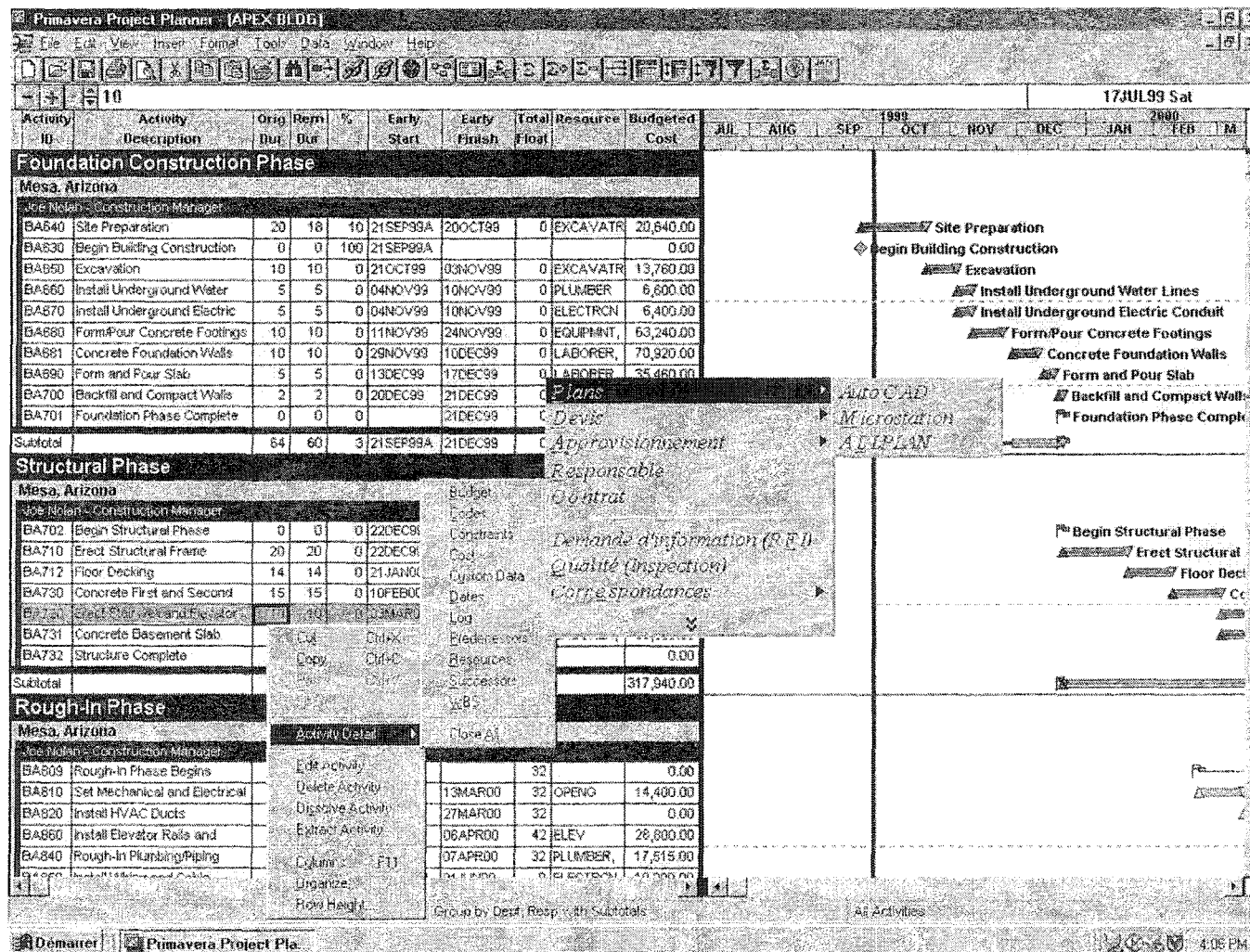


Figure 20 Exemple de l'intégration des informations dans les outils du « Module 10 – Planification » du SGIPC

4.4.2.11 Module 11 – Risque, simulation et prévision

Quelle que soit la nature ou la source du risque, le succès d'un projet de construction peut être sérieusement mis en question si les précautions nécessaires ne sont pas prises en considération. L'inflation, les taux de change, les taux d'intérêts, les erreurs de conception ou de construction et les cas de force majeure sont des exemples parmi une variété de facteurs qui peuvent entraîner un dépassement du budget ou un délai dans l'échéancier du projet. Ces risques peuvent être atténués à travers la simulation de différents scénarios de planification ou d'estimation. L'objectif de ce module est de mettre à la disposition des utilisateurs du SGIPC les outils nécessaires pour effectuer de telles simulations (par exemple @RISK, Evolver, Pertmaster Project Risk) et d'intégrer les prévisions résultantes dans la prise de décision lors de l'estimation ou de la planification. Le module 11 du SGIPC permet aussi à l'utilisateur d'effectuer des analyses par simulation (what-if analysis) et de comparer entre les résultats de chaque scénario. En outre ce module permet d'inclure des prévisions qui ne doivent pas encore être incorporées aux données du projet comme par exemple l'absence probable d'une ressource et d'en calculer l'impact sur le projet. L'ensemble des capacités offertes par ce module améliore le processus de prise de décision dans des conditions d'incertitude.

4.4.2.12 Module 12 – Approvisionnement

Selon l'Office québécois de la langue française (2003), l'approvisionnement est la fonction consistant à fournir en temps voulu à l'entreprise toutes les matières et produits qui lui sont nécessaires pour permettre son fonctionnement, sa production. Cette activité comprend pour les matériaux et la machinerie, les achats, le suivi des commandes, l'inspection, le contrôle qualité, le transit, ainsi que toutes les liaisons auprès des fournisseurs tant que ceux-ci en sont responsables. L'objectif de ce module est de grouper en un seul outil les fonctionnalités nécessaires pour intégrer ces tâches avec les autres outils du SGIPC. Ceci inclut notamment la planification, l'achat, la gestion des

stocks, l'acheminement des matières et articles, le contrôle à la réception et la récupération des matières recyclables.

