UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ANALYSE DE LA CONVERSION DES EXIGENCES À LA PLANIFICATION DE PROJETS TECHNOLOGIQUES: ÉTUDES DE CAS

ROBIN LAGRAVIÈRE

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET GÉNIE INDUSTRIEL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION

DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES

(GÉNIE INDUSTRIEL)

DÉCEMBRE 2010

© Robin Lagravière, 2010.

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé:

ANALYSE DE LA CONVERSION DES EXIGENCES À LA PLANIFICATION DE PROJETS TECHNOLOGIQUES: ÉTUDES DE CAS

Présenté par : LAGRAVIÈRE Robin

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. PELLERIN Robert, Ph.D, président

M.BOURGAULT Mario, Ph.D, membre et directeur de recherche

M.CAMBRON Michel, ing. MBA, membre

DÉDICACE

À ma famille et à Julie

REMERCIEMENTS

J'aimerai remercier dans cette section toutes les personnes qui m'ont de près ou de loin aidé et soutenu dans mon projet de maîtrise et la rédaction de mon rapport, et notamment les personnes énumérées ci-dessous.

Je tiens ainsi pour commencer à exprimer toute ma gratitude à mon directeur d'études M. Mario Bourgault pour m'avoir proposé ce projet hautement stimulant et éducatif, pour avoir cru en mes capacités, pour avoir effectué un suivi régulier du projet et dispensé de précieux conseils avec toujours beaucoup d'enthousiasme. Ce fut un plaisir de collaborer avec lui.

Je tiens également à remercier Michel Cambron pour sa disponibilité, son soutien et son apport toujours pertinent et très apprécié dans les phases critiques du projet.

Je remercie aussi tout particulièrement Julie Cazzaro, ma compagne de vie, qui m'a permis de donner le meilleur de moi-même et a amené le projet à un haut niveau grâce à sa patience, son soutien, son attitude positive, ainsi que son support dans les moments difficiles.

Je remercie aussi bien sincèrement tous mes amis et ma famille qui m'ont soutenu dans ma maîtrise même, ainsi que mes collègues et amis du laboratoire pour la très bonne ambiance et pour leur aide dans mon projet, notamment Jaouad Daoudi, et Christophe Sobolewski.

RÉSUMÉ

Cette recherche porte sur la relation entre l'ingénierie des exigences et la planification de projets technologiques. Elle s'intéresse plus particulièrement aux processus mis en place dans les projets, ainsi qu'aux facteurs influençant leur implantation.

À la lumière de la littérature en gestion de projets, il n'existe que très peu d'informations sur la conversion des exigences à la planification de projet. Même si le lien entre « exigences » et « planification » est incontestable, très peu de recherches ont été effectuées sur le sujet. De plus, ce processus n'est que très peu formalisé et l'industrie démontre un intérêt certain à une meilleure maîtrise de ce processus. Il s'est donc avéré pertinent d'effectuer une recherche sur ce thème.

Cette recherche emprunte la voie de l'exploration afin d'examiner comment s'effectue ce lien en pratique. Pour ce faire, des études de cas ont été effectuées au sein d'entreprises montréalaises. L'interprétation des données, obtenues à partir de 12 entrevues semi-dirigées réalisées auprès des principaux acteurs de ces processus a permis de cartographier les processus d'ingénierie des exigences et de planification utilisés, pour en apprendre plus sur la réalité des entreprises. Par la suite, les principaux facteurs influençant la mise en place de ces processus en entreprise ont été identifiés.

Les résultats montrent que non seulement le processus de développement des exigences influence la planification de projets, mais que le premier dépend également de la méthode de gestion de projets utilisée. Le choix de la méthode de gestion de projets revient généralement aux hauts-dirigeants de l'entreprise, prenant en considération le contexte des projets et l'orientation stratégique de l'entreprise.

Ainsi, le lien entre l'ingénierie des exigences et la planification de projets est fortement influencé par la méthode de gestion utilisée dans le projet.

Mots-clés : ingénierie des exigences, gestion de projet, planification de projet, gestion des exigences.

ABSTRACT

This research examines the relationship between requirements engineering and planning for technologic projects. This research is particularly interested in the processes as well as factors influencing their implantation.

In the literature about project management, there is very little information on the conversion of the requirements to the project planning. Although the relationship between "requirements" and "planning" is undeniable, very few researches have been done on the subject. Moreover, this process is not formalized and industry demonstrates a clear interest in better control this process. It was therefore appropriate to conduct a search on this topic.

This research is considering how this link occurs in practice. To do this, case studies were conducted in four Montreal companies. The interpretation of data obtained from 12 semi-structured interviews and from key players in these processes, has enabled the mapping of engineering requirements and planning processes. Subsequently, the main factors influencing the implementation of these business processes were identified.

The results show that not only the requirements development process influences the planning of projects, but also requirements development process depends on the project management method used. The choice of the project management method is generally made by the senior executives of the company, taking into consideration the context of projects and strategic direction of the company.

Thus, the link between engineering requirements and project planning is strongly influenced by the management method used in the project.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE III

REMERCIEMENTS IV

RÉSUMÉ V

ABSTRACT VI

TABLE DES MATIÈRES VII

LISTE DES TABLEAUX X

LISTE DES FIGURES XI

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS XII

LISTE DES ANNEXES XIII

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE 3

1.1 Définition des exigences 3

1.2 Propriétés des exigences 4

1.3 Niveaux d'exigences 5

1.4 Traçabilité des exigences 9

1.4.1 Bénéfices de la traçabilité 10

1.4.2 Analyses de traçabilité 11

1.5 Développement des exigences, ingénierie des exigences ou gestion des exigences? 12

1.5.1 Le développement des exigences 13

1.5.2 La gestion des exigences 14

1.6 L'ingénierie des exigences et la gestion de projets 16

1.6.1 Les méthodes de gestion de projet orientées « projet » et l'ingénierie des exigences 18

1.6.2 L'ingénierie des systèmes et l'ingénierie des exigences 23

1.6.3 L'ingénierie des exigences et la gestion de projets Agile 28

1.6.3 L'ingénierie des exigences et la gestion de projet hybride 32

1.7 Problématique spécifique : la planification de projets technologiques et l'ingénierie des exigences 33

1.7.3 L'ingénierie des exigences et le plan de projet 35

1.7.4 L'ingénierie des exigences et le suivi de projets 36

1.7.5 Outils d'intégration des concepts d'exigences et planification 37

1.7.6 Objectifs de recherche 39

CHAPITRE 2 ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES DE LA RECHERCHE : PRÉSENTATION DES CAS 41

2.1 Approche générale de la recherche 41

2.1.1 Définition du sujet de recherche 41

2.1.2 Cadre de la recherche 42

2.1.3 L'étude de cas 43

2.2 Terrain de la recherche 44

2.2.1 Sélection des entreprises 44

2.2.2 Choix des participants à la recherche 45

2.2.3 Identification des participants à l'étude 45

2.3 Démarche de collecte de données 46

2.3.1 Entrevues semi-dirigées 46

2.3.2 Guide d'entrevue 47

2.3.3 Documentation interne 48

2.3.4 Déroulement des entrevues 48

2.4 Traitement des données 49

2.5 Méthode d'analyse des données 49

2.6 Éthique de la recherche 50

CHAPITRE 3 ANALYSE DES DONNÉES 51

3.1 Présentation des cas d'entreprises 51

3.1.1 Analyse interne du cas du projet A 51

3.1.2 Analyse interne du cas du projet B 62

3.1.3 Analyse interne du cas du projet C 74

3.1.4 Analyse interne du cas du projet D 87

3.2 Synthèse des cas 94

3.3 Étude comparative des cas 99

3.3.1 Influence du processus de développement des exigences sur la gestion des changements et le processus de planification 99

3.3.2 Analyse du choix des outils sur les processus de gestion des exigences et de planification 101

3.3.3 Influence de la méthode de gestion de projets sur les processus d'ingénierie des exigences et de planification 103

3.3.4 Influence du contexte des projets sur le choix de la méthode de gestion de projets 105

3.3.5 Synthèse 109

CHAPITRE 4 DISCUSSION 111

4.1 Contribution théorique 111

4.2 Contribution pratique 112

4.3 Limites de la recherche 113

4.4 Avenues de recherche 114

CONCLUSION 116

BIBLIOGRAPHIE 117

ANNEXES 122

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1: Principales définitions de la notion de système 23

Tableau 1-2: Principales définitions de l'ingénierie des systèmes 24

Tableau 1-3: Principales causes d'échecs de projets 34

Tableau 1-4: Principaux facteurs de succès de projets 35

Tableau 1-5: Liste des principaux outils utilisés pour la gestion des exigences 38

Tableau 2-1: Répartition des répondants selon la catégorie de leur poste 46

Tableau 3-1: Synthèse des principales informations issues des différents cas d'entreprises 96

Tableau 3-2: Outils de gestion des exigences et de planification utilisés dans les projets étudiés 101

Tableau 3-3: Facteurs influençant le choix de la méthode de gestion de projet 106

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1: Représentation du lien entre les différents niveaux d'exigences 8

Figure 1-2: Exemple illustrant les différents niveaux d'exigences 9

Figure 1-3: Représentation de l'analyse d'impact et de dérivation (analyses de traçabilité) dans un contexte de développement de produit. 11

Figure 1-4: Représentation graphique du lien entre ingénierie, gestion et développement des exigences 13

Figure 1-5: Cycle de développement standard en 4 phases 18

Figure 1-6: Cycle de développement en V 24

Figure 1-7: Processus d'ingénierie des exigences selon l'ingénierie des systèmes 25

Figure 1-8: Cycle de développement itératif propre aux méthodes agiles 28

Figure 1-9: Processus de gestion des exigences dans une approche de gestion de projets agile ... 31

Figure 2-1: Échéancier sommaire du volet empirique de la recherche 48

Figure 3-1: Organigramme hiérarchique de l'équipe de développement du projet A 52

Figure 3-2: Représentation graphique du processus de définition des exigences pour le projet A 53

Figure 3-3: Exemple de représentation d'exigences utilisateurs et tâches dans le logiciel Jira 58

Figure 3-4: Organigramme hiérarchique du projet B 63

Figure 3-5: Représentation en blocs du projet B 66

Figure 3-6: Représentation graphique du processus de développement des exigences pour le projet B 68

Figure 3-7: Représentation du processus de développement et de gestion des exigences proposé par l'entreprise C 75

Figure 3-8: Processus de développement des exigences du projet C 78

Figure 3-9: Organigramme de l'équipe d'amélioration de produits 88

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AFIS	*Association Française d'Ingénierie des Systèmes*
CDR	*Critical Design Review:* Revue de design détaillé
ERP	*Enterprise Resource Planning*
IEEE	*Institute of Electrical and Electronics Engineers*
INCOSE	*International Council Of Systems Engineering*
IPT	*Integrated Product Team*
PBI	*Product Backlog Item*
PCA	*Product Change Authorization*
PDR	*Preliminary Design review:* Revue de design préliminaire
PMBOK	*Project Management Body Of Knowledge*
PMC	*Project Management Centre*
PMI	*Project Management Institute*
PMO	*Project Management Office*
SBI	*Sprint Backlog Item*
SBS	*System Breakdown Structure :* Arbre fonctionnel du produit
SDP	Structure de découpage du projet
SOW	*Statement Of Work :* Cahier des charges
SRS	*System Requirements Specification:* Spécification des exigences du système
TFS	*Team Foundation Server*

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 – DOCUMENT DE PRÉSENTATION DU PROJET AUX ENTREPRISES 121

ANNEXE 2 – GUIDE D'ENTREVUE 124

ANNEXE 3 – FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT 127

INTRODUCTION

La conception de systèmes devient de nos jours un défi de taille pour les entreprises, qui doivent faire face à une compétition plus intense et une technologie en constante évolution. Tant sur le plan technique que de la gestion, les projets deviennent de plus en plus complexes, malgré un cycle de développement qui doit être réduit pour remporter le plus de parts de marché possible. Pour parer ces défis, les entreprises mettent en place des processus d'organisation du travail pour parvenir à l'atteinte des objectifs en termes d'échéanciers, de coûts et de qualité du produit. Plus la complexité du produit à développer va en grandissant, plus les processus à mettre en place sont complexes. Les exigences guident toutes les étapes du processus de développement d'un produit, jusqu'à l'acceptation de celui-ci par le client. L'ingénierie des exigences constitue donc un processus à essentiel pour que le projet puisse démarrer sur des bases solides. En fait, les exigences constituent la seule source d'information permettant d'effectuer la planification de projet puisqu'elles représentent le système qui doit être développé. Les processus d'ingénierie des exigences vont donc fortement influencer la mise en place et le déroulement des processus de planification.

Cette recherche traite principalement de la relation entre les processus d'ingénierie des exigences et de planification de projets. En effet, même si ce lien semble essentiel dans la réussite de projets, très peu de recherches ont été menées jusqu'à maintenant sur ce sujet.

Dans le cadre de cette recherche, une étude de terrain fut réalisée auprès de quatre entreprises montréalaises, menant à la rédaction de quatre études de cas. Les objectifs de cette étude étaient d'en apprendre d'avantage sur le lien entre les processus d'ingénierie des exigences et de planification de projets, ainsi que d'identifier les principaux facteurs influençant l'implantation de ces processus au sein des entreprises.

Le présent document comporte quatre chapitres. Le premier est consacré à la mise en contexte de la recherche par le biais de la définition des principaux concepts et présente les principaux travaux qui traitent des aspects associés à la relation entre les processus d'ingénierie des exigences et de planification. Par la suite, la problématique spécifique et les objectifs de recherche sont présentés.

Le deuxième chapitre présente l'ensemble des considérations d'ordre méthodologique qui ont permis de réaliser cette recherche. Le troisième chapitre présente de façon descriptive les données à partir des informations récoltées sur le terrain, sous forme de quatre études de cas. Une étude comparative est par la suite effectuée dans le but de faire ressortir les principales informations. Enfin, le quatrième chapitre discute des contributions théoriques et pratiques de cette recherche, ainsi que des limites, et termine en proposant des avenues de recherche.

CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE

Ce chapitre constitue une introduction au domaine de l'ingénierie des exigences. Il décrit en premier lieu ce que sont les exigences, leurs propriétés, les différents types que l'on peut retrouver et comment gérer celles-ci tout au long d'un projet. Plus spécifiquement, ce chapitre présente la terminologie associée au domaine et présente le lien entre la gestion des exigences et la gestion de projet. Il décrit les principales activités qui constituent le processus de l'ingénierie des exigences selon les diverses méthodes de gestion de projets utilisées. Cette description est basée sur la littérature la plus récente sur le sujet.

1.1 Définition des exigences

Les exigences constituent le fondement de chaque projet d'ingénierie. Elles sont l'expression des besoins et attentes des parties prenantes (utilisateurs, clients, fournisseurs, développeurs…) et représentent les attributs et fonctions du système à développer.

Dans la littérature spécialisée, on peut retrouver plusieurs définitions du concept d'exigences, soit par exemple :

- L' *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE)[1] définit une exigence comme une spécification identifiant les caractéristiques ou contraintes techniques ou de design du produit ou du processus. Ces exigences doivent être claires, testables ou mesurables, et nécessaires pour l'acceptabilité du produit ou du processus par les clients ou les directives de qualité internes.

- L' *Association Française d'Ingénierie des Systèmes* (AFIS) [2] définit une exigence comme « un énoncé qui prescrit une fonction, une aptitude, une caractéristique ou une limitation à laquelle doit satisfaire un produit ou un processus dans des conditions d'environnement donné ».

- *L'International Council Of Systems Engineering* (INCOSE) prend comme référence la définition des exigences contenue dans le lexique IEEE 610.12-1990[3] et définit une exigence de deux façons différentes, soit comme:
    - une condition ou une aptitude que doit rencontrer ou posséder un système ou un composant du système dans le but de satisfaire un contrat, un standard, une spécification, ou d'autres documents formellement imposés.
    - Une condition ou une aptitude nécessaire par un utilisateur pour résoudre un problème ou atteindre un objectif.

Dans une approche classique de l'ingénierie, les exigences sont utilisées comme pré-requis pour les étapes de conception lors du développement de produit. Les exigences déterminent quels éléments ou fonctions sont nécessaires pour le projet particulier. De façon générale, les différentes instances reconnues s'entendent sur le modèle à utiliser en ce qui a trait à la formulation des exigences.

1.2 Propriétés des exigences

Les exigences doivent respecter plusieurs critères afin d'être formulées correctement. De nombreux auteurs ont dressé une liste de caractéristiques permettant de s'assurer que la formulation des exigences soit convenable, laissant ainsi aux développeurs de la solution et aux experts le soin d'envisager toutes les options possibles qui répondront adéquatement à la demande du client.

Ainsi, la norme IEEE Std. 1233-1998[4] propose une liste de critères que devraient posséder les exigences dans un projet d'ingénierie. Elles doivent être :

- **Uniques** : les exigences ne doivent être spécifiées qu'une seule fois.
- **Normalisées** : les exigences ne doivent pas se contredire.
- **Liées entre elles:** des relations explicites entre les exigences doivent être établies afin de montrer comment celles-ci sont reliées pour former un système complet.

Davis[5] quant à lui, considère que les exigences d'un projet d'ingénierie devraient posséder également les propriétés suivantes :

- **Complètes** : une exigence est exprimée entièrement, avec toutes les informations nécessaires.
- **Consistante**s: une exigence ne doit pas en contredire une autre.
- **A jour** : une exigence ne doit pas être désuète.
- **Faisables** : une exigence peut être implantée dans la solution sans nuire au bon déroulement du projet.
- **Non-ambiguës** : une exigence doit représenter des faits objectifs, et non des opinions subjectives. Elle doit être sujette à une seule et même interprétation.
- **Testables** : l'implantation d'une exigence peut être vérifiée.
- **Obligatoires** : l'absence d'une exigence représenterait une déficience du système.

Les auteurs offrent donc diverses représentations des caractéristiques de bonnes exigences, dépendamment du caractère général de leur discussion, ou encore du domaine spécifique traité. Cependant, il est généralement reconnu que les exigences doivent être uniques, non-ambiguës, complètes, liées entre elles et vérifiables. Une fois ces propriétés établies, il est important de souligner qu'il existe différents types d'exigences, classées en plusieurs niveaux, qu'il sera par la suite possible de lier entre elles. La section suivante présente donc ces différents types d'exigences.

1.3 Niveaux d'exigences

Les exigences sont de nature très variées (technique, qualité, sécurité…), et présentent un degré de précision différent, selon l'étape du projet dans laquelle on se trouve. En effet, une exigence développée très tôt dans le projet aura tendance à être très générale, celle-ci pouvant engendrer d'autres exigences plus spécialisées. Il va donc de soi de les classer de manière à établir une certaine structure au projet. Dépendamment de la complexité du projet, de sa nature ou du nombre de parties prenantes impliquées lors de l'analyse des exigences, le nombre de niveaux variera.

La classification en trois niveaux est une des plus utilisée dans des projets de développement de produits et porte sur différents aspects du produit à l'étude. Ces exigences doivent être développées en séquence, du plus haut niveau de l'organisation (la haute direction ou le client) jusqu'au plus bas niveau (les développeurs).

Voici donc les différents niveaux d'exigences que l'on pourrait retrouver au sein d'un projet selon Jonasson [6]:

- **Exigences d'affaires:** ce sont les exigences de plus haut niveau et représentent les besoins d'affaires d'une organisation. Elles identifient ce que la haute direction ou le client attend du projet ou du produit. Elles ne disent rien directement au sujet du système.
- **Exigences utilisateurs :** elles décrivent ce que l'utilisateur attend du produit qui doit être développé, dans le but de satisfaire les besoins d'affaires. Ce niveau d'exigence représente principalement ce que l'utilisateur sera en mesure de réaliser. Elles représentent également le problème qui doit être résolu, mais à un niveau plus détaillé.

Le mot « utilisateurs » représente toutes les personnes qui utiliseront potentiellement le système, comme les usagers directs, ou encore le personnel de maintenance.

- **Exigences systèmes :** elles décrivent dans l'ensemble le système ou le produit à développer. Elles représentent ce que le système doit faire dans le but de satisfaire les exigences utilisateurs. Il est possible de classer ce type d'exigences en deux grandes familles, soit :
    - Exigences fonctionnelles : ces exigences identifient ce que le système doit faire afin de satisfaire les exigences utilisateurs.
    - Exigences non-fonctionnelles : ces exigences identifient les propriétés du système, autres que ses fonctions. Ce type d'exigences réfère aux exigences qui définissent les conditions environnementales, la performance, la sécurité, la maintenabilité que le système doit respecter.
- **Exigences de projet :** elles décrivent les livrables ainsi que les documents à produire (manuels de formation, de maintenance…), mais aussi donnent une vue d'ensemble sur les contraintes du projet telles le budget, la planification, la méthodologie à suivre…

La norme IEEE Std. 1233-1998[4] indique qu'une exigence système bien formulée est « l'expression d'une fonctionnalité du système (ou d'une capacité) qui peut être validée, que doit posséder un système pour résoudre un problème du client ou pour atteindre un objectif du client, et qui est qualifié par des conditions mesurables et limitée par des contraintes.[1] »

Ainsi, une exigence système représente trois aspects distincts, soit :

- **Une capacité** : décrit une fonction, ou ce que le système doit être capable de faire.
- **Une condition** : constitue un attribut qualitatif ou quantitatif mesurable, permettant de vérifier et valider l'exigence.
- **Une contrainte** : limite les options de solutions.

Comme exemple représentant une bonne exigence système, la norme IEEE 1233-1998 propose le suivant :

« Le système doit être capable de déplacer 300 personnes entre New-York et San Francisco à une vitesse de croisière de 200 km/h, et à une vitesse maximale de 300 km/h ».

Ainsi on a :

- Une capacité : déplacer 300 personnes entre New-York et San Francisco.
- Une condition : à une vitesse de croisière de 200 km/h.
- Une contrainte : à une vitesse maximale de 300 km/h.

Ainsi, pour être formulées adéquatement, les exigences doivent contenir les trois aspects présentés précédemment, mais doivent également répondre à plusieurs caractéristiques. La section suivante vise donc à présenter les propriétés que doivent posséder les exigences afin que celles-ci soient énoncées convenablement.

Le *Business Analyst Body Of Knowledge* (BABOK) [7], une référence récente en matière d'ingénierie des exigences, définit sensiblement de la même manière les différents niveaux d'exigences identifiés par Jonasson[6].

---

[1] Traduction libre

Finalement, les exigences d'affaires qui sont déterminées par la haute direction et le client peuvent être considérées comme les objectifs ou les buts du projet. Les développeurs, quant à eux, voient plus les exigences systèmes en termes de réalisation technique, tandis que les exigences utilisateurs pourraient être perçues comme ce que les utilisateurs attendent du produit final. Les exigences de projet, quant à elles, ne concernent pas le produit final, mais le projet dans son ensemble.

On peut donc constater que toutes ces exigences de différents niveaux sont inter-reliées entre elles, et il est indispensable d'identifier ces liens. La figure 1.1 représente le lien entre les différents niveaux d'exigences :

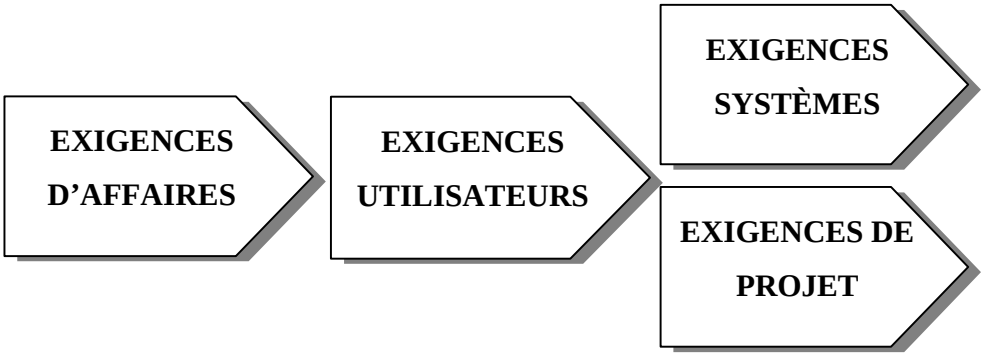

Figure 1-1: Représentation du lien entre les différents niveaux d'exigences

Afin d'illustrer la notion de niveaux d'exigences, on peut reprendre l'exemple donné dans la section précédente et représenter les liens entre les différents niveaux, soit:

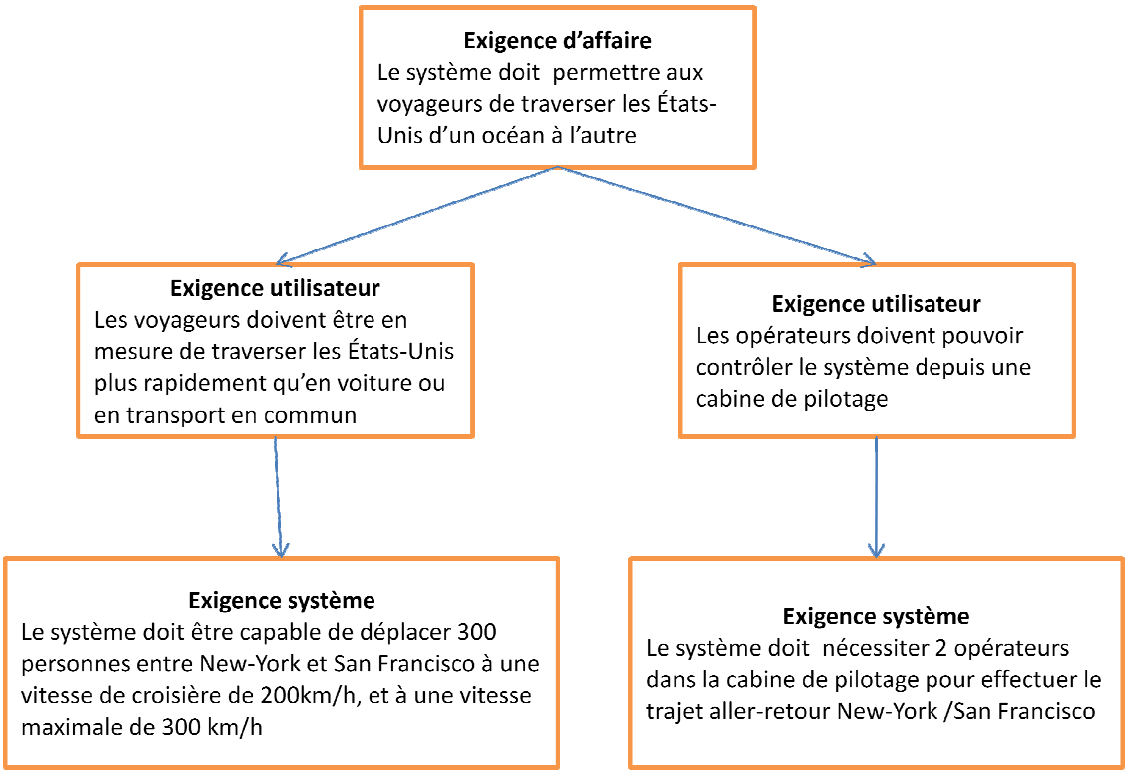

Figure 1-2: Exemple illustrant les différents niveaux d'exigences

Le lien entre les exigences de différents niveaux est appelé « traçabilité ». Ce concept de traçabilité est un concept clé en ce qui a trait aux exigences dans un contexte de développement de produit. La section suivante a donc pour but de présenter ce concept de traçabilité des exigences.

1.4 Traçabilité des exigences

La traçabilité permet de comprendre comment les haut-niveaux d'exigences sont transformés en des exigences de plus bas niveau, soit de connaître les interrelations entre les exigences de différents niveaux.

Ces liens de traçabilité s'effectuent à différents niveaux. En effet, dans un contexte d'affaires, on cherche à savoir comment la vision d'affaires a été transformée en objectifs, et comment ces derniers ont été implantés en tant que processus dans l'organisation. Dans un contexte

d'ingénierie, on s'intéresse à savoir comment les exigences des parties prenantes sont rencontrées par les exigences systèmes, et comment celles-ci sont implantées dans le produit. Ainsi, on parle de traçabilité bidirectionnelle, car on doit pouvoir tracer une exigence depuis son plus haut niveau jusqu'à son plus bas niveau.

Hull [8] exprime que les liens entre ces différents niveaux d'exigences doivent être repérés afin de minimiser les risques d'échecs du projet car ils permettent de vérifier, valider, maintenir ou modifier le système. La traçabilité des exigences présente donc de nombreux avantages, dont les principaux seront passés en revue dans la section suivante.

1.4.1 Bénéfices de la traçabilité

La traçabilité procure de nombreux avantages, tel que le décrit Hull[8]. La traçabilité permet de :

- Amener un meilleur niveau de confiance dans l'atteinte des objectifs.
- Fournir une meilleure estimation de l'impact de changements au niveau des exigences.
- Effectuer un meilleur suivi de la progression du projet.
- Déterminer la nécessité d'une exigence si elle n'est reliée à aucune autre.
- Vérifier si aucune exigence n'a été oubliée.

Pour Wiegers [9], la traçabilité permet de:

- Analyser l'impact d'un changement d'une exigence sur une ou un ensemble d'autres exigences.
- De savoir si toutes les exigences sont nécessaires.
- De démontrer au client que le système développé est conforme aux attentes en reliant chaque exigence d'affaire à des éléments du design.

Afin d'être en mesure de bénéficier de tous ces avantages, il faut mettre en œuvre des analyses de traçabilité, après avoir en premier lieu établi les liens entre les exigences.

1.4.2 Analyses de traçabilité

Il existe plusieurs façons d'effectuer une analyse de traçabilité, dépendamment de l'objectif de cette analyse :

- Si on s'intéresse au changement, une **analyse d'impact** permet de déterminer quelles autres parties du projet seront affectées si une exigence change (des plus hauts niveaux vers les plus bas niveaux).
- Une **analyse de dérivation** permet de retracer les liens dans la direction inverse de l'analyse d'impact (vers les plus hauts niveaux) afin de connaître la nécessité de l'exigence.
- Enfin, **l'analyse de couverture** est utilisée lorsque l'on désire savoir si toutes les exigences sont couvertes par des tests et si elles sont couvertes par le niveau inférieur.

La figure 1.3 représente l'utilisation de la traçabilité dans un contexte de développement de produit :

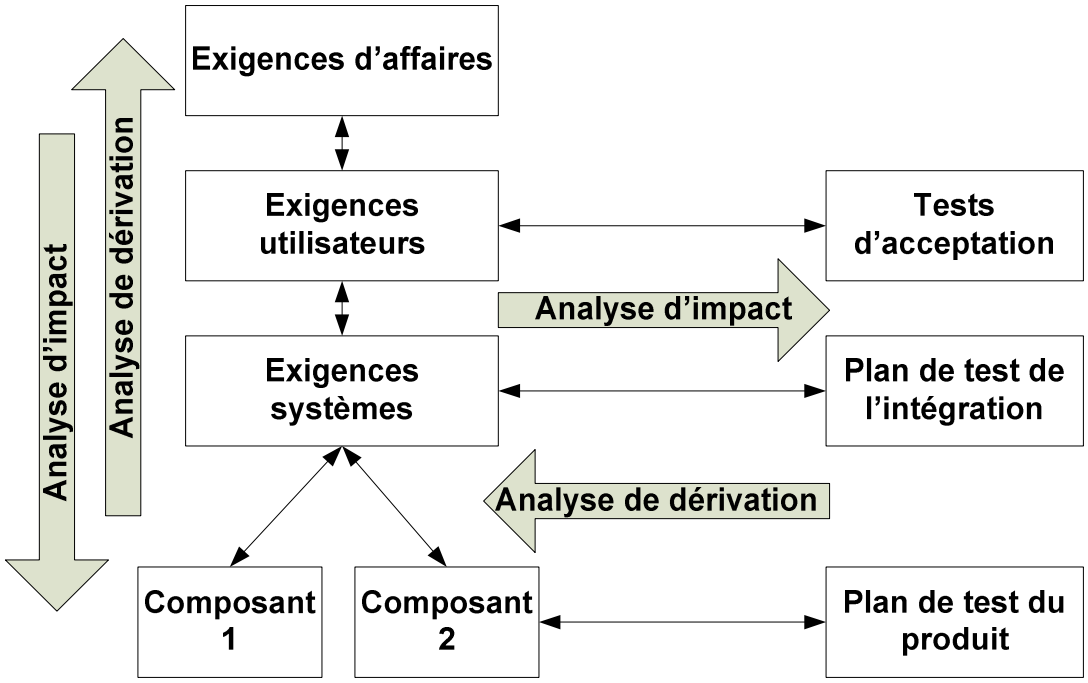

Figure 1-3: Représentation de l'analyse d'impact et de dérivation (analyses de traçabilité) dans un contexte de développement de produit.

Ainsi, les analyses de traçabilité peuvent être effectuées grâce à l'existence et la connaissance des liens entre les exigences. La traçabilité permet de ce fait d'obtenir des informations cruciales pour le bon déroulement du projet, notamment lorsqu'il s'agit de changements à porter aux exigences.

En effet, au cours d'un projet, les exigences sont sujettes à de multiples changements, pour diverses raisons. Il est par conséquent important de gérer adéquatement ces changements afin de maîtriser les impacts sur le projet. L'insatisfaction des clients, le dépassement des délais et du budget alloués pour le projet sont généralement des conséquences issues d'exigences non maîtrisées.

Les précédentes sections ont fourni une vue d'ensemble du concept d'exigences, notamment en présentant les caractéristiques et les différents types existants, ainsi qu'en introduisant le concept de traçabilité. Dans la réalité, il existe des processus à mettre en place permettant de maitriser et contrôler ces exigences tout au long du projet. La section suivante présente donc ces processus qui sont l'ingénierie, la gestion et le développement des exigences.

1.5 Développement des exigences, ingénierie des exigences ou gestion des exigences?

Dans les projets de développement de produit, les exigences doivent être recueillies par les parties prenantes, pour ensuite être validées afin de constituer un commun accord sur le produit qui doit être développé. Cet accord devant être maintenu jusqu'à la livraison du produit, il s'avère donc nécessaire de contrôler et maîtriser les changements aux exigences tout au long du projet. La littérature spécialisée qui traite les exigences emploie différents termes à l'égard du traitement des exigences selon les étapes du projet, soit « l'ingénierie des exigences », « la gestion des exigences » et « le développement des exigences ».