L'intégration des informations dans le Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) exige le partage de données entre ce module et d'autres modules connexes comme suit :

- a. partage de données concernant les fournisseurs avec le Module 4 – Participants;
- b. partage de données concernant les quantités requises avec le Sous-module 8.1 – Estimation;
- c. partage de données concernant la date de disponibilité requise des matériaux et de la machinerie avec le Module 10 – Planification;
- d. partage de données concernant la facturation et les paiements avec le Sous-module 8.3 – Comptabilité.

Outre la préparation et le suivi des bons de commande, ce module est aussi responsable de la gestion des ressources sur le chantier. Il s'agit de la gestion des matériaux et de la machinerie comme l'entreposage par exemple. Le Module 12 – Approvisionnement est donc le même outil utilisé par le personnel de la gestion de l'entrepôt sur le chantier. Moyennant le même concept d'intégration des informations discuté dans le point 4.4.1.1 du présent document, les articles entreposés sont pareillement liés aux éléments (objets) connexes du projet. Ceci permet la visualisation des devis, plans et activités concernant l'utilisation de ces articles. En plus cette intégration permet un contrôle plus efficace des matières dont l'utilisation incontrôlée sur chantier implique un grand pourcentage de pertes comme le bois ou l'acier d'armature par exemple.

4.4.2.13 Module 13 – Qualité

Le Module 13 – Qualité est responsable de toutes les activités concernant la gestion de la qualité. Ceci intègre d'une part les activités effectuées par l'entrepreneur (contrôle de la qualité) et d'autre part les activités effectuées par les professionnels (assurance de la qualité). Ce module contient les plans de qualité qui représentent une référence pour les pratiques, les moyens et la séquence des activités liées à la qualité. De même il permet l'accès, la rédaction et l'envoi des documents de gestion de la qualité comme les avis d'acceptation, les avis de déficience et les demandes d'inspections.

L'une des caractéristiques fondamentales de ce module est l'informatisation des processus de l'approbation des échantillons et de l'inspection des travaux. Ces processus sont cruciaux pour l'assurance de la qualité dans un projet de construction. Tous les éléments du projet (matériaux, équipements, activités) qui nécessitent une approbation antérieure à la poursuite des travaux dans le projet sont liés à un formulaire électronique permettant de savoir l'état de leur cycle d'inspection comme présenté dans la figure 16 du présent document. Les procédures d'inspection et d'approbation sont différentes d'un cas à l'autre et dépendent des normes exigées dans chaque projet. Toutefois un exemple est présenté ci-dessous à titre indicatif de la procédure d'inspection à l'aide du SGIPC.

La pose de l'acier d'armature d'un mur en béton armé est terminée ainsi que la pose des conduits électriques requis. Le responsable sur le chantier se branche sur Internet et démarre le Module 13 – Qualité du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC). Il remplit une demande d'inspection pour le mur en question. Le choix de l'objet de l'inspection peut se faire de plusieurs façons comme par exemple à travers une liste déroulante des travaux à inspecter ou même à travers l'échéancier. Ce choix lie automatiquement la demande d'inspection à toutes les informations qui concernent le mur à inspecter. Ces informations comprennent entre autres les plans, les devis et les travaux connexes dans l'échéancier. Une fois la demande remplie, elle est

envoyée aux responsables du contrôle de la qualité de l'entrepreneur général. Il importe ici de souligner que cet envoi est fait selon les disciplines de l'inspection en question. Dans le cas du présent exemple ces disciplines sont civile et électrique. Ceci représente une solution à la problématique de la multiplicité des disciplines par inspection. Une problématique qui nécessitait dans le cas de documents papiers d'utiliser plusieurs copies du même document ou de sacrifier le temps où le document faisait le tour des participants. Cette problématique n'existe pas dans le cas du SGIPC puisque les données concernant la demande sont enregistrées dans la base de données centrale et sont donc mises à jour au fur et à mesure que chaque participant inscrit ses commentaires.

Les responsables du contrôle de qualité de l'entrepreneur font leur inspection du mur et envoient la demande aux professionnels (assurance qualité). Ces derniers reçoivent la demande électronique contenant déjà toutes les informations liées au mur en question ainsi que les commentaires des ingénieurs de l'entrepreneur général. Une fois leur inspection accomplie ils inscrivent leurs commentaires dans les champs prévus au résultat de l'inspection. L'entrepreneur peut continuer ses activités de construction du mur (en cas d'approbation) et la demande d'inspection est archivée dans la base de données. Cette demande ne peut plus être modifiée et demeure attribuée au mur inspecté.

Outre les fonctions discutées ci-dessus, le Module 13 – Qualité intègre des fonctionnalités permettant d'effectuer des analyses de contrôle de qualité comme les diagrammes des causes-effet et les diagrammes de Pareto. De même ce module partage les données concernant les activités d'inspection et d'approbation avec le Module 10 – Planification. Ces informations sont aussi partagées entre autres avec le Module 12 – Approvisionnement pour éviter l'utilisation d'un article refusé et avec le Module 8 – Gestion financière pour éviter l'inclusion d'un travail non-conforme dans les demandes de paiement.

4.4.2.14 Module 14 – Sécurité

L'objectif de ce module est d'incorporer un outil capable d'intégrer les activités de la gestion de la sécurité sur chantier. Le Module 14 – Sécurité permet d'atteindre cet objectif à travers les caractéristiques suivantes :

- a. une banque de données contenant le programme de prévention des accidents ainsi que les informations fondamentales concernant la sécurité sur les chantiers de construction. Chaque activité de l'échéancier est liée aux sections connexes de cette banque afin de faciliter l'accès aux informations;
- b. un accès aux documents électroniques utilisés comme par exemple les avis de sécurité ou les rapports d'accident. Ces rapports sont automatiquement liés aux activités (et donc aux responsables, emplacements, éléments du projet) où l'accident ou la non-conformité a eu lieu;
- c. un partage des informations avec le Sous-module 16.1 – Retour d'information et le Module 10 – Planification afin de visualiser directement les activités qui se déroulent ou qui sont planifiées sur le chantier. Ceci permet aux responsables de la sécurité de planifier en avance les mesures de prévention requises et diminue les risques d'accidents.

4.4.2.15 Module 15 – Administration

Ce module vise à permettre aux utilisateurs du SGIPC d'effectuer des tâches de nature administrative. Les outils mis à la disposition des utilisateurs de ce module permettent l'exécution des fonctions liées au travail de bureau en général comme par exemple les logiciels de traitement de texte, les tableurs et les logiciels de publication. En outre ce module offre des fonctions de gestion des employés comme par exemple la gestion des feuilles de temps. Il partage les données concernant le personnel avec le Module 4 – Participants. Les employés enregistrent les informations concernant leur présence et leur

travail quotidien à l'aide d'un formulaire électronique figurant dans ce module. Ces informations sont partagées avec le Sous-module 8.3 – Comptabilité pour le calcul des rémunérations et le Module 16 – Contrôle et rapports pour les analyses ultérieures de productivité. De même le Module 15 – Administration est responsable de l'intégration de la variété des formulaires administratifs circulant dans le projet comme par exemple les notes de services ou les demandes de vacances. Il importe de souligner que la portée des fonctions de ce module peut être étendue selon les besoins de chaque projet pour incorporer des fonctionnalités plus spécialisées de gestion de ressources humaines comme l'évaluation périodique des employés par exemple.

4.4.2.16 Module 16 – Contrôle et rapports

Les activités de contrôle comme par exemple la mise à jour de l'échéancier ou le suivi des coûts sont toutes d'une importance cruciale durant toutes les phases d'un projet. L'objectif de ce module est d'incorporer un outil capable de présenter aux gestionnaires du projet la synthèse des analyses de contrôle de tous les aspects du projet. Cet objectif peut être analysé comme suit :

- a. tout au long du déroulement du projet - posséder un retour d'information efficace, capable de suivre l'évolution des données et d'en mesurer les écarts par rapport aux prévisions, dans les moindres délais;
- b. à la fermeture du projet - avoir les informations requises pour assurer une analyse post-mortem du projet. Cette analyse sera basée sur l'exploitation des informations déjà archivées durant le projet;
- c. pour les projets futurs - posséder une base de données propre à l'entreprise et donc très fiable, qui pourra servir comme référence pour les estimations futures. Selon Paradis et Gervais (1997) cette référence sera toujours la source d'information la plus valable parce qu'elle tient compte des caractéristiques de l'entreprise.

Le Module 16 – Contrôle et rapports fonctionne à travers les sous-modules suivants :

Sous-module 16.1 – Retour d'information

Ce sous-module est responsable de la collecte des données dites « réelles » comme les dates de début, l'avancement et les dates de fin des activités. L'outil essentiel utilisé à travers ce module est le rapport de chantier. Il s'agit d'un formulaire électronique intégré et rempli quotidiennement par les responsables du chantier. Ce formulaire contient les informations concernant l'état détaillé du chantier comme par exemple les activités effectuées, la main-d'œuvre et la machinerie. Ces informations sont partagées avec d'autres modules connexes comme le Module 10 – Planification et le Module 8 – Gestion financière.

Sous-module 16.2 – Rapports

Ce sous-module est responsable de l'analyse et le groupement des rapports produits par tous les autres outils de gestion du SGIPC. Il s'agit à titre d'exemple des rapports d'avancement, des rapports de coûts et des rapports d'évaluation. Le Sous-module 16.2 – Rapports possède la capacité de détecter toute déviation par rapport aux prévisions originales. Ceci se réalise à travers une comparaison continue entre le retour d'information d'une part (coûts réels, mise à jour de l'échéancier) et les références connexes de l'autre (estimations, échéancier initial). En plus d'être un accès direct aux rapports de gestion, ce sous-module agit comme un ensemble d'indicateurs de la performance du projet.

Sous-module 16.3 – Fermeture du projet

Selon Joly et coll. (1993) il existe trois types de tâches à réaliser en fin de projet :

- a. clôture technique et administrative du projet (recette de l'ouvrage, plans conformes à l'exécution, fermetures d'unités de dépenses);
- b. archivage des documents de projet;
- c. retour d'expérience.

L'objectif de ce sous-module est d'incorporer un outil capable de soutenir les utilisateurs du SGIPC durant la fermeture du projet. L'une de ses fonctions fondamentales est la préparation du rapport de fin de projet. Ce rapport doit permettre de connaître l'histoire du projet, et son déroulement par rapport aux prévisions. Il est destiné à la hiérarchie ainsi qu'aux gestionnaires du projet. Le Sous-module 16.3 – Fermeture du projet partage les données de ce rapport avec les autres modules connexes (Module 5 – Plans et Devis, Module 8 – Gestion financière, Module 10 – Planification). Il s'agit à titre d'exemple des informations suivantes extraites d'un plan-type proposé par Joly et coll. (1993) :

- a. identification du projet (type de contrat, nature du projet, étapes principales du projet);
- b. gestion technique (difficultés particulières, solutions intéressantes, innovations réutilisables);
- c. gestion de l'avancement et des délais (méthode de suivi utilisée, dernier rapport d'avancement, historiques des étapes principales d'exécution);
- d. gestion financière (difficultés financières rencontrées et solutions, liste de prix, dernier rapport des coûts);
- e. relations (influence des organisations et des personnes sur les coûts et les délais);
- f. conclusions générales (résultats d'ensemble du projet, statistiques).

Il importe de souligner que le SGIPC facilite le retour d'expérience à travers la mise à jour de ses banques de données comme par exemple la banque de données des coûts unitaires. Toutefois l'exploitation des informations archivées demeure en grande partie la responsabilité des utilisateurs qui doivent en profiter au cours de leurs projets futurs.

4.4.2.17 Module 17 – Dossiers

Ce module permet aux utilisateurs du SGIPC de grouper plusieurs documents concernant la même problématique décisionnelle en un seul document composé (point 3.5.2) appelé dossier. Le contenu de chaque dossier varie selon le sujet traité et peut incorporer une grande variété de documents comme par exemple une demande d'information, une facture ou un dessin. Le créateur de chaque dossier décide s'il désire mettre à jour le contenu des documents incorporés. Le cas échéant, le contenu du dossier est directement mis à jour puisque toutes les données demeurent dans la base de données centrale du SGIPC. Ce module est très utile pour les tâches de gestion qui nécessitent le traitement de données complexes et provenant de plusieurs sources comme dans le cas de la préparation d'une réclamation par exemple.