Visiblement, il n'existe pas de consensus clair dans la littérature en ce qui a trait à ces définitions. Cependant, dans le cadre de cette étude, ces termes seront définis comme suit.

Wiegers[9] fait la distinction entre ces termes, en expliquant que le développement et la gestion des exigences font partie intégrante du processus d'ingénierie des exigences. La figure 1.4 permet de mieux se représenter les liens entre ces différents termes :

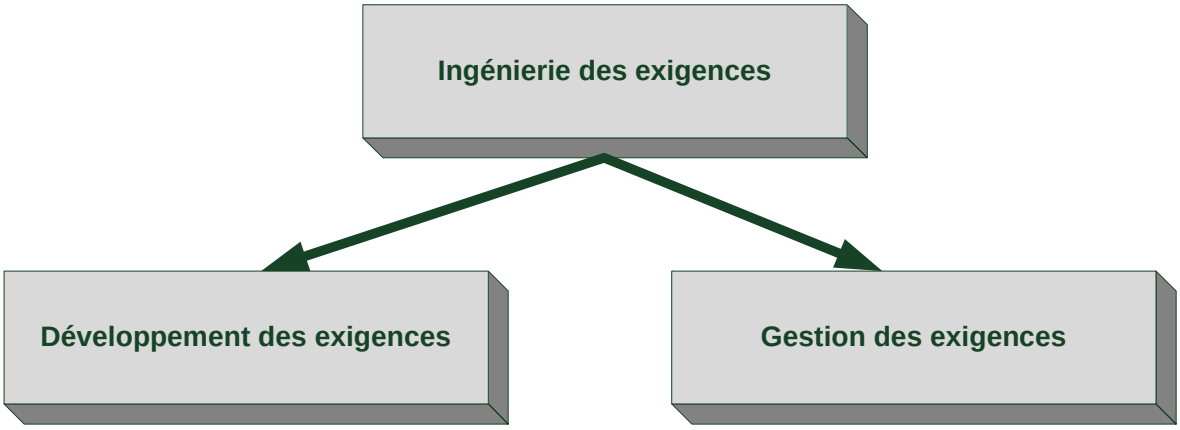

Figure 1-4: Représentation graphique du lien entre ingénierie, gestion et développement des exigences

Les sous-sections suivantes introduisent ces expressions et expliquent quelles en sont leurs particularités.

1.5.1 Le développement des exigences

Le développement des exigences s'intéresse plus spécifiquement au contenu et à la signification des exigences. Son but est de décomposer les exigences brutes du client qui sont de très haut niveau (exigences d'affaires), en exigences de plus bas niveau (exigences utilisateurs et systèmes). Selon Weigers[9], le développement des exigences peut se diviser en 4 phases, soit l'acquisition, l'analyse, la spécification et la validation.

L'acquisition consiste à recueillir les besoins de chaque utilisateur potentiel du système qui doit être développé. L'étape d'analyse consiste à analyser l'information recueillie des utilisateurs afin d'en ressortir les exigences fonctionnelles, non-fonctionnelles, et de retracer les liens de traçabilité entre les différents niveaux d'exigences. Elle nécessite une bonne compréhension tes tâches et des objectifs des utilisateurs, en s'assurant de respecter les objectifs d'affaires.

L'étape suivante consiste à retranscrire par écrit les besoins des utilisateurs récoltés. Par exemple, les exigences du système peuvent être rassemblées dans un document appelé « Spécification des

exigences du système » (*System Requirements Specification, SRS)*. Il décrit toutes les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles relatives au système, ainsi que leur méthode de vérification. Les exigences de projet, quant à elles, sont regroupées généralement dans le cahier des charges (*Statement Of Work, SOW)*. Ce document décrit notamment les livrables, les enjeux, les objectifs généraux du projet, les critères d'évaluation et les contraintes du projet.

Enfin, l'étape de validation permet de vérifier le document contenant les exigences écrites pour s'assurer d'une compréhension commune des exigences utilisateurs entre les parties prenantes et de corriger la situation avant de débuter le développement de la solution.

1.5.2 La gestion des exigences

La gestion des exigences consiste à établir et maintenir un accord sur les exigences utilisateurs avec le client, cet accord étant incarné dans la spécification écrite des exigences. Ce sont non seulement les clients qui doivent approuver les exigences, mais également les développeurs qui doivent accepter la spécification avant de s'engager à produire le système demandé. Il s'agit donc de s'assurer de bien comprendre les exigences du client et de s'assurer que celui-ci est d'accord avec l'interprétation que l'équipe de développement a faite des exigences.

Selon Hood[10], la gestion des exigences est l'ensemble de procédures qui supporte la gestion des exigences, incluant le planning, la traçabilité, la gestion du changement, etc… Le rôle de la gestion des exigences consiste donc à gérer les exigences du produit ainsi que les divergences avec les plans de projet.

La gestion des exigences intervient en cours de projet pour de multiples raisons, les principales étant les suivantes :

- Une exigence est manquante : une des parties prenantes s'est rendue compte qu'il manquait une exigence.
- Le besoin du client a été mal traduit: une mauvaise compréhension du besoin entraîne une modification dans les exigences.
- Changements dans la législation : une nouvelle législation peut entraîner de nouvelles exigences, ou la modification d'exigences existantes.

De plus, la gestion des exigences permet de s'assurer que la solution développée correspond à la spécification des exigences et reste à l'intérieur de la portée du projet. L'analyse des changements proposés par les parties prenantes (utilisateurs, développeurs, clients…) et l'évaluation de leurs impacts sur le projet fait partie intégrante de la gestion des exigences. Par la suite, il faut s'assurer que ces changements soient approuvés et incorporés dans le projet de manière à ce que tout le monde en soit au courant.

Grâce aux liens de traçabilité établis entre les exigences de différents niveaux et les méthodes de vérification, il devient alors possible de relier une exigence à un élément du système correspondant (code source…), ainsi que sa méthode de vérification. La gestion des exigences permet donc de s'assurer que tous ces liens ont été préalablement établis et que ceux-ci ont été mis à jour tout au long du projet.

De plus, même dans les phases préliminaires du projet, des activités de gestion des exigences se déroulent. En effet, la gestion des exigences doit s'assurer que toutes les exigences soient identifiées et numérotées. Cependant, peu importe le niveau d'implication de l'équipe, il est impossible de définir toutes les exigences au début du projet. Des exigences seront ajoutées, supprimées ou modifiées en cours de projet.

En bref, la gestion des exigences consiste à supporter le processus de développement des exigences, et à s'assurer que toute l'information relative aux exigences soit à jour, validée, et communiquée à toutes les parties prenantes tout au long du projet.

Ainsi, les exigences sont prises en charge dès le début du projet jusqu'à la livraison du produit par des processus bien établis. En effet, l'ingénierie des exigences est impliquée dans tout le cycle de vie du projet, en débutant par le processus de développement des exigences dès les premières phases du projet. Par la suite, la gestion des exigences va permettre de maîtriser et contrôler les exigences.

Dans la réalité cependant, ce processus d'ingénierie des exigences ne se déroule pas d'une seule et même façon. De nombreux facteurs vont en influencer la mise en place, notamment la méthode de gestion utilisée pour le projet. La section suivante s'intéresse donc au déroulement de l'ingénierie des exigences selon la méthode de gestion de projets employée.

1.6 L'ingénierie des exigences et la gestion de projets

Même de nos jours, les projets qui ne rencontrent pas les délais fixés ou le budget alloué sont très courants malgré toute l'information disponible pour aider au succès. Il est donc d'un intérêt commun pour l'industrie de pouvoir améliorer la qualité et les estimations des projets. Les exigences se trouvant être les principales informations d'entrée permettant de faire des estimations (coûts, délais, ressources), la gestion de projet et l'ingénierie des exigences sont donc deux disciplines fortement liées. En effet, ce sont les exigences qui constituent le contenu du projet (*scope)*, permettant ainsi aux gestionnaires de projet d'effectuer leurs estimations.

Une bonne gestion des exigences supporte donc la gestion de projets en fournissant des données précieuses, aidant ainsi à contrôler l'état du projet en tout temps. Grâce à l'existence des liens entre les exigences elles-mêmes, ou encore entre les exigences et d'autres activités, la gestion des exigences permet de créer des données pertinentes pour faciliter la gestion de projet. Selon Hood[10] les activités principales qui sont reconnues pour appartenir à la gestion de projet, et qui peuvent être supportées par la gestion des exigences sont les suivantes :

- Écriture des propositions (appels d'offres)
- Définition de la portée du projet
- Estimation des ressources et des coûts
- Planification de projets
- Suivi de projet
- Gestion de la qualité
- Gestion du personnel
- Écriture de rapports

De plus, Kannenberg [11] indique que la traçabilité facilite la gestion de projets en simplifiant de nombreuses tâches, notamment les estimations, mais également le suivi de projet. Par exemple, dans le développement de logiciels, en suivant les liens de traçabilité, un gestionnaire de projet peut voir rapidement et facilement combien d'objets seront affectés par un changement envisagé

et pourra par la suite prendre une décision éclairée concernant les coûts et les risques associés à ce changement. Les gestionnaires de projet peuvent également utiliser la traçabilité pour mesurer l'avancement du projet. Comme les exigences sont généralement reliées à des tâches, les gestionnaires peuvent estimer l'avancement du projet en se basant sur le nombre d'exigences qui ont été reliées à des objets créés plus tard dans le cycle de développement. Cette information peut être utilisée pour estimer la planification d'un projet durant le développement et peut être utilisée pour en évaluer les risques.

Même s'il est indéniable que cette relation entre les exigences et la gestion de projet est bel et bien présente, très peu d'intérêt lui a été consacré jusqu'à maintenant dans la littérature. La plupart de la littérature sur l'ingénierie des exigences porte sur des développements logiciel et ou l'ingénierie des systèmes. Cependant, certains articles décrivent comment on peut étendre les principes de l'ingénierie des exigences pour les appliquer à n'importe quel type de système en général. Par exemple, Daneva[12] et Rolland[13] illustrent l'utilisation de l'ingénierie des exigences pour l'implantation d'un ERP, et Alte Gulla[14] explique comment l'ingénierie des exigences peut être utilisée pour la réingénierie des processus.

Aussi, la littérature sur la gestion de projet fait ressortir deux grandes classes de méthodes, soit :

- Les méthodes s'intéressant plus au projet lui-même et qui ont été développées pour s'adapter à l'ensemble des projets, s'appuyant sur des modèles de développement tel le cycle de développement en cascades.
- Les méthodes orientées sur le produit, qui visent plus particulièrement certains types de projet, comme les méthodes agiles qui furent développées pour faciliter les projets de développement logiciels, ou encore l'ingénierie des systèmes pour le développement de systèmes complexes. Ces méthodes s'appuient sur un cycle de développement itératif.

Selon la méthode employée pour un projet, le processus d'ingénierie des exigences se déroule théoriquement de façon distincte.

Les sections suivantes vont donc présenter les particularités du processus d'ingénierie des exigences en fonction des méthodes les plus utilisées, soit l'ingénierie des systèmes, les méthodes agiles et le développement en cascades.

1.6.1 Les méthodes de gestion de projet orientées « projet » et l'ingénierie des exigences

Le *Project Management Institute* (PMI) est le principal organisme qui établit les standards en gestion de projet. Il définit la gestion de projet comme « l'application de connaissances, de compétences, d'outils et de techniques aux activités du projet afin d'en respecter les exigences »[15]. La gestion de projets traditionnelle, ou plus communément appelée en cascade se base sur un ensemble d'activités séquentielles, qui peuvent se chevaucher dans certains cas. Le nombre de phases dépend de la taille, de la complexité et de l'impact potentiel du projet. Il n'existe pas une solution unique, ni de moyen simple de définir la structure idéale d'un projet. Cependant, un projet type pourrait se dérouler selon les phases présentées par la figure 1.5 :

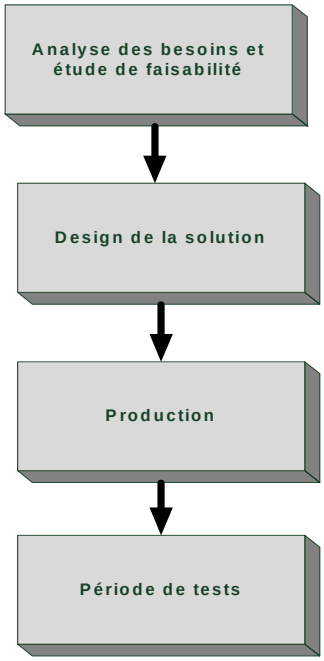

Figure 1-5: Cycle de développement standard en 4 phases

Le Corpus des connaissances en management de projet[15] (PMBOK) ne traitait pas directement de l'ingénierie des exigences jusqu'à tout récemment, même si l'ingénierie des exigences a un lien très fort avec la gestion de projets. En effet, c'est seulement dans la quatrième édition de ce guide qu'il introduit la notion d'exigences dans son chapitre consacré au management du contenu

du projet, dont l'ingénierie des exigences est l'activité principale. Le processus du management du contenu est défini comme suit [15] :

- Recueillir les exigences
- Définir le contenu
- Créer la structure de découpage du projet
- Vérifier le contenu
- Maîtriser le contenu

Le terme contenu se rapporte au contenu du produit et se définit comme les caractéristiques ou les fonctions qui caractérisent un produit, un service ou un résultat, soit les exigences. Les sous-sections suivantes vont montrer le rôle et le déroulement du processus d'ingénierie des exigences dans le management du contenu présenté par le PMBOK.

1.6.1.1 Recueillir les exigences

Ce que le client veut n'est pas toujours ce dont le client a besoin, et c'est au gestionnaire de projet qu'il revient le plus souvent de vérifier ce dont il a réellement besoin. Selon Wisocky[16], les clients auront plus souvent tendance à proposer une solution plutôt que d'exprimer leurs besoins. Dans certains cas, le client sait parfaitement ce dont il a besoin, dans d'autres cas, ils en font des suppositions. Ce qu'ils désirent doit être une représentation correcte de leurs besoins, mais il est difficile de le savoir dès le début du projet. Il va donc être primordial d'établir un état clair et complet du problème qui doit être résolu et de fournir une explication claire sur ce qui va être fait afin de différencier le « pourquoi » du « comment ».

Selon le PMI[15], ce processus consiste donc à définir et documenter les besoins des parties prenantes pour atteindre les objectifs du projet. Les exigences doivent être comprises par les parties prenantes, et doivent respecter les critères de qualité définis (voir section 1.2). La documentation peut commencer par regrouper les exigences de haut niveau, jusqu'aux exigences systèmes, dépendamment du niveau de connaissance du projet. Elles peuvent être répertoriées sous forme de liste, ou dans un format plus élaboré, avec des descriptions détaillées et toutes les informations utiles, dont les critères d'acceptation dans une spécification des exigences du système (*System Requirements Specification*, SRS).

Un plan de gestion des exigences doit également être établi. Celui-ci documente la façon dont les exigences seront analysées, documentées et gérées tout au long du projet. Parmi les informations contenues dans ce plan, on pourrait y retrouver les suivantes :

- Méthode de planification, de suivi et revue des activités relatives aux exigences
- Processus de hiérarchisation des exigences
- Structure de traçabilité

Une matrice de traçabilité doit également être créée lors du processus de recueil des exigences. Sous forme de tableau, il est possible d'associer les exigences à leurs origines, soit aux objectifs (exigences d'affaires). Cette matrice permet de s'assurer que les exigences approuvées dans la documentation sont satisfaites à la fin du projet. Elle doit permettre non seulement de retracer les origines d'une exigence, mais on doit également être capable de :

- Suivre les exigences tout au long du cycle de vie du projet
- Relier les exigences aux livrables

La réussite du projet est directement liée au soin qui est apporté à recueillir et à gérer les exigences. Les planifications de coûts, des délais et de la qualité sont toutes basées sur les exigences. La documentation est une étape critique de ce processus.

1.6.1.2 Définir le contenu

La documentation des exigences est une des données essentielle permettant de définir le contenu du projet. En effet, cette étape consiste à élaborer une description détaillée du projet, notamment les livrables et les critères d'acceptation du produit. Cela se base bien évidemment sur les exigences recueillies des parties prenantes, ainsi que les hypothèses et les contraintes.

Lors de cette phase, il se peut que certains documents du projet nécessitent des mises à jour, dont la documentation des exigences et la matrice de traçabilité. L'ingénierie des exigences y est donc omniprésente.

1.6.1.3 Créer la structure de découpage du projet

Les exigences forment la base de la structure de découpage du projet (SDP), contenant les principales activités du projet et les dates critiques. Lors de la définition du contenu, la documentation des exigences permet de découper le projet en livrables. Le processus de création de la SDP, quant à lui, consiste à décomposer ces livrables en de plus petits morceaux qui seront facilement maitrisables.

On devrait alors être en mesure d'identifier tous les éléments du travail faisant partie du projet. La SDP est très importante car elle sert de base à l'élaboration de l'échéancier du projet et du budget du projet.

1.6.1.4 Vérifier le contenu

Une fois les livrables du projet achevés, le processus de vérification du contenu consiste à les faire accepter au client. En effet, en commençant par une revue des livrables avec le client afin de s'assurer que ceux-ci ont été réalisés tels que validés préalablement dans le SRS, la vérification du contenu doit mener à l'acceptation formelle des livrables par le client.