4.4.2.18 Module 18 – Accès interactif aux informations

Le module 18 du SGIPC permet aux utilisateurs un accès interactif aux informations du projet. Cette interaction se traduit en un échange réciproque de questions et réponses entre l'utilisateur et le système. À travers ce dialogue l'utilisateur est guidé directement aux informations qu'il désire consulter. L'avantage principal de ce module est qu'il permet de déterminer avec exactitude comment l'utilisateur désire aborder les informations du projet. En plus de faciliter l'accès aux informations, ce module permet de les présenter pareillement au modèle envisagé par l'utilisateur. Un utilisateur peut vouloir accéder aux informations à travers plusieurs méthodes comme expliqué dans les exemples suivants :

- a. les informations concernant le deuxième étage, donc l'emplacement (où?);
- b. les informations concernant les travaux mécaniques, donc la discipline (quoi?);
- c. les informations concernant le sous-traitant des travaux mécaniques, donc la responsabilité (qui?).

Compte tenu des réponses de l'utilisateur, le système présente les choix potentiels d'informations comme par exemple la liste des plans du deuxième étage (toutes les disciplines) ou la liste des plans mécaniques (tous les étages) et ainsi de suite jusqu'à ce que l'utilisateur soit acheminé aux informations requises.

4.4.2.19 Module 19 – Multimédia

L'objectif de ce module est de permettre aux utilisateurs du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) de profiter de l'avancement substantiel des outils multimédiatiques de télécommunication. Selon l'Office québécois de la langue française (2003), le multimédia est la technologie de l'information permettant l'utilisation simultanée de plusieurs types de données numériques (textuelles, visuelles et sonores) à l'intérieur d'une même application ou d'un même support, et cela, en y intégrant l'interactivité apportée par l'informatique. Le multimédia est la rencontre de l'audiovisuel, de l'informatique et des télécommunications. L'interactivité constitue un élément clé du multimédia.

Le Module 19 – Multimédia accentue la capacité de communication entre les intervenants à travers l'intégration d'une variété d'outils comme par exemple les lecteurs multimédias, les caméras Web et les logiciels de vidéoconférence. Par exemple grâce à ce module les intervenants du projet sont capables de :

- a. visualiser continuellement une ou plusieurs vues du chantier. La figure 21 est un exemple tiré du site Web concernant la construction du nouveau pavillon de l'École de technologie supérieure (ÉTS);
- b. organiser des vidéoconférences à plusieurs participants;
- c. enregistrer des fichiers multimédias (sonores et visuels) et les intégrer selon le besoin aux informations du projet.

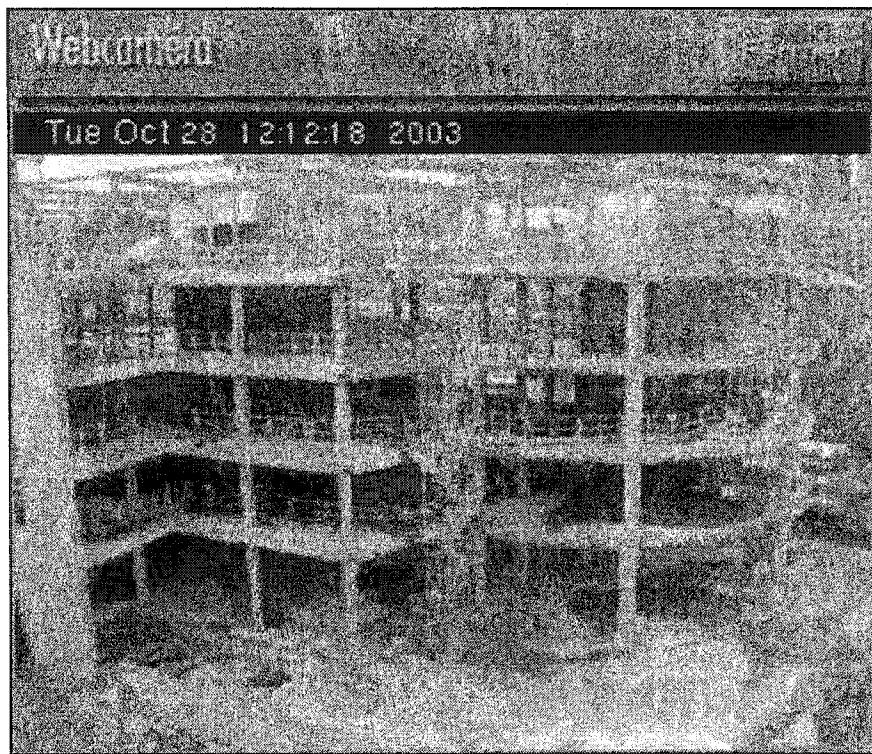


Figure 21 Exemple de caméra Web tiré du site Internet concernant la construction du nouveau pavillon de l'École de technologie supérieure (ÉTS)

Il importe de souligner que les informations enregistrées à travers ce module sont archivées dans la base centrale de données du SGIPC pour un accès ultérieur. De même ces informations peuvent être intégrées aux données provenant d'autres modules comme par exemple l'intégration d'une photo de chantier à un avis de non-conformité (Module 13 – Qualité) ou à une mise à jour de l'échéancier (Module 10 – Planification).

4.4.2.20 Module 20 – Paramétrage

Le module 20 est responsable des fonctions de paramétrage du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC). Ceci inclut principalement les tâches suivantes :

- a. fixation des noms des utilisateurs et des mots de passe (droits d'accès). Ceci est effectué en premier lieu au niveau de chaque intervenant du projet (entreprise) puis est réglé davantage jusqu'au niveau individuel selon le besoin du projet. De même l'accès aux informations peut être réglé jusqu'au niveau du document. Il importe de souligner ici selon le point 3.7.1 du présent document, que la conception de la portée de chaque mot de passe est d'une importance cruciale pour le bon fonctionnement du système. En d'autres termes l'attribution des autorisations de création, de modification et de visualisation des informations est une opération très délicate et doit se faire avec extrême vigilance selon le besoin de chaque projet;
- b. fixation du cheminement des différents documents. Ce cheminement peut être constant ou variable selon une valeur quelconque dans le document. Par exemple le cheminement d'une demande d'inspection est décidé selon la discipline et l'état d'acceptation des travaux inspectés;
- c. fixation de la méthode d'identification (numéros de série) des documents.

Il importe de mentionner que le SGIPC comme tous les systèmes informatiques semblables requiert une phase de réglage et de configuration intense. Il s'agit en plus des exemples mentionnés ci-dessus de l'installation des logiciels intégrés, du stockage des informations de bases comme les devis et de la préparation des divers formulaires du projet. Cela nécessitera probablement un administrateur à temps plein responsable du contrôle du système durant tout le déroulement du projet.

4.4.3 Faisabilité technique du SGIPC

L'objectif de cette section est d'intégrer à l'étude du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC) des notions de faisabilité technique afin d'assurer la présentation d'un système réalisable dans un délai relativement court. Il s'agit de vérifier l'existence des technologies et des tendances de base menant à la réalisation technique du système. Ceci implique essentiellement de vérifier la faisabilité

technique de deux caractéristiques fondamentales du SGIPC, soit la faisabilité technique de l'intégration des informations et de l'interopérabilité entre les logiciels et la faisabilité technique des applications par navigateur.

4.4.3.1 La faisabilité technique de l'intégration des informations et de l'interopérabilité entre les logiciels

La revue de la littérature effectuée dans les points 2.1.4.4 et 2.1.4.5 du présent document montre déjà la tendance de l'industrie de l'architecture, ingénierie et construction (A/I/C) à utiliser un langage commun sur lequel sont basés les échanges et le partage d'informations entre logiciels. Selon l'Alliance Internationale pour l'Interopérabilité (IAI, 2003) ces spécifications ou plutôt les classes d'objets pour la construction (IFC) ont été adoptées par les principaux éditeurs et une offre de produits IFC est à présent disponible. Le tableau IX est adapté du site Web de l'IAI (2003) et représente l'état des certifications à l'issue du 2ème atelier de certification de logiciels IFC 2x qui s'est tenu à Munich les 6 et 7 mai 2003. On y distingue une étape 1 analogue aux certifications antérieures et assimilable à une "vérification d'aptitude" et une étape 2 correspondant à une "vérification de service régulier" avec une plus grande implication des utilisateurs. Selon ces informations, bien que la standardisation complète des formats d'échange de données demeure un objectif à atteindre, le progrès effectué dans ce domaine est plus que considérable. Ceci se traduit déjà par l'existence de standards communs comme les IFC (point 2.1.4.5) et l'aecXML (langage basé sur XML pour représenter l'information dans le secteur de l'A/I/C et pris en considération par l'IAI). L'ensemble de ce progrès permet de considérer que le partage de données dans le SGIPC est théoriquement faisable du point de vue technique. Il est à noter que cette faisabilité augmente au fur et à mesure que les standards internationaux sont exploités par les éditeurs de logiciels. Ceci fera bientôt de l'interopérabilité une caractéristique commune de tous les logiciels utilisés dans l'industrie de l'A/I/C.

Tableau IX

L'état des certifications à l'issue du 2ème atelier de certification de logiciels IFC 2x qui s'est tenu à Munich les 6 et 7 mai 2003

Société/organisation	Produit	Catégorie	IFC 1.51	IFC 2.0	IFC 2x
Active 3D	IFC treeview et viewer				6-7/5/03 Etape 1
Autodesk (USA)	Architectural Desktop	CAO	31/05/00		
Bentley (USA)	Triforma	CAO			6-7/5/03 Etape 2
Building Construction Authority Singapore /NovaSPRINT (Singapour)	e-Plan Checking	Analyseur de projet			6-7/5/03 Etape 2
Data Design System (Norvège)		Electricité., Hvac	31/05/00		6-7/5/03 Etape 2
Eurostep	WebSTEP	Boite à outils		25/05/01	
Fujitsu (Japon)	PersonalBLD	CAO 2D		28/10/02	
GEM Team Solutions	Interface IFC pour Architectural Desktop	Interface			6-7/5/03 Etape 2
Graphisoft (Hongrie)	Archicad	CAO	31/05/00	25/05/01	6-7/5/03 Etape 2
HAN Dataport	EliteNT Architektur	Conception architecturale	31/05/01		
KAJIMA (Japon)	Architectural DB-CAD	CAO		28/10/02	
	Door and Window scheduler			28/10/02	
	MED DB-CAD	Mécanique et électricité		28/10/02	
	Structural DB-CAD	Structure		28/10/02	
LBNL (USA)	EnergyPlus	Simulation thermique		25/05/01	
MEDIACONSTRUCT (France)	<u>IFC Viewer CLAIRE</u>	Visualiseur et middleware		25/05/01	
Microsoft (USA)	Visio 2002 Professional	Architecture, HVAC, Electricité, FM		25/05/01	
NEC (Japon)	IFC Data Server	Serveur IFC		28/10/02	

Tableau IX (suite)

Société/organisation	Produit	Catégorie	IFC 1.51	IFC 2.0	IFC 2x
Nemetschek (Allemagne)	Allplan	CAO	31/05/00		6-7/5/03 Etape 2
Olof Granlund (Finlande)	RIUSKA	Simulation thermique		25/05/01	6-7/5/03 Etape 2
	BSPPro	Middleware	31/05/00	25/05/01	24/10/02 Etape 1
PNNL (USA)	ComCheck EZ	Architecture		25/05/01	
Skanska (Suède)	Facets	Planning, quantitatif estimatif		25/05/01	
Sumitomo Cement System (Japon)	ADT IFCINOUT	Module de lecture/écriture basé sur ADT3		28/10/02	
	EstimateCore	Quantitatif estimatif		28/10/02	
Solibri (Finlande)	Solibri Model Checker	Analyseur de projet		25/05/01	6-7/5/03 Etape 2
Timberline (USA)	PECAD	Quantitatif estimatif		25/05/01	
TOPS	IFC to VRML	Convertisseur		25/05/01	
Vizelia Technologies (France)	<u>Facility on line</u>	Visualiseur VRML et Gestion patrimoine			6-7/5/03 Etape 2
YIT (Finlande)	COVE	Quantitatif estimatif		25/05/01	6-7/5/03 Etape 2