Si des livrables n'ont pas été acceptés, alors les raisons de ce refus doivent être documentées, tout comme les démarches à entreprendre pour qu'ils soient acceptés par le client. Ce processus nécessitera alors la mise à jour de certains documents, particulièrement ceux qui touchent la description du contenu du produit et l'état d'avancement du projet.

1.6.1.5 Maitriser le contenu

Les modifications en cours de projet sont inévitables, un processus de maîtrise du contenu est donc indispensable afin que le projet ne déroute pas de ses objectifs. Le processus de maîtrise du contenu consiste à s'assurer que le projet soit toujours à jour, en s'assurant que toutes les modifications du contenu qui ont été validées par les parties prenantes ont été traitées de manière adéquate. Ce processus se déroule tout au long du projet, et consiste à gérer les changements sur les exigences et toutes les activités liées, en effectuant les modifications nécessaires aux documents impactés (documentation des exigences, matrice de traçabilité…).

Ainsi, l'ingénierie des exigences est présente tout au long du projet, et se trouve être indispensable pour le bon déroulement du projet, même si ce n'est que récemment que ce concept a été traité plus en profondeur par le *Project Management Institute*. L'application d'un tel processus peut être bénéfique dans certains cas, mais peut ne pas être adapté à d'autres types de projet. La section suivante présente ainsi les particularités de cette méthode.

1.6.1.6 Avantages et inconvénients des telles méthodes

Il y a clairement plusieurs avantages quant à l'utilisation des méthodes traditionnelles suivant un cycle de développement en cascades. Le plus important est notamment que c'est la manière la plus efficace de mener un projet à terme si toutes les exigences du projet sont connues dès le début du projet et sont définitives. Comme les changements sont de plus en plus coûteux, plus ils surviennent tard dans le projet, il est alors très important que le projet se déroule comme planifié, en n'ayant que peu ou pas de changement. Chaque changement ou nouvelle exigence pourrait impliquer une hausse significative des coûts du projet, voire même l'échec de celui-ci.

Si le modèle en cascades est exécuté convenablement, la documentation produite lors de la phase de définition des exigences sera de très bonne qualité et complète, avec notamment une liste détaillée des exigences et les spécifications détaillées du produit.

Cependant, il est presque impossible de mener à bien des projets d'innovations technologiques sans prendre en considérations les changements. Le cycle de développement en cascades n'est donc pas approprié pour ce type de projets et est principalement employé pour des projets dont les exigences sont claires en début de projet ou qui répètent quelque chose qui a déjà été fait par le passé.

Le processus de gestion des exigences proposé par le PMI représente donc une bonne pratique qui peut être mise en place afin de favoriser la réussite de projets. Cependant, n'est pas la seule façon proposée de gérer les exigences. En effet, il existe différents processus à mettre en place, dépendamment notamment du type de projet et de la complexité de celui-ci.

Les méthodes orientées « produit » ont été développées afin de répondre à des problématiques particulières. L'ingénierie des systèmes, méthode de gestion de projets développée pour les

projets complexes, impliquant un grand nombre de parties prenantes, est présentée dans la section suivante, ainsi que le principe des méthodes agiles.

1.6.2 L'ingénierie des systèmes et l'ingénierie des exigences

1.6.2.1 Définition de l'ingénierie des systèmes

Il existe de nombreuses façons de définir ce qu'est l'ingénierie des systèmes. Avant toute chose, il est primordial de définir la notion de système, pour ne pas porter à confusion.

Le tableau 1.1 représente les principales définitions proposées dans la littérature, soit :

Tableau 1-1: Principales définitions de la notion de système

Auteur / Norme / Organisation	**Définition de système**
norme ISO/IEC 15288 :2008	« Un système est un ensemble composé de personnels, de matériels et de logiciels organisés pour que leur interfonctionnement permette, dans un environnement donné, de remplir les missions pour lesquelles il a été conçu. »
Kosiakoff [17]	« Un ensemble de composants inter-reliés travaillant ensemble vers un objectif commun et l'ingénierie des systèmes sert à guider l'ingénierie de systèmes complexes ».
Blanchard[18] / INCOSE	« Un système est un ensemble de différents éléments qui produisent ensemble des résultats qui ne sont pas atteignables par les éléments seuls ».

Il existe également de nombreuses définitions de l'ingénierie des systèmes. Les principales sont regroupées dans le tableau 1.2 :

Tableau 1-2: Principales définitions de l'ingénierie des systèmes

Auteur / Norme / Organisation	**Définition de l'ingénierie des systèmes**
Blanchard [18]/ INCOSE	« C'est une discipline dont la responsabilité est de créer et d'exécuter un processus interdisciplinaire afin de s'assurer que les besoins des parties prenantes et du client sont satisfaits d'une manière fiable, efficace aussi bien du point de vue de l'échéancier que des coûts et qui garantit une haute qualité tout au long du cycle de vie du système. »
AFIS[2]	« L'ingénierie des systèmes est une démarche méthodologique pour maîtriser la conception de systèmes et produits complexes. »

Le cycle de développement de l'ingénierie des systèmes est représenté par un cycle de développement en V. Ce cycle de développement est devenu un standard dans l'industrie depuis l'apparition de l'ingénierie des systèmes alors qu'il était développé initialement pour des projets de développement logiciels. Blanchard[18] représente un cycle de développement en V de la manière suivante :

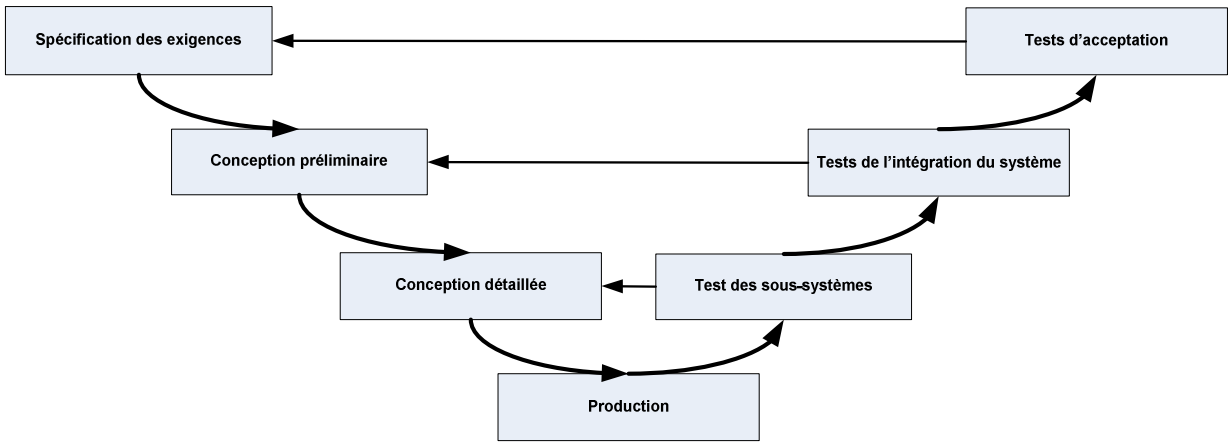

Figure 1-6: Cycle de développement en V[2]

[2] Traduction libre et adaptation de Blanchard

Les activités du processus d'ingénierie des exigences interviennent tout au long du cycle de développement. La section suivante présente donc ce processus et ses principales activités, tout au long du cycle de développement en V.

1.6.2.2 Le processus d'ingénierie des exigences selon l'ingénierie des systèmes

La norme IEEE STD.1220-2005[1] propose une description très détaillée des processus de l'ingénierie des exigences, faisant partie intégrante du processus d'ingénierie des systèmes. Cette section en présente une synthèse, adaptée aux besoins de la recherche.

La figure 1.7 fournit un aperçu de ce processus :

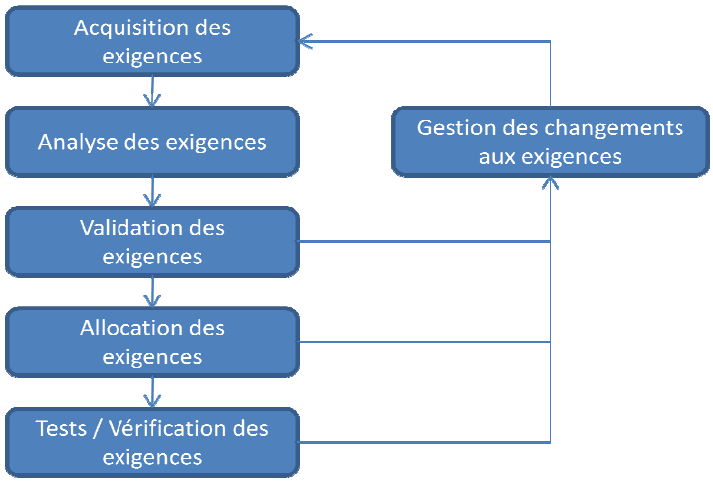

Figure 1-7: Processus d'ingénierie des exigences selon l'ingénierie des systèmes

1.6.2.2.1 Acquisition des exigences

Le processus d'ingénierie des exigences débute par l'étape d'acquisition des exigences. Pour récolter un maximum d'exigences, il existe plusieurs techniques que l'on peut utiliser. Lloyd[19] et Boehm[20] en ont identifié plusieurs, soit : les sondages, les entrevues avec le client, les remue-méninges, le développement de scénarios, le prototypage ou la diffusion de questionnaires. Le choix des techniques à utiliser est dépendant des parties prenantes et du projet, et reste à la discrétion de l'ingénieur des exigences.

1.6.2.2.2 Analyse des exigences

Les exigences recueillies directement des clients (exigences d'affaires) ne sont généralement pas exploitables comme telles. En effet, elles ne sont généralement pas formulées en respectant les critères définis à la section 1.2. L'analyse des exigences consiste donc à reformuler les exigences et les corriger afin qu'elles soient conformes à la norme IEEE Std. 1233-1998[4]. À cette étape, il est probable qu'une exigence d'affaire se traduise en plusieurs exigences systèmes ou utilisateurs. Le maintien de la traçabilité est donc indispensable à ce niveau du processus d'ingénierie des exigences. De plus, une matrice de traçabilité des exigences devra être établie à la fin de cette phase.

1.6.2.2.3 Validation des exigences

La reformulation des exigences et leur décomposition exige une validation de la part des parties prenantes du projet. Si les parties prenantes en viennent à s'entendre sur les exigences et leur signification, alors un document regroupant toutes les exigences relatives au système à développer sera créé et servira de référentiel tout au long du projet. Tout changement qui adviendra par la suite à ce document devra suivre un processus prédéfini, nécessitant l'acceptation de toutes les parties prenantes pour qu'il soit validé.

Cependant, si les parties prenantes ne sont pas satisfaites de certaines exigences, alors celles-ci repasseront de nouveau par l'étape d'analyse, jusqu'à l'acceptation par toutes les parties prenantes.

1.6.2.2.4 Allocation

Si l'architecture du système est déjà connue, un arbre fonctionnel du produit (*System Breackdown Structure*, SBS) sera alors créé. Il sera alors possible d'effectuer des groupements d'exigences systèmes, par sous-systèmes ou fonctionnalités, et de relier chaque exigence à un élément du SBS. De cette façon, il sera alors possible de vérifier que toutes les exigences sont bien assignées à un élément du système, et de connaître les liens de dépendance entre les éléments du système et les exigences.

1.6.2.2.5 Tests / Vérification

L'étape de tests ou de vérification des exigences prend place à la fin du cycle de développement, soit une fois que le produit est développé, lors des phases de tests et d'acceptation par le client. Durant cette étape, les exigences vont servir de critères d'acceptation pour les tests et l'acceptation finale. Chaque exigence devrait être liée à un test, afin qu'elle puisse être vérifiée. Si chaque exigence est vérifiée, cela signifie que le client peut accepter le produit final tel quel.

1.6.2.2.6 Gestion des changements aux exigences

La gestion des changements aux exigences prend place tout au long du cycle de vie du projet. Le but est de maintenir à jour le document officiel des exigences du projet, en y apportant les changements aux exigences validés, en tenant compte des liens de traçabilité entre les exigences. En effet, lorsqu'il y a un changement à apporter à une exigence, il est possible de savoir quelles autres exigences seront impactées par ce changement et les modifications nécessaires pourront alors être effectuées.

Ainsi, pour les projets d'une complexité certaine, impliquant de nombreuses parties prenantes et devant respecter une lourde règlementation, l'ingénierie des systèmes est préconisée. Cette méthode nécessite la mise en place d'un processus d'ingénierie des exigences formel, dont les activités se déroulent tout au long du projet. Cette méthode requiert également que les exigences soient connues dès le début du projet. Si tel ne peut pas être le cas alors, il existe d'autres marches à suivre qui sont mieux adaptées, notamment les méthodes agiles. La section suivante présente donc le principe de telles méthodes et le processus d'ingénierie des exigences préconisé.

1.6.3 L'ingénierie des exigences et la gestion de projets Agile

1.6.3.1 Définition de la gestion de projets Agile

Les méthodes agiles sont bâties sur le principe de base que les changements sont inévitables en cours de projet. Il est donc préférable d'accepter ces changements comme une réalité inévitable et de composer avec eux plutôt que de les éviter et d'en subir les conséquences.

Ces méthodes permettent d'être très flexible et interactives. Elles se basent sur un cycle de vie itératif, permettant des livraisons partielles du produit tout au long du projet[21]. La figure suivante représenterait adéquatement ce cycle de vie itératif :

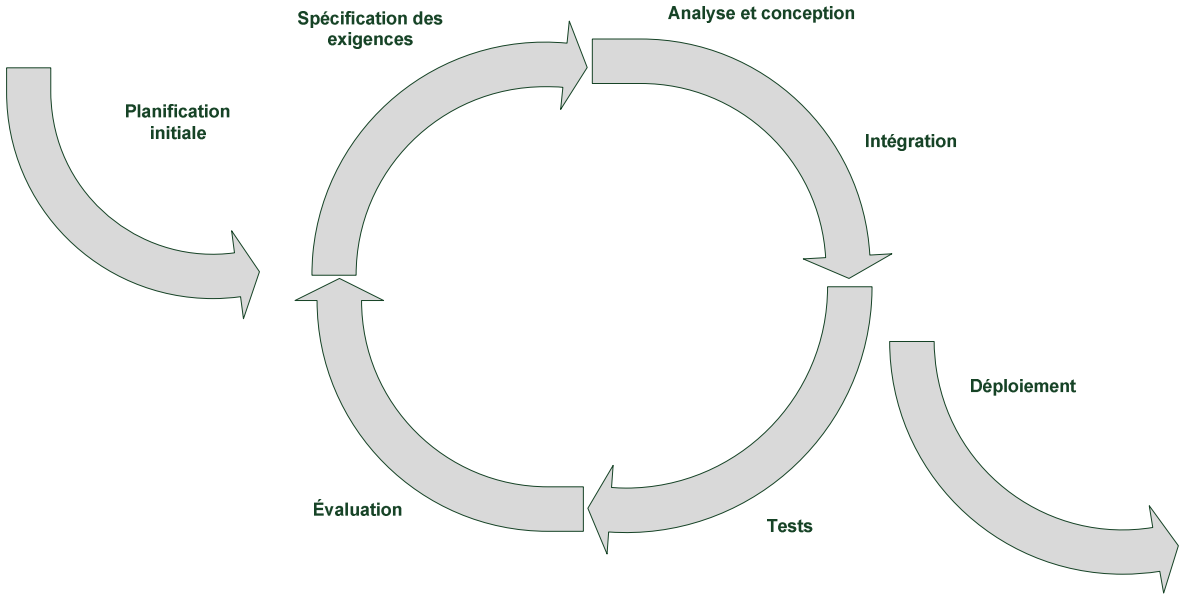

Figure 1-8: Cycle de développement itératif propre aux méthodes agiles[3]

L'équipe de développement et les clients s'entendent sur un ensemble de fonctionnalités à développer et un planning de projet en premier lieu. Par la suite, le développement est planifié en

[3] Traduction libre et adaptation de http://www.software-development-resource.com/software-process-types.html

une série de brèves itérations (généralement de 3 à 4 semaines) appelées *sprint*, permettant des livraisons progressives de composantes du produit.

Dans un sprint, chaque nouvelle composante du produit est planifiée, conçue, exécutée et testée. À la fin de chaque *sprint*, les nouvelles composantes sont livrées au client ou leur fonctionnement est démontré. Les activités pour le prochain sprint sont alors planifiées, et la prochaine itération peut alors se dérouler.

L'implication du client et les livraisons partielles et régulières de composantes du produit permettent d'augmenter grandement sa confiance vis-à-vis du projet en lui permettant de voir concrètement des signes visibles de l'avancement du projet. De plus, cela permet également de clarifier certaines exigences ou de réduire la possibilité d'erreurs ou d'incompréhensions dans les exigences le plus tôt possible dans le processus de développement.

Il existe plusieurs méthodes agiles dont les plus connues sont les méthodes *Scrum* et *Extreme Programming*. Bien que la philosophie agile soit commune à ces méthodes, chacune est bâtie selon des principes et une méthodologie qui varient quelque peu. Cependant, le processus de gestion des exigences reste quand même similaire d'une méthode à l'autre. La section suivante présente donc ce dernier selon la méthodologie agile.

1.6.3.2 Processus d'ingénierie des exigences selon la méthodologie agile

Les méthodes agiles n'utilisent pas d'exigences à proprement parler. En effet, l'emphase est mise sur les fonctionnalités à développer et le terme exigences n'est pas utilisé. Les parties prenantes s'entendent sur un ensemble de fonctionnalités à développer, et non une liste d'exigences. Cependant, pour les besoins de la recherche, les fonctionnalités vont être interprétées comme des exigences utilisateurs, et les tâches vont être considérées comme des exigences systèmes. Le processus d'ingénierie des exigences selon la méthodologie agile se déroule comme suit.

1.6.3.2.1 Acquisition des exigences

Les activités d'acquisition des exigences tendent à identifier et comprendre les besoins du client. Dans une approche de développement agile, les tâches ne sont pas centrées sur un ensemble d'exigences clairement définies au début du projet. Les besoins des utilisateurs sont énoncés progressivement. Les exigences utilisateurs sont recueillies tout au long du projet, nécessitant la participation du client. Une liste est créée et celle-ci évolue tout au long du projet.

1.6.3.2.2 Décomposition des exigences

Les exigences recueillies et développées avec la participation du client et de l'équipe de développement sont des exigences de haut niveau. Il faut donc les décomposer pour qu'elles soient utilisables par l'équipe de développement en vue de créer des tâches (ou exigences systèmes) permettant de remplir ces exigences. Ainsi, à partir des exigences utilisateurs, les exigences systèmes vont être développées, donnant une idée plus précise de ce qui doit être développé, et permettant de mener à la création de tâches.

1.6.3.2.3 Priorisation des exigences

Comme chaque itération ayant une durée limitée, il n'est possible que de traiter un nombre restreint d'exigences utilisateurs. Ainsi, les parties prenantes doivent s'entendre afin de prioriser les exigences utilisateurs et les ajouter à la liste d'exigences à remplir pour compléter le projet. Les exigences de plus haute priorité seront traitées les premières.

1.6.3.2.4 Estimation des exigences

Une fois les exigences utilisateurs priorisées, il faut déterminer le travail à effectuer afin de satisfaire ces exigences. Pour arriver à estimer les ressources nécessaires et le temps à allouer aux exigences utilisateurs, celles-ci sont découpées en tâches. L'équipe de développement est responsable de ces estimations. Plus les tâches sont précises et simples, plus il sera facile de les estimer.

1.6.3.2.5 Gestion des exigences

Compte-tenu du nombre de changements attendus, la structure de gestion des exigences doit être flexible et simplifiée. La structure doit permettre de gérer le changement, et non de le prévenir, en prenant en considération qu'il est inévitable[22]. La figure 1.9 représente graphiquement le processus de gestion des exigences pour une méthode de gestion agile :

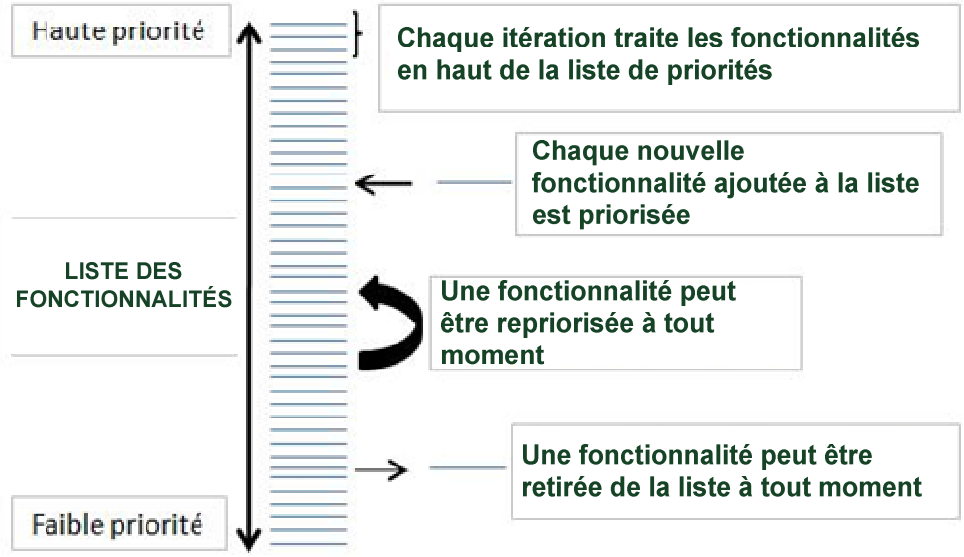

Figure 1-9: Processus de gestion des exigences utilisateurs (fonctionnalités) dans une approche de gestion de projets agile[4]

Dans une approche agile, l'activité de gestion des exigences se trouve être un point essentiel. En effet, de nouvelles fonctionnalités (exigences utilisateurs) viennent s'ajouter à la liste des fonctionnalités du projet tout au long du cycle de développement. De plus, les parties prenantes peuvent décider à tout moment d'effectuer une nouvelle priorisation ou d'apporter des modifications aux fonctionnalités, ce qui rend d'autant plus important le processus de gestion des exigences.

[4] Traduction libre et adaptation de Ambler

Ainsi, la particularité de méthodes agiles, soit que les fonctionnalités sont développées tout au long du projet, fait en sorte que le processus d'ingénierie des exigences répond très bien aux changements, que ceux-ci surviennent au début ou en cours de développement.

Sachant que ces méthodes ont été développées pour des projets de développement informatique, elles sont peu adaptées pour les autres types de projet. Cependant, pour des projets complexes, alliant à la fois développement informatique et physique, il peut être pertinent d'adapter et de combiner différents modèles de développement, afin d'obtenir une méthode hybride intégrant les particularités souhaitées de chacune, afin de favoriser le développement du produit. La section suivante va donc présenter le concept de méthodes de gestion de projets hybrides.

1.6.3 L'ingénierie des exigences et la gestion de projet hybride

L'ingénierie des systèmes ou les approches de gestion de projet traditionnelles semblent moins appropriées de nos jours et dans l'avenir pour le développement de systèmes, du fait de leur rigidité sous-jacente[23]. Les méthodes agiles, quant à elles, répondent aux problématiques actuelles, mais ont un champ d'action restreint et profitent surtout aux projets de développement logiciel d'envergure modérée. Comme les systèmes deviennent de plus en plus complexes et exigent de plus en plus de ressources, des façons de procéder avec l'incertitude, l'abstraction et la concurrence, de nouvelles approches pourraient être développées, en vue de répondre aux nouvelles problématiques actuelles. Une approche hybride de la gestion de projet, avec à la fois la une certaine rigidité, tout en étant flexible, pourrait répondre aux exigences des projets alliant à la fois complexité et grande envergure. Turner[23] stipule que l'ingénierie des systèmes n'a plus sa place dans le développement de systèmes de nos jours et dans le futur, du fait de sa trop grande rigidité et de son orientation en cascade. D'un autre côté, les méthodes agiles se trouvent être plus un état d'esprit ou une approche philosophique plutôt qu'un ensemble de règles à suivre et sont aussi relativement récentes. VanderLeest [24] examine une possible application des méthodes agile dans l'industrie aérospatiale. Il en résulte que malgré un grand nombre de difficultés inhérent, une transition entre un processus de développement traditionnel en cascade et une approche agile serait envisageable. Cette transition ne requière pas de changements soudains, mais peut être accomplie en incorporant les méthodes agiles dans un processus déjà existant. La littérature actuelle ne fait pas état d'études sur le terrain relatant l'usage de telles méthodes

hybrides, cependant, il va de soit que le processus de gestion des exigences sera adapté en fonction de l'approche choisie.

Les sections précédentes visaient à familiariser le lecteur avec le concept général de la recherche, à savoir l'ingénierie des exigences. En introduisant tout d'abord le concept d'exigences dans un contexte de projets technologiques, la notion d'ingénierie des exigences prend tout son sens. Par la suite, le lien entre l'ingénierie des exigences et la gestion de projet a été examiné, pour enfin présenter les processus d'ingénierie des exigences selon les différentes approches de gestion des projets les plus employées.

Les sections suivantes vont traiter de la problématique spécifique, soit le lien qui existe ou qui devrait exister en pratique entre la planification de projets et l'ingénierie des exigences.

1.7 Problématique spécifique : la planification de projets technologiques et l'ingénierie des exigences

Face aux nouvelles problématiques actuelles, les projets qui ne rencontrent pas les délais alloués et qui dépassent le budget ne sont pas rares. Tel que présenté dans les sections précédentes, un processus d'ingénierie des exigences fonctionnel supporte la gestion de projets en fournissant des informations essentielles pour formuler des estimations et effectuer un suivi de projet adéquats.

Une étude du *Standish Group* rapporte que les principales causes d'échecs de projets sont les suivantes :

Tableau 1-3: Principales causes d'échecs de projets[5]

Exigences incomplètes	**13.1%**
Manque d'implication des utilisateurs	12.4%
Manque de ressources	10.6%
Attentes du projet non réalistes (exigences)	**9.9%**
Manque de support exécutif	9.3%
Changement des exigences	**8.7%**
Manque de planning	**8.1%**

D'après ce tableau, il en ressort que près de 40% des causes d'échecs de projets est lié aux exigences ou à la planification. Les exigences étant le point de départ de toute planification de projets, il va de soit que si elles sont incomplètes ou que les changements en cours de projet ne sont pas contrôlés, alors les estimations concernant la planification seront moins précises. La qualité des estimations reflète ainsi la qualité des exigences.

De plus, si on examine les principaux facteurs de succès présentés dans le tableau 1.4, on remarque que des exigences bien définies et un bon planning apparaissent comme clairement importants en ce qui concerne la réussite d'un projet.

[5] Source : The Standish Group Report Chaos, 1995

Tableau 1-4: Principaux facteurs de succès de projets[6]

Implication des utilisateurs	15.9%
Support de la gestion	13.9%
Bonne définition des exigences	**13.0%**
Bon planning	**9.6%**
Attentes du projet réalistes	8.2%

Ainsi, l'ingénierie des exigences et la planification de projets sont deux processus auxquels les entreprises devraient accorder beaucoup d'importance si elles désirent voir leurs chances de compléter leurs projets selon les attentes se concrétiser.

1.7.3 L'ingénierie des exigences et le plan de projet

Les exigences constituent un élément essentiel de la préparation d'un plan de projet. Comme les exigences de projet représentent le système qui doit être développé, elles sont la seule source de ce type d'informations. Il est ainsi possible de déterminer les activités de travail associées à ces exigences, et donc d'établir les dates jalons du projet et les principaux livrables, qui pourraient par exemple correspondre à une date de fin d'une activité de développement.

Pour définir ces jalons, il est nécessaire de connaître la charge de travail à effectuer et de la répartir adéquatement. Pour ce faire, l'identification de lots de travail facilitera la tâche, sachant qu'une exigence ou un ensemble d'exigence peut représenter un lot de travail. Dans la pratique, le gestionnaire de projets ne planifie pas la mise en œuvre de chaque exigence systèmes individuellement. En effet, celui-ci pourrait définir chaque exigence d'affaires ou exigence utilisateurs comme lot de travail.

---

[6] Source : The Standish Group Report Chaos, 1995

Par la suite, une planification détaillée de chaque lot de travail peut être effectuée par les développeurs à partir des exigences systèmes (plus détaillées) qui seront liées aux exigences de plus haut niveau, et donc à un lot de travail.

Généralement, à chaque jalon, un livrable est associé, celui-ci servant de donnée d'entrée pour les activités suivantes associées à la prochaine date jalon. Cependant, afin de pouvoir proposer des dates jalons, il faut connaître les dépendances entre les différentes activités de développement. C'est à ce moment que le concept de traçabilité des exigences rentre en jeu.

En effet, en utilisant les liens entre les exigences, il est possible de déterminer quelles exigences doivent être développées et quelles activités associées doivent être terminées avant que d'autres exigences soient traitées et que la mise en œuvre des activités associées puisse commencer.

1.7.4 L'ingénierie des exigences et le suivi de projets

L'ingénierie des exigences influence non seulement le contenu des plans de projet, mais supporte également le processus de suivi de projet. En suivant le statut des lots de travail tout au long du projet (pas commencé, en traitement, terminé), le gestionnaire de projet possède une vue d'ensemble du projet et peut mesurer l'avancement du projet et vérifier si celui-ci correspond à ce qu'il avait initialement proposé dans son plan de projet. S'il constate des divergences, il pourra alors s'adapter rapidement et mettre en place une solution pour remédier au problème afin de réajuster le tir.

Les exigences et la planification sont donc deux concepts très liés. Cependant, en pratique, le lien entre l'ingénierie des exigences et la planification est loin d'être évident. Très peu d'approches considèrent le lien entre les spécifications du système et les artéfacts de gestion de projets.

1.7.5 Outils d'intégration des concepts d'exigences et planification

De très nombreux logiciels sont disponibles afin d'aider les entreprises à gérer les exigences et la planification de projets. Cependant, très peu d'entre eux semblent convenir à la majorité des projets. En effet, les logiciels disponibles sont développés dans le but de soutenir soit les processus de planification, soit les processus d'ingénierie des exigences, et non intégrer totalement ces deux concepts.

Gelbard et al. [25] et Reel[26] montrent qu'il n'existe pas actuellement d'intégration entre les outils de gestion de projets et les outils de gestion des exigences. En estimant que plus de 50% des projets informatiques n'aboutissent pas, ils prétendent que ce serait bénéfique de développer une telle plateforme.

Comme l'explique Helming[27], les processus d'ingénierie des exigences et de gestion de projets sont deux processus bien distincts. D'un côté, la traçabilité permet de décrire et suivre les relations entre les exigences. Ces processus décrivent le système à développer selon les différents niveaux d'abstraction. D'un autre côté, des artéfacts décrivent le projet lui-même, comme les tâches, le plan de projet, la structure organisationnelle. Même si cela paraît surprenant, il n'est généralement pas possible de relier les livrables ou les dates jalons du plan de projet aux éléments du système correspondants.

Comme le mentionne Kautz[28], les outils capables d'allier prévisions, traçabilité et suivi de projets sont rares. Aucun des logiciels de gestion des exigences actuellement sur le marché ne contient des éléments de planning et de suivi de projet. Un projet de recherche chez IBM mené par Gong[29] nommé « *Integrated Solution Engineering* » reconnaît ce problème et tente d'aider les développeurs en leur offrant du support semi-automatisé, en combinant plusieurs techniques afin de faciliter le développement, l'évolution, et en utilisant la traçabilité adéquatement pour gérer la complexité des projets. Le tableau 1.5 présente les principaux logiciels disponibles sur le marché facilitant la gestion des exigences.

Tableau 1-5: Liste des principaux outils utilisés pour la gestion des exigences

Principaux outils de gestion des exigences
IBM-Requisite Pro
IBM-Doors
Jira
Team Foundation Server
Sparx Entreprise Architect
ReqAnalyst

Il existe de nombreux autres outils de gestion des exigences, cependant uniquement ceux présentés dans le tableau 1.5 vont être examinés.

IBM[30] propose une application simple, servant de plateforme entre les logiciels Rational Requisite Pro et Microsoft Project. Cependant, cette application n'est pas conviviale car l'utilisateur doit synchroniser manuellement ces outils, demandant un grand nombre de saisies manuelles pour une bonne synchronisation.

IBM[31] met également à disposition un outil de gestion des exigences pour les systèmes et les applications technologiques évoluées, IBM-Doors. Cet outil est très complet au niveau de la gestion des exigences, mais ne prend aucunement en considération le planning et le suivi de projet.

Le système de gestion des bugs Jira[32] offre du support pour la planification des projets de développement agile, mais la traçabilité des exigences n'est pas supportée par cet outil, rendant l'intégration incomplète.

Microsoft offre également une plateforme intégrant la planification et l'ingénierie des exigences appelée Microsoft Team Foundation Server[33]. Cependant, cette intégration permet d'effectuer

des liens entre des lots de travail, et non entre des exigences, ce qui rend l'analyse des exigences plus coûteuse. Enfin, Sparx Enterprise Architect[34] et ReqAnalyst[35] sont également des outils supportant la gestion des exigences, mais dont le lien avec la planification ne se fait pas de manière conviviale.

Actuellement sur le marché, il existe de nombreux logiciels disponibles essayant de régler ce problème. Seulement très peu sont devenus des standards dans l'industrie, car ils n'ont à ce jour pas encore fait leurs preuves et présentent de nombreuses faiblesses.

Ayant découvert cette opportunité d'affaires, quelques entreprises on décidé de développer leurs propres outils de synchronisation entre des logiciels déjà existants de planification et de gestion des exigences qui ont déjà fait leurs preuves. PMC (*Project Management Centre*) par exemple, entreprise surtout active dans l'est du Canada, a développé une passerelle servant à transférer des informations de Doors à Microsoft Project (un des logiciels les plus utilisés dans l'industrie pour la planification de projets). Ainsi, la littérature nous révèle l'existence d'un lien entre la planification et l'ingénierie des exigences. Même s'il a été démontré que les entreprises devraient accorder beaucoup d'importance à ces processus, les outils dont elles disposent ne semblent pas adaptés à leurs besoins, du fait d'un manque de connaissance ou de compréhension du lien entre ces deux processus.