(adapté de l'Alliance Internationale pour l'Interopérabilité (IAI), 2003)

4.4.3.2 La faisabilité technique des applications par navigateur

Selon les informations présentées au point 2.1.4.6, un utilisateur peut actuellement lancer plusieurs types d'applications à travers l'Internet. Ceci est accompli à travers différents systèmes d'exploitation et plate-formes. Cette capacité additionnée aux technologies de l'Internet haute vitesse, d'une part, et de l'évolution phénoménale du matériel informatique, d'autre part, soutient la faisabilité technique du SGIPC. Le concept présenté dans la figure 15 et qui consiste essentiellement en un accès Internet aux logiciels et aux documents est donc valide et techniquement faisable.

4.4.4 Suggestions pour les études futures

Comme précédemment mentionné, l'objectif de ce mémoire est la définition générale du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC). Ceci fait partie d'un objectif à long terme qui consiste à avoir un système complet, prêt à l'implantation dans l'industrie de l'architecture, ingénierie et construction (A/I/C). Pour atteindre cet objectif un ouvrage substantiel demeure à accomplir dans les travaux futurs. Il s'agit de poursuivre la présente étude jusqu'à la réalisation de l'implantation et l'exploitation du système (point 3.1.7). Ceci inclut entre autres la réalisation des diagrammes de flux de données (DFD) (point 3.2.1) et la réalisation technique du SGIPC (point 3.1.6). Ces activités permettront d'atteindre l'objectif à long terme mentionné ci-dessus. Toutefois certaines études connexes sont à accomplir afin de soutenir l'implantation du SGIPC dans les projets de construction. Des exemples de ces études sont présentés dans les points suivants :

- a. développement des espaces de travail interactifs dont la conception architecturale est compatible aux systèmes de gestions informatiques. Un exemple de ce genre d'espace est présenté dans la figure 22;

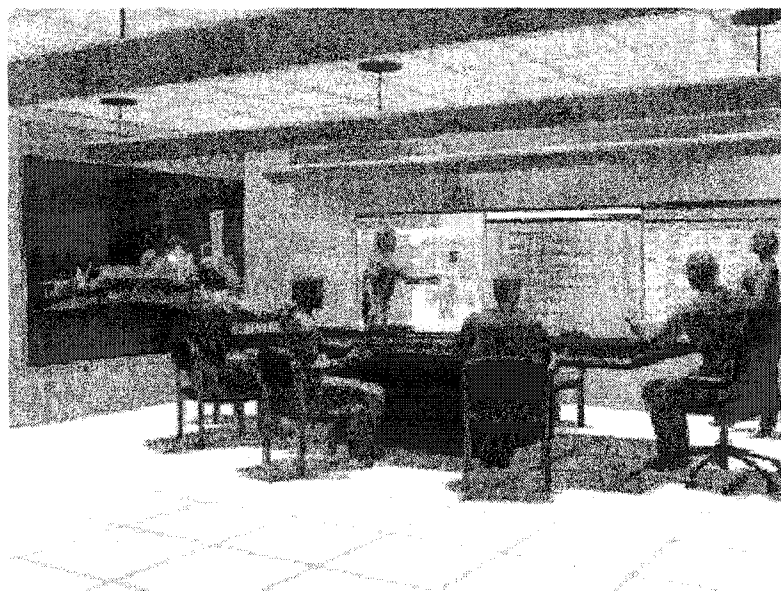


Figure 22 Illustration des espaces de travail interactifs pour les systèmes de gestion
(adaptée de Froese et coll., 2000)

- b. analyse de la problématique de la résistance au changement dans le domaine de la construction;
- c. développement de plans d'intégration des systèmes de gestion dans les tâches quotidiennes des participants;
- d. étude des mesures capables d'accélérer l'adoption des standards internationaux par les éditeurs de logiciels;
- e. étude des solutions technologiques envisageables à la problématique concernant le poids légal des documents électroniques.

CONCLUSION

Ce mémoire représente la base d'un travail de recherche dont l'objectif à long terme est de développer un système intégré de gestion globale de projets de construction appelé SGIPC (Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction). Les études effectuées tout au long de cet ouvrage ont permis d'atteindre l'objectif initial de définir la structure générale du SGIPC.

En premier lieu une étude préliminaire a été effectuée afin de situer le SGIPC par rapport aux besoins de l'industrie de la construction. Cette étude a fourni des données favorisant le développement d'un système possédant les caractéristiques du SGIPC. De même elle a permis dès le premier chapitre d'identifier deux critères fondamentaux qui doivent caractériser le système et donc déterminer les orientations de cette recherche. Ces deux critères sont l'intégrité des différentes tâches de gestion et la communication des informations.

La deuxième partie du mémoire consistait en une revue intense de la littérature. Vu la nature complexe de cette recherche la revue de littérature a couvert plusieurs domaines d'étude dont la construction, la gestion, l'informatique et les technologies de l'information. Ceci a permis d'étudier des notions théoriques importantes qui ont représenté le fondement scientifique utilisé dans les sections ultérieures. Un exemple à souligner est l'étude de l'avancement réalisé par l'Alliance Internationale pour l'Interopérabilité (IAI) qui a permis d'identifier les standards sur lesquels le SGIPC doit se baser. Ces standards sont les classes d'objets pour la construction (IFC).

Afin de cerner avec exactitude les efforts de développement des systèmes de gestion, une analyse des systèmes semblables au SGIPC a été effectuée. Ceci n'a pas été limité à l'étude des systèmes commercialisés (Citadon CW, PrimeContract) mais a inclus pareillement l'étude des programmes de recherche (RMS, TOPS). Ces systèmes ont été

évalués selon une liste de critères reflétant les objectifs du SGIPC. Les résultats de l'évaluation se sont montrés en parfaite harmonie avec la revue de littérature effectuée antérieurement. L'orientation de l'industrie de la construction concernant l'Internet a été trouvée relativement satisfaisante. Toutefois c'est au niveau de l'intégration des différents outils de gestion que s'est manifestée la lacune majeure des systèmes étudiés. De même ces études ont permis de déduire l'absence de certaines fonctions fondamentales comme la gestion de l'approvisionnement, le contrôle de retour d'information du chantier et la fermeture du projet.

Les études préalables au développement du SGIPC ont permis d'accomplir l'acquisition de toutes les informations nécessaires au développement du SGIPC. Ceci a permis entre autres de valider l'approche théorique utilisée et de détailler les données fondamentales sur lesquelles se base la conception du système (les intervenants du projet, les fonctions de gestion, les documents de construction). Une analyse des outils de conception a permis de recommander l'utilisation des diagrammes de flux de données (DFD) pour les phases futures du développement. Les études des avantages et des désavantages des systèmes semblables au SGIPC ainsi que l'étude de cas ont permis d'évaluer pratiquement la rentabilité du système et de mettre en évidence les lacunes à prendre en considération lors de son développement. De même l'étude effectuée à l'aide des matrices d'analyse a été un exercice extrêmement avantageux pour l'identification des besoins et l'analyse de l'interaction entre les éléments fondamentaux d'un projet de construction.

La dernière partie de cet ouvrage a permis d'exploiter l'ensemble des résultats obtenus dans les chapitres antérieurs pour présenter le SGIPC. La définition des besoins de l'utilisateur et la spécification du système ont reflété les exigences des deux critères fixés au début de ce mémoire. Il importe de souligner qu'il a été recommandé d'utiliser la programmation orientée objet, basée sur la version IFC2x des classes d'objets pour la construction. De même il a été décidé de suivre une approche modulaire pour la

conception et d'utiliser l'Internet comme plate-forme de communication (fonctionnement des bases de données et des applications dans un environnement en ligne).

La présentation du SGIPC a permis en premier lieu de souligner certaines de ses caractéristiques fondamentales. Il s'agit entre autres de l'intégration et l'interopérabilité des logiciels utilisés, l'incorporation des technologies actuelles de communication et de la multiplicité des méthodes d'accès aux informations. Ensuite 20 modules du SGIPC ont été détaillés. Ces modules représentent la synthèse de cette recherche et répondent directement à l'ensemble des exigences établies tout au long de ce mémoire. Outre la prise en considération des fonctionnalités et des modules inclus dans les systèmes déjà développés, de nouveaux modules et de nouvelles fonctionnalités ont été suggérés dans le SGIPC. Plusieurs exemples sont à souligner dont l'accès orienté objet à toutes les informations concernant un élément quelconque du projet, l'intégration des informations multimédiatiques aux données du projet ainsi que les nouveaux modules proposés comme celui de l'appel d'offres, de l'approvisionnement et de la qualité. Aucun système à date n'offre la vision globale suggérée à travers le SGIPC.

Finalement l'étude de faisabilité technique a prouvé que les technologies et les tendances de base essentielles à la réalisation technique du SGIPC existent déjà et gagnent de plus en plus d'importance. Toutefois pour un objectif aussi complexe que le développement d'un système de telle ampleur, beaucoup d'études restent à réaliser. Il n'y a peut être rien de plus pertinent que de terminer cette conclusion par la parole de Jules Verne : *«Tout ce qu'un homme peut imaginer, un jour d'autres hommes le réaliseront»*.

RECOMMANDATIONS

Afin de compléter le développement du Système Global de Gestion Informatisée de Projets de Construction (SGIPC), des études futures seraient à envisager. Il s'agit d'utiliser les résultats de la présente étude pour compléter les phases concernant la conception du système. Ensuite il faudra effectuer la réalisation technique, l'implantation et l'exploitation du SGIPC. Pour bien mener ces études les recommandations suivantes sont à prendre en considération :

- a. respecter l'approche de développement descendant suivie dans ce mémoire;
- b. utiliser comme outil de conception les diagrammes de flux de données (DFD) selon la méthode de Gane et Sarson;
- c. vérifier de près l'avancement réalisé par l'Alliance Internationale pour l'Interopérabilité (IAI) afin de baser le SGIPC sur la version la plus récente des classes d'objets pour la construction (IFC);
- d. vérifier selon le délai qui existe entre la présente étude et celles qui lui donnent suite, les versions ultérieures des systèmes commercialisés et des programmes de recherches étudiés (ou autres). Vu l'évolution phénoménale du domaine informatique l'existence de nouvelles versions est presque garantie dans le futur;
- e. baser le choix des outils (logiciels) de gestion incorporés dans le SGIPC sur les produits certifiés par l'IAI.

ANNEXE 1

Exemple de diagrammes de flux de données (DFD)

BIBLIOGRAPHIE

- Alshawhi, M., Ingirige, B. (2003). Web-enabled project management : an emerging paradigm in construction. *Automation in Construction*, 12(1), 349-364.
- Angot, H. (1992). *Système d'information de l'entreprise*. Bruxelles : De Boeck.
- Billon, R. (1999). Comprendre les concepts des IFC, Décrire son projet en vue des échanges. Ouvrage inédit de Mediaconstruct.
- Bruxelle, C. (1999). Définition d'un Système Intégré de Gestion des Infrastructures Civiles (SIGIC). Montréal, ÉTS.
- Budd, T. (1992). *Introduction à la programmation par objets*. France : Addison-Wesley.
- Caldas, C.H., Soibelman, L., Han, J. (2002). Automated Classification of Construction Project Documents. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 16(4), 234-243.
- Citadon. Citadon CW, [En ligne]. <http://www.citadon.com> (Consulté le 20 février 2003).
- Comité canadien des documents de construction (CCDC). (1996). *Guide d'utilisation des formulaires modèles et des documents de soutien*. Ottawa, CCDC.
- Finch, E. (2000). *Net Gain in Construction*. Jordan Hill : Butterworth-Heinemann.
- Frantzen, T., McEvoy, K. (1988). *A Game Plan for Systems Development*. Englewood Cliffs : Prentice-Hall.
- Froese, T., Rankin, J., Yu, K. (1997A). An Approach to Total Project Systems. *Proceedings of the 1997 4th Congress on Computing in Civil Engineering*, 1-8.
- Froese, T., Rankin, J., Yu, K. (1997B). Project Management Application Models And Computer-Assisted Construction Planning In Total Project Systems. *International Journal of Construction Information Technology*, 5(1), 39-62.
- Froese, T., Waugh, L. (1996). Internet for Civil Engineering. *Proceedings of the Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering*, 1, 448-457.