1.7.6 Objectifs de recherche

Ainsi, il existe très peu ou pas de travaux à l'intersection de l'ingénierie des exigences et de la planification de projets. Cette recherche vise donc à approfondir cette zone grise en approchant résolument une approche pratique par le biais de plusieurs études de cas en entreprises.

En résumé, la problématique est la suivante : en partant de l'hypothèse qu'il devrait exister un processus formel ou informel qui assure le lien entre exigences et planification, cette recherche vise à comprendre le lien qui existe en pratique entre la gestion des exigences et la planification de projets.

De façon plus concrète, les objectifs de recherches sont les suivants :

- Dresser le portrait de l'existant : identifier les enjeux de ce processus, les acteurs ainsi que les outils utilisés
- Identifier les pratiques exemplaires : répertorier les processus, méthodes et outils les plus appropriés
- Identifier les facteurs pouvant influencer le choix de l'implantation de ce processus au sein des entreprises
- Le cas échéant, formuler des propositions visant à l'amélioration de ce processus.

Le prochain chapitre expose le contexte dans lequel le volet empirique s'est déroulé, notamment en présentant les entreprises et les projets examinés dans le cadre de cette recherche.

CHAPITRE 2 ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES DE LA RECHERCHE : PRÉSENTATION DES CAS

Ce chapitre a pour but de présenter la démarche suivie sur le terrain afin de définir la problématique de recherche et de trouver les réponses aux questions que soulève la proposition de recherche. La première section présente l'approche générale de la recherche, en commençant par le parcours ayant mené à la définition du sujet de recherche, puis la stratégie de recherche utilisée.

La deuxième section présente le terrain choisi, soit les entreprises et les participants à l'étude. La méthode employée de collecte de données sera quant à elle l'objet de la troisième section.

Le traitement des données recueillies ainsi que le processus d'analyse des données, et l'aspect éthique de la recherche font l'objet des sections suivantes.

2.1 Approche générale de la recherche

2.1.1 Définition du sujet de recherche

Le point de départ de la présente recherche se situe dans un mandat réalisé par l'auteur auprès de l'entreprise montréalaise PMC Inc. et qui a développé au cours des années une interface logicielle entre Microsoft Project et le logiciel IBM-Doors. Cette application, appelée PMConnex RM vise à faciliter le transfert de données entre Microsoft Project et IBM-Doors. Il permet notamment de transférer du contenu de l'un vers l'autre. Comme par exemple les plans de projet, afin de les associer aux exigences déjà existantes.

Les utilisateurs peuvent alors sélectionner des tâches et visualiser les exigences qui leur sont associées dans IBM-Doors, permettant au gestionnaire de projet de vérifier les exigences, les caractéristiques et les plans de tests qui définissent l'échéancier. Les changements au contenu et à l'échéancier du projet peuvent être suivis et gérés tout au long du projet, jusqu'à la livraison. Les gestionnaires de projet et les membres de l'équipe peuvent déterminer plus facilement l'impact des changements sur le plan de projet et accélérer le processus de contrôle.

En 2009, une entente entre l'École Polytechnique de Montréal et la compagnie PMC Inc. a donc permis de mettre sur pied une première phase de recherche visant à étudier l'intégration de ce logiciel en entreprise et ce faisant, de formuler des recommandations pour améliorer les versions futures du produit.

Par le biais de mises en situations avec des scénarios fictifs, il fut possible de comprendre le mode de fonctionnement de cet outil. Cependant, l'application PMConnex RM ne permettait pas d'explorer toutes les perspectives envisagées par l'équipe de recherche, du fait qu'elle fut développée pour une problématique spécifique. Cette phase fut néanmoins cruciale et riche d'enseignement pour la suite de la recherche.

Ainsi, après de nombreuses discussions avec les représentants de l'entreprise PMC Inc., il en est ressorti que le lien entre les exigences et la planification pourrait être investigué davantage, et que les besoins en pratique ne correspondaient pas forcément à ceux auxquels on s'attendrait. De plus, la littérature actuelle ne relate que très peu d'études au niveau du lien entre la gestion des exigences et la planification, malgré la reconnaissance de la criticité de ce lien.

Ce constat fut donc le point de départ d'une recherche ayant une portée plus large et qui allait permettre de mieux comprendre comment s'effectue ce lien dans les entreprises réalisant des projets technologiques.

2.1.2 Cadre de la recherche

La revue de littérature a démontré qu'il n'existe que très peu de recherches relatives au lien unissant l'ingénierie des exigences et la planification de projets technologiques. En effet, très peu de chercheurs se sont intéressés à la façon dont les entreprises effectuent ce lien en pratique.

Ainsi, le manque de compréhension reliée à cette problématique nécessite l'utilisation d'une approche exploratoire. Tel que mentionné par Saunders[36], une telle voie consiste à explorer un fonctionnement, dans le but de le comprendre et de formuler de nouvelles questions de recherche. Ainsi, l'objectif d'une telle recherche permettra de clarifier la compréhension du problème en proposant des résultats théoriques et de développer de nouvelles intuitions face au sujet à l'étude et en formuler un problème précis.

Les objectifs de cette recherche nécessitent l'utilisation d'une méthodologie permettant d'identifier les processus complexes d'un contexte organisationnel particulier. Conséquemment à l'exploration d'un phénomène, la méthode et le protocole de recherche doivent demeurer flexibles tout au long du processus. Ainsi, l'étude de cas apparaît comme la méthode la plus appropriée pour réaliser cette recherche.

2.1.3 L'étude de cas

L'étude de cas est une stratégie permettant de mener une recherche impliquant une investigation empirique ou un phénomène particulier dans un contexte pratique en utilisant de multiples sources[36]. C'est une approche qualitative de recherche empirique afin d'éventuellement décrire de manière précise ce phénomène et de l'interpréter en fonction des conditions du contexte au sein duquel il s'inscrit[37].

La stratégie d'étude de cas est d'un intérêt particulier lorsque le chercheur s'intéresse au « pourquoi » et au « comment » du phénomène. La présente recherche s'intéresse au « comment » d'un phénomène, en s'interrogeant sur le sujet du comment le lien s'effectue en pratique entre l'ingénierie des exigences et la planification de projets. Elle vise également à décrire ce phénomène et à l'expliquer, dans la mesure du possible.

Pour ce faire, la recherche se base sur une combinaison de techniques propres à la recherche qualitative, soit l'entrevue semi-structurée ainsi que l'analyse de la documentation interne afin de mieux comprendre le phénomène à l'étude.

La section présente donc le protocole de recherche utilisé afin de disposer des informations visant à répondre à la problématique.

2.2 Terrain de la recherche

Cette recherche a pour terrain un ensemble d'entreprises centrées sur la conception et le développement de produits technologiques. Ce domaine d'activité limite le nombre d'entreprises ciblées, notamment dans la grande région de Montréal; il est constitué d'entreprises très spécialisées qui œuvrent dans secteurs différents. Les entreprises ont été choisies dans le but de dresser un portrait global du phénomène à l'étude, permettant de ne pas se limiter à un seul secteur d'activité. Au sein de chacune des entreprises, un projet a été étudié, et les participants prenant part aux processus de gestion des exigences ou de planification de projets ont été identifiés à partir d'une liste de critères pré-établis.

2.2.1 Sélection des entreprises

Le nombre de cas en entreprises a été fixé à quatre par le directeur de recherche. Les entreprises au sein desquelles prennent place les projets ont été sélectionnées à partir des critères spécifiques suivants :

- Entreprises issues du domaine des technologies
- Diversité des secteurs d'activités et des projets à l'étude

En effet, pour tenter de concilier les besoins du projet, les secteurs pour lesquels les technologies représentent le principal moteur de développement des entreprises ont été identifiés. De plus, afin d'obtenir un portrait global du phénomène à l'étude, il est important de diversifier les projets et les secteurs d'activités des entreprises participantes à la recherche. Il est à noter que plusieurs entreprises ont été approchées en vue de prendre part à cette recherche. Outre les critères déjà mentionnés, les entreprises ont été choisies en fonction de leur accessibilité et de leur ouverture à fournir une information complète et pertinente.

Dans un premier temps, les contacts avec les entreprises ont été effectués par téléphone ou par courriel. Par la suite, chaque personne ressource a reçu un document présentant les objectifs de recherche, les bénéfices qu'ils peuvent en tirer, ainsi que les besoins de la recherche (Annexe 1) La sollicitation des entreprises s'est effectuée sur plusieurs semaines, dès la transmission de l'invitation initiale.

Dans le but de conserver l'anonymat des entreprises participantes, la description de leur profil et du contexte de chaque projet a été généralisée afin que celles-ci ne soient pas reconnaissables. Chaque entreprise fut donc identifiée par un nom fictif, soit : entreprise A, entreprise B, entreprise C et entreprise D. De même que les projets, ceux-ci seront identifiés par : projet A, projet B, projet C, projet D. Il est à noter que le projet A s'effectue au sein de l'entreprise A, de même pour le reste.

2.2.2 Choix des participants à la recherche

Dans le but d'obtenir une perspective globale de la problématique, il est important d'interviewer des membres issus de tous les niveaux hiérarchiques de l'organisation, qui touchent de près ou de loin à l'ingénierie des exigences ou à la planification de projets. Cette approche a permis de recueillir un éventail de perspectives à partir desquelles il a été possible de dresser un portrait représentatif du fonctionnement réel dans chacun des cas investigués.

Les participants ciblés sont essentiellement issus de trois catégories différentes dans les entreprises, étant les plus à même de fournir des données pertinentes pour les besoins de la recherche. Les participants appartiennent donc à l'un des trois groupes suivant : gestionnaires de projets, coordonnateurs ou chefs d'équipe, et experts techniques.

2.2.3 Identification des participants à l'étude

La recherche a bénéficié de la collaboration d'un « champion » au sein de chaque entreprise. Ces personnes ont permis l'identification des participants à partir des objectifs et de besoins de la recherche qui lui ont été présentés. Selon la pertinence des participants et leur disponibilité, des rendez-vous ont par la suite été fixés par l'intermédiaire du sponsor, ou directement par le chercheur, à partir de la disponibilité de chacun des participants.

Autant que possible, plus d'un participant d'une même entreprise étaient rencontrés en une journée, évitant ainsi un trop grand nombre de déplacements dans les entreprises participantes. Cependant, c'était loin d'être toujours le cas, en effectuant plusieurs rendez-vous uniques. Le

nombre total de participants à la recherche s'élève à 16, soit une moyenne de quatre participants par entreprise. Le tableau 2.1 représente la répartition des candidats au sein des projets étudiés.

Tableau 2-1: Répartition des répondants selon la catégorie de leur poste

	Projet A	**Projet B**	**Projet C**	**Projet D**
Gestionnaire(s) de projet	2	2	2	1
Coordonnateur(s) /Chef(s) d'équipe	1		2	1
Expert(s) technique(s)	1	2	2	

2.3 Démarche de collecte de données

2.3.1 Entrevues semi-dirigées

La méthode de collecte de données choisie pour mener à bien cette recherche fut l'entrevue individuelle et formelle, réalisée à partir d'un guide d'entrevue aux questions semi-ouvertes. Cela a permis d'obtenir des descriptions contextuelles détaillées et complètes qui ont favorisé l'exploration en profondeur du lien entre l'ingénierie des exigences et la planification de projets. Ce choix se justifie par le caractère exploratoire de cette recherche, qui induit un certain niveau de souplesse afin de laisser émerger les éléments de réponse. Il n'aurait pas été possible de recueillir de telles informations avec des questions fermées.

2.3.2 Guide d'entrevue

Un guide d'entrevue, avec des questions semi-ouvertes, fut le principal outil de collecte de données. Il fut élaboré à partir de la revue de littérature et des questions de recherche, en fonction du niveau de détail désiré.

Plus spécifiquement, il visait à couvrir 4 thèmes spécifiques, soit : 1) *Contexte de l'entreprise, du projet à l'étude et du participant*; 2) *les processus d'ingénierie des exigences*; 3) *Passage des exigences à la planification*; 4) *Défis et facteurs de réussite de ces processus*.

La pose de questions semi-ouvertes était préétablie, mais pouvait varier, selon les tournures de la discussion. Ces questions ont été préparées en fonction des contraintes de temps des participants, sachant que ceux-ci ont des rôles et responsabilités ne leur laissant que peu de disponibilités. Ainsi, les questions devaient être les plus pertinentes possibles, sachant que le délai estimé raisonnable pour obtenir un maximum d'informations de chacun des participants a été évalué à 60 minutes.

A l'issu de la première version de ce guide, celui-ci a fait l'objet d'une lecture approfondie par le directeur de recherche. Cette étape a donc permis de clarifier certains points et d'améliorer la formulation de certaines questions. Par la suite, le guide d'entrevue a été testé auprès des participants du premier cas d'entreprise. Dès la première entrevue, les questions ont été perfectionnées, jusqu'à en obtenir la version définitive pour le deuxième cas d'entreprise.

Selon le statut des participants, certaines questions ont été omises. En effet, certains participants ne connaissaient pas le déroulement du processus d'ingénierie des exigences ou ne prenaient pas part au processus de planification, du fait de leur rôle dans l'entreprise. Les questions y référant ont alors été sautées. De plus, pour les participants ne disposant que de peu de temps en entrevue, uniquement les questions essentielles leur ont été posées.

Ce guide d'entrevue est présenté en Annexe 2.

2.3.3 Documentation interne

Une partie de la collecte de données effectuée est constituée de divers documents internes de chaque entreprise. Ces documents permettent de comprendre l'environnement et le contexte dans lequel se situe chaque projet, notamment au niveau de l'organisation de l'équipe de projet, mais également au niveau des processus internes d'entreprise. De plus, ces documents permettent de valider certains propos recueillis auprès des participants ou dans le cas contraire, d'en soulever des incohérences, qui permettraient de soulever de nouvelles questions.

2.3.4 Déroulement des entrevues

La collecte de données s'est échelonnée sur plusieurs mois, soit de novembre 2009 à mai 2010, du fait de l'accès difficile au terrain. La figure 2.1 récapitule la chronologie des phases de recherche.

	Task Name	Durée	Début	Fin
1	**Terrain, analyse et rédaction**	**08 jours?**	**2009-10-01**	**2010-12-06**
2	Sollicitation des entreprises	22 jours?	2009-10-01	2009-10-30
3	Recueil des données	150 jours?	2009-11-02	2010-05-28
4	**Analyse**	**18 jours?**	**2009-12-01**	**2010-09-30**
5	Transcription des entrevues	152 jours?	2009-12-01	2010-06-30
6	Analyse générale des données	196 jours?	2009-12-01	2010-08-31
7	Codification des données	22 jours?	2010-08-02	2010-08-31
8	Analyse structurée des donnée	44 jours?	2010-08-02	2010-09-30
9	**Rédaction**	**69 jours?**	**2010-09-01**	**2010-12-06**
10	Rédaction du mémoire	65 jours?	2010-09-01	2010-11-30
11	Dépot du mémoire	1 jour	2010-12-06	2010-12-06

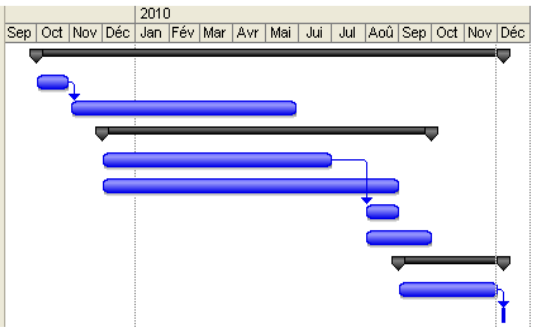

Figure 2-1: Échéancier sommaire du volet empirique de la recherche

Avant d'entreprendre les entrevues, le chercheur s'est assuré d'obtenir une autorisation d'accès au terrain signée par un représentant de l'entreprise.

Toutes les entrevues ont été effectuées par le chercheur. Elles ont été effectuées par le biais de rencontre face à face, en français, au sein des bureaux des entreprises participantes. Généralement d'une durée approximative de 60 minutes, elles ont été enregistrées en format audionumériques à la suite de l'approbation de chaque répondant.

Pour débuter chaque entrevue et pour mettre le répondant à l'aise, une brève présentation du cheminement du chercheur, ainsi que ses intérêts et motivations ont été présentées. Par la suite, la

question de la confidentialité et de l'anonymat des propos des répondants a été abordée, nécessitant la signature de chaque participant. Les objectifs de recherche ont été ensuite rappelés avant d'enchaîner avec les questions contenues dans le guide d'entrevues.

A la fin de chaque entrevue, des remerciements ont été présentés aux participants, notamment pour le temps accordé et pour la qualité des informations fournies. De plus, chaque participant s'est vu avisé qu'une copie du rapport final du mémoire pourrait lui être remise sur demande.

2.4 Traitement des données

Une fois les entrevues effectuées, les enregistrements audio numériques ont été convertis en fichiers .wav, permettant d'en effectuer la lecture avec la plupart des logiciels audio. Les données ont été transférées sur un disque dur externe et effacées de l'appareil enregistreur, le rendant donc vide de toute information au moment de passer de nouvelles entrevues.

Par la suite, les entrevues ont été entièrement transcrites manuellement par écrit par le chercheur. Des annotations et des commentaires ont été ajoutés ultérieurement dans le but d'en faciliter le traitement, comme par exemple les comportements non-verbaux des répondants. Les transcriptions d'entrevues ont été sauvegardées dans un fichier Word, puis enregistrées sur un disque dur externe.