- Froese, T., Yu, K., Liston, K., Fischer, M. (2000). System Architectures For AEC Interoperability. Construction Information Technology 2000, Proceedings of CIT 2000, 1, 362-373.
- Froese, T.M. (1992). Integrated Computer-Aided Project Management through Standard Object-Oriented Models. Stanford University.
- Gane, C., Sarson, T. (1979). Structured Systems Analysis. New York : Improved System Technologies.
- Gervais, P. (2001). Aspects légaux et administration des contrats de construction. Montréal, ÉTS.
- Gilbert, P., Dubois, Y., Gervais, P.V. (1984). Système Intégré de Gestion de Projets de Construction. Montréal, ÉTS.
- Goodyear, M. (2000). Enterprise System Architectures. Boca Raton : Auerbach.
- Hegazy, T. (2002). Computer-Based Construction Project Management. Upper Saddle River : Prentice Hall.
- IAI (2003). Alliance Internationale pour l'Interopérabilité, [En ligne]. <http://www.iai-france.org> (Consulté le 19 juin 2003).
- Joly, M., Le Bissonnais, J., Muller, J. (1993). Maîtrisez le coût de vos projets – Manuel de coûtéance. Paris : AFNOR.
- Jung, Y., Gibson, G.E. (1999). Planning for Computer Integrated Construction. Journal of Computing in Civil Engineering, 13(4), 217-225.
- King, D. (1984). Current practices in software development. Englewood Cliffs : Prentice-Hall.
- LaPlante, A. (1997). Global Boundaries.com. Global Innovators Series, Computerworld.
- Miresco, E. (2002). Gestion des projets de construction et de réhabilitation. Montréal, ÉTS.
- O'Brien, J.A. (1998). Introduction to Information Systems (2^e éd.). Irwin/McGraw-Hill.
- O'Brien, J.A. (2001). Introduction aux systèmes d'information. Chenelière/McGraw-Hill.

O'Brien, W.J. (2000). Implementation Issues in Project Web Sites. *Journal of Management in Engineering*, May/June 2000, 34-39.

Office québécois de la langue française, [En ligne]. <http://www.granddictionnaire.com> (Consulté le 30 juin 2003).

Paradis, J., Gervais, P. (1997). *Estimation*. Laval : Groupe Beauchemin.

Poyet, P., Monceyron, J. (1997). Les classes d'objets IFCs: Mode d'emploi. Ouvrage inédit pour le compte du CSTB.

Primavera. PrimeContract, [En ligne]. <http://www.primavera.com> (Consulté le 3 mars 2003).

Retik, A., Langford, D. (2001). *Computer integrated planning and design for construction*. London : Thomas Telford.

Rivard, S., Talbot, J. (2001). *Le Développement de Systèmes d'Information* (3^e éd.). Sainte-Foy, Québec : Presses de l'Université du Québec.

Rojas, E.M., Songer, A.D. (1999A). Computer-Aided Facilities Inspection. *Journal of Infrastructure systems*, 5(2), 79-85.

Rojas, E.M., Songer, A.D. (1999B). Web-Centric Systems: A New Paradigm for Collaborative Engineering, 15(1), 39-45.

Russel, A., Froese, T. (1997). Challenges and a Vision For Computer-Integrated Management Systems For Medium-Sized Contractors. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 24(2), 180-190.

Sanvido, V.E., Medeiros, D.J. (1990). Applying computer-integrated manufacturing concepts to construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 116(2), 365-379.

Sente. La technologie objet, [En ligne]. <http://www.sente.ch> (Consulté le 20 juin 2003).

Shahid, S.M. (1996). *Use of Information for Problem Resolution on Construction Projects*. University of British Columbia.

Stewart, R.A., Mohamed, S. (2003). An empirical investigation of users' perceptions of web-based communication on a construction project. *Automation in Construction*, 12(1), 43-53.

Teicholz, P. (1999). Vision of future practice. Berkeley-Stanford workshop on defining a research agenda for AEC process/product development in 2000 and beyond, Stanford University.

Thorpe, T., Mead, S. (2001). Project-Specific Web Sites: Friend or Foe? *Journal of Construction Engineering and Management*, 127(5), 406-413.

U.S. Army Corps of Engineers. Resident Management System (RMS), [En ligne]. <http://winrms.usace.army.mil> (Consulté le 5 mars 2003).

Wesek, J., Cottrez, V., Landler, P. (2000). A Benefits Analysis of Online Project Collaboration Tools within the Architecture, Engineering and Construction Industry. Papier inédit de PricewaterhouseCoopers.

Zertiti, A. (1997). Un système d'information pour la gestion intégrée des coûts dans la construction. *EPFL Super Computing Review*, 10, 6-9.

Autres références utilisées :

Fisher, N., Yin, S.L. (1992). *Information management in a contractor*. London : Thomas Telford.

Fondahl, J.W. (1987). The History of Modern Project Management, Precedence Diagramming Methods: Origins and Early Development. *Project Management Journal*, 18(2), 33-36.

Foucaut, O., Thiéry, O., Smaïli, K. (1996). *Conception des Systèmes d'Information et Programmation Événementielle*. Paris : InterEditions/Masson.

LaPlante, A. (1997). *Global Boundaries.com. Global Innovators Series*, Computerworld.

Maxwell, J.W.S. (1991). *Applications of information technology in construction*. London : Thomas Telford.

Prax, J.Y. (1998). *La gestion électronique documentaire (2e éd.)*. Paris : Masson.

Tam, C.M. (1999). Use of Internet to enhance construction communication: Total Information Transfer System. *International Journal of Project Management*, 17(2), 107-111.