Toutes les informations obtenues lors des entrevues furent conservées en lieu sûr pendant la durée complète du projet. Elles demeurent accessibles uniquement par le chercheur, ou restent disponible sur demande pour le directeur de recherche ou les membres du jury.

2.5 Méthode d'analyse des données

La stratégie d'analyse des données comprend deux parties distinctes, soit : l'analyse inter-cas et l'analyse comparative, tel que le suggère Yin[37].

L'analyse intra-cas (*within-case analysis*) est une démarche permettant de dresser le portrait de chacune des entreprises, et ce à partir des données recueillies au sein de chacune d'elles. En effet,

en effectuant une narration descriptive des situations et des processus se rapportant à l'ingénierie des exigences ou à la planification, il est alors possible d'analyser chaque cas individuellement.

L'état de l'existant a été rédigé de la même façon pour les 4 entreprises, afin qu'il y ait une cohérence en vue de l'analyse inter cas et de comparaison future.

Ainsi, chaque cas d'entreprise contenait les sections suivantes :

- Description du projet
- L'équipe de développement
- Processus de développement des exigences
- Des exigences à la planification
- Outils des exigences et planification
- Gestion des changements en cours de projet

Par la suite, l'analyse comparative consiste à comparer les résultats obtenus pour chacun des cas. Le but de cette analyse est d'identifier les similitudes et les différences entre les cas, et de comparer les différentes pratiques.

2.6 Éthique de la recherche

Comme la recherche demandait une interaction avec des sujets humains, le Comité d'éthique de la recherche de l'École Polytechnique de Montréal avait pour mission d'évaluer cette recherche et délivrer un certificat d'éthique en approuvant sa conformité. Ce document avait pour but de valider le protocole de recherche et de s'assurer que celui-ci respecte les exigences éthiques de l'École Polytechnique (Certificat CÉR-08/09-21).

Pour ce faire, chaque participant à la recherche devait lire et signer un formulaire intitulé *Formulaire d'information et de consentement* avant de débuter les entrevues (Annexe 3). Ce document l'informait non seulement de sa liberté de participer à l'entrevue et de se retirer à tout moment, mais également sur les informations principales concernant le traitement des données et la confidentialité de l'information.

Ce formulaire exigeait également la co-signature du chercheur en présence de chacun des participants. Tous ces formulaires ont été conservés durant toute la durée de la recherche.

CHAPITRE 3 ANALYSE DES DONNÉES

Ce chapitre présente les résultats d'analyse des entrevues ayant mené à la rédaction des quatre études de cas. Dans un premier temps, chaque cas sera analysé individuellement, en présentant tout d'abord un portrait des projets en ce qui a trait à l'ingénierie des exigences et à la planification, pour ensuite en reporter les forces et faiblesses.

Par la suite, les quatre cas seront comparés entre eux, afin de mettre en lumière les différences et les similitudes qui les caractérisent. Cette analyse comparative permettra de faire ressortir les tendances générales du lien entre les processus d'ingénierie des exigences et de planification.

3.1 Présentation des cas d'entreprises

3.1.1 Analyse interne du cas du projet A

3.1.1.1 Description du projet à l'étude

Le projet A se déroula au sein d'une entreprise de l'industrie du divertissement interactif et du jeu vidéo. Cette entreprise figure parmi les leaders mondiaux en création, distribution et édition de jeux vidéo et possède des studios de développement dans plusieurs pays à travers le monde. Le studio de Montréal représente le plus important studio de l'entreprise, employant plus de 2 000 personnes.

Le projet A fut réalisé par l'équipe des Services du studio de Montréal et consistait à développer une application multimédia à intégrer dans tous les jeux de l'entreprise, destinée à offrir des privilèges et des récompenses aux joueurs[7].

---

[7] Les récompenses et les privilèges consistaient en du contenu exclusif de jeu, comme des personnages ou des armes, qui étaient uniquement disponibles à partir de l'application.

3.1.1.2 Présentation de l'équipe de développement

La composition de l'équipe affectée au développement de l'application est représentée par l'organigramme hiérarchique suivant :

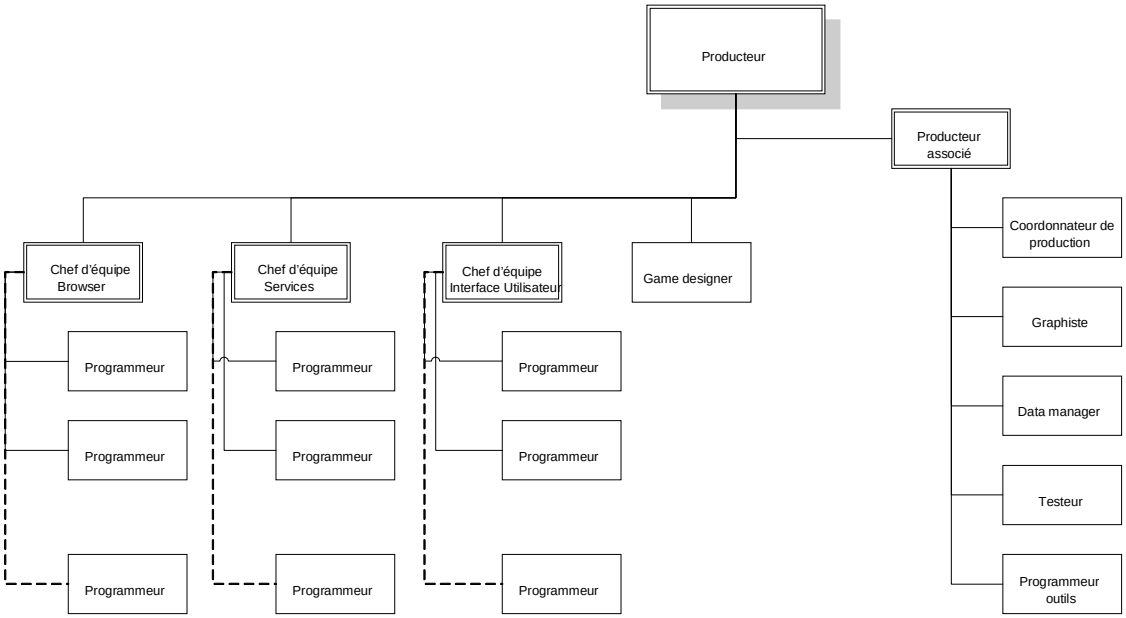

Figure 3-1: Organigramme hiérarchique de l'équipe de développement du projet A

L'équipe était composée d'une trentaine de personnes. Les rôles des principaux acteurs dans les processus d'ingénierie des exigences et de planification étaient les suivants :

<u>Rôle des acteurs principaux :</u>

Producteur : Agissait en temps qu'intermédiaire entre l'équipe et les hauts dirigeants de l'entreprise, était responsable de faire respecter le budget et l'échéancier établis.

Producteur associé : Vérifiait que la vision du projet était respectée; accompagnait l'équipe et transmettait l'information au producteur.

Coordonnateur : Assistait l'équipe de développement dans la création des tâches et la planification

Chefs d'équipes : Étaient responsables de leur équipe de développement (programmeurs)

3.1.1.3 Processus de développement des exigences du projet A

Le processus de développement du projet A comporte 4 grands blocs illustrés à la figure 3.2. Ces étapes sont décrites brièvement.

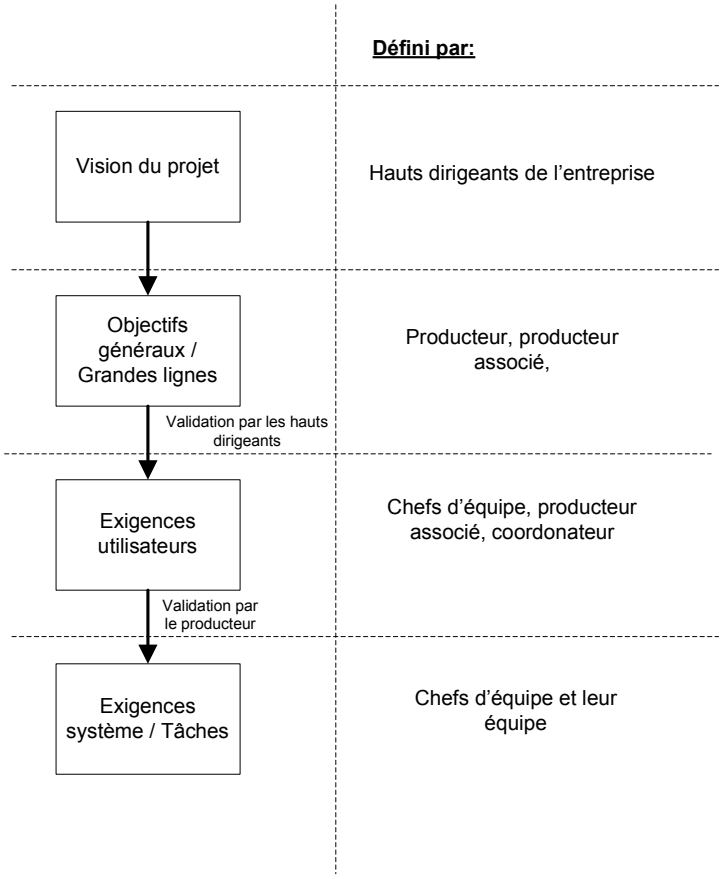

Figure 3-2: Représentation graphique du processus de définition des exigences pour le projet A

Vision du projet

L'idée du projet émergea de la haute direction de l'entreprise qui désirait offrir des récompenses aux joueurs. Ces hauts dirigeants commandèrent une étude marketing afin de développer une vision plus claire de leurs idées; sur la base de cette étude, ils décidèrent d'aller de l'avant. Ils présentèrent alors leur vision au producteur du département des Services du studio de Montréal, qui accepta de prendre en charge le développement du projet.

Définition des objectifs généraux / grandes lignes du projet

Dès cet instant, des discussions furent lancées entre le producteur, son producteur associé et les initiateurs du projet (les hauts dirigeants), afin de développer et éclaircir cette vision. Ils travaillèrent de concert dans le but de bien définir les besoins, d'en démontrer l'utilité et de valider la manière dont ils prévoyaient effectuer le projet. Finalement, ils développèrent ensemble la vision du projet du point de vue client. Une idée générale du projet en ressortit et les grandes lignes du projet furent tracées. Le producteur transposa par la suite cette vision aux chefs d'équipe et au coordonateur, qui durent véhiculer cette vision au reste de l'équipe.

À l'aide de multiples rencontres de brainstorming, le projet fut décortiqué pour établir les objectifs principaux et transformer cette vision en une solution réalisable. Le projet fut alors décomposé en quatre grandes sections distinctes, qui étaient indépendantes les unes des autres.

Définition des exigences utilisateurs

Aussitôt que les objectifs du projet furent définis, les chefs d'équipe, le producteur associé et coordonateur se rencontrèrent de nouveau afin de définir les exigences utilisateurs, à partir des objectifs généraux. Ils établirent également les dépendances entre les exigences utilisateurs, et déterminèrent les priorités de développement de celles-ci.

Ces exigences furent alors transmises au producteur qui les valida avec les hauts-dirigeants de l'entreprise.

Définition des exigences systèmes / Tâches

Une fois les exigences utilisateurs validées, chaque chef d'équipe rencontra son équipe, assisté du producteur associé ou du coordonateur, afin de définir les exigences systèmes (tâches) permettant de rencontrer chaque exigence utilisateur. Le producteur associé et le coordonateur n'intervenaient pas techniquement dans ce processus de développement d'exigences systèmes et de tâches, ils n'agissaient qu'à titre de soutien et d'animateur de la discussion.

3.1.1.4 Des exigences à la planification

Pour les besoins du projet, le producteur adapta les principes de la méthode *scrum* à son équipe. En effet, une méthode itérative était préconisée afin de favoriser la créativité des développeurs et permettre des livraisons partielles du produit tout au long du projet. Le producteur s'est alors basé sur les principes de base de la méthode *scrum* dans le but de fournir un cadre de travail à son équipe, sans toutefois suivre à la lettre cette méthode.

Ainsi, tel que présentées à la section 1.5.3, la méthode *scrum* utilise une planification à 3 niveaux : projet, sprint, et quotidien, qui se déroula comme suit dans le cas du projet A:

Planification de projet

Les hauts dirigeants de l'entreprise fixèrent la date de livraison du projet à un an, et cette date ne pouvait être modifiée. Cependant, très tôt dans le projet, l'envergure du projet fut réévaluée, et le producteur s'engagea à livrer seulement deux sections de l'application à la date de livraison définie au lieu des quatre préalablement établies. La réévaluation de l'envergure du projet permit de livrer une application fonctionnelle mais moins complète que ce qui avait été défini au début du projet.

Planification de *sprint*

Le principe de base de *scrum* est de diriger l'équipe de façon itérative sur un ensemble de fonctionnalités à développer pendant des périodes fixes de 1 à 4 semaines, appelées *sprints*. Dans le cas du projet A, ces itérations furent fixées à 3 semaines.

Chaque *sprint* possédait un but à atteindre, défini par le producteur, à partir duquel sont choisies les fonctionnalités (exigences utilisateurs) à implémenter dans ce *sprint*. Un *sprint* aboutissait toujours sur la livraison d'un produit partiel fonctionnel.

Au début de chaque *sprint*, se déroulait une rencontre de planification, appelée *sprint planning*, avec toute l'équipe de développement. Cette rencontre visait à préparer une liste des exigences utilisateurs à développer en priorité et préciser le temps nécessaire pour accomplir ce travail, mais également sélectionner et communiquer les tâches qui serait effectuées durant ce *sprint*.

À la fin de chaque *sprint*, la rencontre de revue de *sprint* permettait de présenter le travail qui fut accompli par l'équipe. Les tâches qui ne pouvaient pas être développées dans le *sprint* étaient alors reportées dans le suivant, si les priorités demeuraient inchangées. En effet, à la fin de chaque *sprint*, les hauts dirigeants ou le producteur de l'équipe du projet se réservaient le droit de redéfinir les priorités de développement des fonctionnalités de l'application et choisir celles qui seraient réalisées dans le *sprint* suivant. Ils pouvaient à tout moment compléter ou modifier la liste des fonctionnalités à réaliser, sans toutefois modifier celles qui étaient en cours de développement.

Planification quotidienne

Quotidiennement se tenait une réunion entre les équipes de développement, (le *scrum meeting*), qui permettait à l'équipe de développement ainsi qu'au producteur, producteur associé et coordonnateur de faire un point d'avancement sur les tâches et sur les difficultés rencontrées. Ces rencontres visaient donc à résoudre rapidement les problèmes pour ne pas ralentir le développement de l'application et respecter le planning imposé.

3.1.1.5 Outils de gestion des exigences et de planification

Au début du projet, l'équipe utilisait deux outils distincts pour la gestion des exigences et la planification.

En ce qui concerne la gestion des exigences, un fichier Excel était tenu à jour par le coordonateur et le producteur associé et contenait toutes les exigences utilisateurs et les tâches à accomplir. En parallèle, toutes les tâches à effectuer dans un *sprint* étaient inscrites sur des étiquettes, apposées sur un tableau accroché au mur. Chaque membre de l'équipe technique venait alors écrire son nom sur les tâches dont il souhaitait s'occuper.

Très rapidement, le producteur décida d'utiliser un outil informatique permettant d'effectuer à la fois la gestion des exigences et la planification, soit le logiciel Jira, du fait que d'autres divisions de l'entreprise utilisaient déjà ce logiciel.

Jira est à l'origine un logiciel destiné à faciliter la gestion des défaillances dans des projets de développement de logiciels. Il permet de simplifier la gestion de projets agile en regroupant dans un même endroit les exigences utilisateurs et permettant de faire un suivi de l'avancement des tâches. De plus, ce logiciel offre une vision d'ensemble du projet à l'équipe de développement.

La figure 3.3 présente un exemple d'un tableau de planning comprenant des exigences utilisateurs ainsi que les tâches sous-jacentes:

Figure 3-3: Exemple de représentation d'exigences utilisateurs et tâches dans le logiciel Jira

Le coordonateur et le producteur associé furent en charge de la mise à jour du logiciel, au niveau des sprints, mais aussi des exigences utilisateurs et des tâches, alors que chaque membre de l'équipe devait mettre à jour quotidiennement l'avancement de ses tâches.

Le logiciel Jira permettait donc à toute l'équipe de prendre connaissance des exigences utilisateurs et des tâches à accomplir, des priorités de ces tâches, des dépendances entre les tâches, des personnes assignées aux tâches.

Il fut un outil essentiel en permettant non seulement de centraliser l'information en un seul endroit, mais en permettant de faire le suivi de l'avancement du projet en disposant d'informations actualisées quotidiennement.

3.1.1.6 Gestion des changements en cours de projet

Comme il s'agissait d'un projet de développement d'une application innovatrice, les changements furent assez fréquents et très variés. Cependant, comme la méthodologie *scrum* le préconisait, ces changements n'intervinrent pas dans le *sprint* en cours, sauf exception.

Demandes de changement initiées par hauts dirigeants

Les hauts dirigeants pouvaient modifier, supprimer ou ajouter des exigences utilisateurs. Dans le cas de la suppression, cela n'affectait que peu l'équipe de développement, outre diminuer la charge de travail. Cependant, si une modification majeure était demandée, le producteur devait négocier avec le client des ressources supplémentaires, ou supprimer d'autres exigences utilisateurs moins importantes, compte-tenu du fait que la date de livraison du projet est non-négociable. La démarche à suivre demeurait la même dans le cas d'une demande d'ajout d'exigences utilisateurs.

Demande de changement initiée par les programmeurs

Les changements en cours de projet pouvaient également venir des programmeurs. En effet, il arrivait qu'en cours de développement, un programmeur se heurtait à un obstacle technique ou à un problème complexe qui ne pouvait être résolu dans les délais requis. La tâche était alors revue immédiatement, ou à la fin du sprint, s'il le changement devait être validé avec le client.

3.1.1.7 Problèmes soulevés dus à la méthode employée

Plusieurs sources de problèmes en lien avec les exigences et la planification furent relevées au sein du projet A.

Définition des besoins du client

Un des principaux problèmes reliés aux exigences rencontrés en cours de projet fut la mauvaise compréhension des besoins du client. En effet, lorsque le producteur du projet et son associé comprirent mal ce à quoi s'attendaient leur client, alors les informations qu'ils véhiculèrent à leur équipe et les exigences utilisateurs qu'ils développèrent ne représentaient pas les attentes réelles du client, ce qui causa de nombreux problèmes au niveau de la planification.

Limites du logiciel Jira

Au sein de l'entreprise, plusieurs projets se développaient en parallèle et utilisaient Jira comme outil de gestion des exigences et de planification. Lorsque des exigences utilisateurs avaient des liens de dépendances avec d'autres projets, il était impossible de lier deux exigences n'étant pas sur le même projet.

De plus, Jira n'offrait pas la possibilité de produire un diagramme de Gantt, montrant les dépendances claire comme le permet Microsoft Project. La planification se faisait par *sprint* et non pour l'ensemble des *sprints*, la vision claire du projet dans son ensemble ne pouvait être obtenue.

3.1.1.8 Facteurs de réussite du projet

L'application de la méthode *scrum* à ce projet fut un facteur de réussite non négligeable. Le producteur et le producteur associé réussirent à adapter cette méthode à l'équipe, de façon à leur permettre de gérer au mieux leur équipe, et de réagir rapidement aux changements, tout en suivant constamment la progression du projet.

D'un autre côté, le logiciel Jira permit de regrouper à la fois les concepts de gestion des exigences et de planification dans un même logiciel, ce qui aida aussi grandement la gestion de projet, mais offrit aussi une visibilité du projet dans son ensemble à l'équipe.

3.1.1.9 Synthèse

Le projet A prenait place dans l'industrie du jeu vidéo. Celui-ci était suivait les principes de la méthode *scrum*, qui supposait que les exigences utilisateurs étaient développées tout au long du projet et nécessite donc que le client soit impliqué durant tout le développement. Cette méthode utilisait une planification de projet à trois niveaux : projet, *sprint*, quotidien. Les changements aux exigences étaient alors pris en compte rapidement dans la planification, qu'ils soient demandés par le client ou l'équipe de développement.

3.1.2 Analyse interne du cas du projet B

3.1.2.1 Description du projet à l'étude

Le projet B fut réalisé au sein d'une organisation qui administre les régimes d'avantages sociaux de tout un secteur d'activité au Québec et qui génère quelques trente milliards de dollars d'investissements chaque année.

Cette même organisation gère également les fonds de pension pour chacun de ses salariés, en utilisant un système de gestion de la retraite. En 2010, ce système devint désuet, après 13 ans de service, puisque Microsoft n'offrait plus de support informatique pour le langage dans lequel il a été programmé. Ce dernier entraînait des coûts élevés et des mises à jour difficiles pour le maintenir en fonction.

Le projet B vit donc le jour en tant que solution aux problèmes du système de gestion de la retraite. L'objectif fut de remplacer le système révolu en développant une nouvelle plateforme, plus complète et contenant plus de fonctionnalités.

3.1.2.2 Présentation de l'équipe de développement

La composition de l'équipe étant affectée au développement d'un tel système d'information est représentée par l'organigramme hiérarchique suivant :

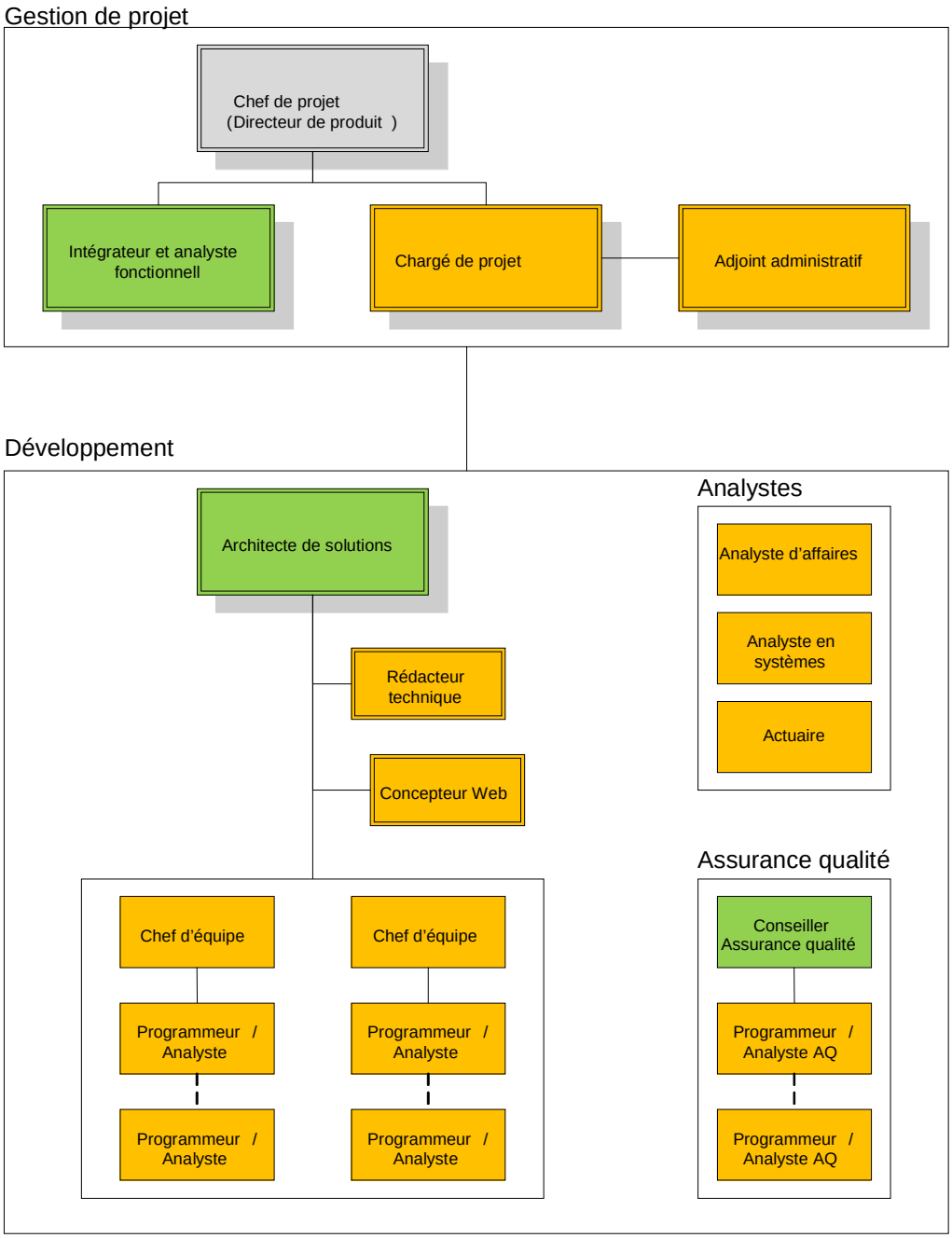

Figure 3-4: Organigramme hiérarchique du projet B

L'équipe de projet fut composée d'une trentaine de personnes. Les rôles des principaux acteurs dans les processus d'ingénierie des exigences et de planification étaient les suivants :

Chef de projet : Établissait les fonctionnalités du système; fixait les priorités de développement; était chargé de faire respecter l'échéancier et les budgets établis.

Chargé de projet : Effectuait le suivi de l'avancement du projet avec l'équipe de développement; faisait le lien entre le chef de projet et l'équipe de développement.

Analyste et intégrateur fonctionnel : Participait à l'établissement des fonctionnalités du système; bâtissait l'architecture du système.

Chefs d'équipes : Étaient responsables de la création des tâches de leurs équipes; étaient responsables de faire le suivi au niveau de leur équipe.

3.1.2.3 Processus de développement des exigences du projet B

Dès le moment où le projet B fut lancé, un comité directeur fut créé. Ce comité fut constitué des membres de la haute direction de l'organisation qui administre les régimes d'avantages sociaux et prit toutes les décisions relatives au projet. Le comité décida de découper le projet en trois phases, soit :

- Phase 1 : Étude d'opportunité
- Phase 2 : Mise en place du mode de gestion et de l'équipe de développement
- Phase 3 : Développement du système d'information

<u>Phase 1 : Étude d'opportunité</u>

L'étude d'opportunité consista en une analyse préliminaire des besoins, visant à établir une estimation du coût du projet, ainsi qu'un échéancier sommaire. Pour ce faire, le comité directeur constitua l'équipe de gestion de projet, tel que représentée à la figure 3.4.

Cette équipe dut déterminer en premier lieu la façon de procéder pour le projet, entre faire l'achat d'un système clé en main, ou développer un nouveau système à l'interne. Elle présenta alors les résultats de son étude au comité directeur, qui prit la décision de développer un nouveau système à l'interne. Cette décision fut basée non seulement sur l'aspect financier, mais également du fait que certains membres de l'équipe de gestion possédaient une expertise approfondie du système de gestion de la retraite créé en 1997, notamment le chef de projet et l'intégrateur-analyste fonctionnel.

L'étape suivante consista à déterminer le mode de gestion de projet à utiliser, puis à bâtir la structure de l'équipe de projet. Aussi, les grandes lignes du projet furent établies.

Phase 2 : Mise en place du mode de gestion et de l'équipe de développement

L'équipe de gestion proposa différentes façons de travailler au comité directeur, en mettant principalement l'accent sur la méthode agile *scrum*. En effet, ils estimèrent que cette méthode comportait de nombreux avantages, permettait notamment :

- le découpage des mises en production du progiciel;
- d'atténuer le risque de dérive du projet (échéancier et coûts);
- d'assurer une haute visibilité sur l'avancement du projet;
- d'offrir des livraisons tôt dans le projet;
- de s'adapter aux changements des besoins d'affaires;
- de minimiser les demandes de changements.

Le comité directeur donna ainsi son accord pour aller de l'avant avec un développement à l'interne, en utilisant un cycle de développement itératif. Ils décidèrent de suivre les principes de la méthode *scrum* et d'adapter cette méthode aux besoins du projet. Par la suite, les grandes lignes du projet furent établies conjointement entre l'équipe de gestion de projet et le comité directeur, et en arrivèrent à diviser le projet en cinq grands blocs. La figure 3.5 représente le découpage du projet en blocs.

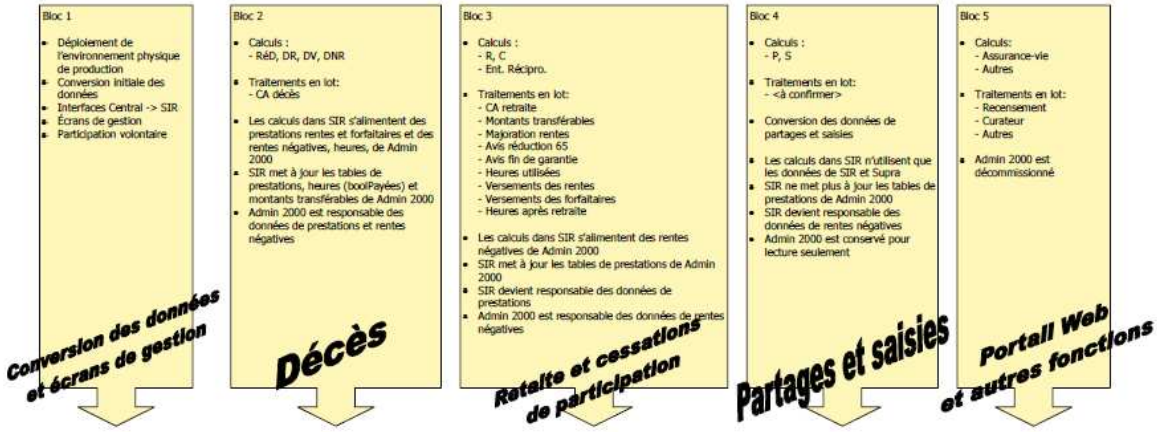

Figure 3-5: Représentation en blocs du projet B

Suite au découpage du projet, la structure de l'équipe fut définie, et un appel d'offre fut effectué pour recruter chaque ressource nécessaire pour mener à bien le développement du système.

<u>Phase 3 : Développement du système de gestion de la retraite.</u>

Lors de la phase 2, les fonctionnalités de chaque bloc ne furent définies que sommairement. Elles furent plutôt définies en détails au fil de l'avancement du projet.

Pour chaque bloc, (excepté le bloc 1 qui consistait en la mise en place de l'architecture), une réingénierie des processus fut effectuée par le chef de projet et l'analyse fonctionnel. Une fois ce document validé par le comité directeur, le chef de projet et l'analyste fonctionnel dressèrent la liste de tous les points que devait contenir le bloc. Ainsi, toutes les fonctionnalités furent déterminées, bloc par bloc.

Chaque élément de cette liste, validée par le comité directeur, se vit alors attribuer un numéro unique et fut répertorié en tant que *Product Backlog item (PBI)*, que l'on nomme aussi « exigences utilisateurs ». Le *Product Backlog* est un document de haut-niveau qui contient tous les items ou fonctionnalités désirées dans le logiciel.

Chaque PBI fut analysé en détail, menant à la création d'un document contenant d'une part l'exigence utilisateur dérivée du PBI et d'autre part toutes les informations pertinentes nécessaires à sa réalisation (Annexe 4).

Par la suite, les chefs d'équipe décomposèrent les PBI en une liste de tâches élémentaires (techniques ou non), auxquelles une durée fut attribuée. Ces tâches furent alors définies comme SBI (*Sprint Backlog Item*) et furent assignées à l'équipe de développement par les chefs d'équipe. Un SBI est une tâche que l'équipe s'engageait à compléter durant un *sprint*.

La figure 3.6 représente un récapitulatif du processus de développement des exigences pour le projet B :

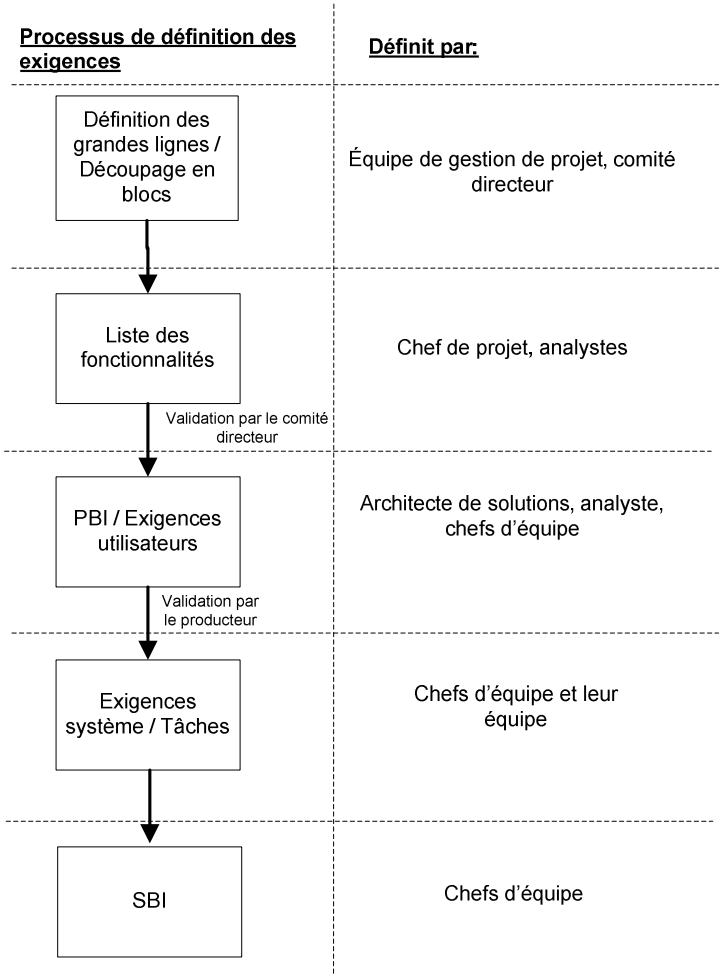

Figure 3-6: Représentation graphique du processus de développement des exigences pour le projet B

3.1.2.4 Des exigences à la planification

Les principes de bases de la méthodologie *scrum* étant utilisés pour le projet, une planification à trois niveaux en découla.

Planification de projet

La date de livraison du système fut prévue pour le 30 juin 2011; en d'autres mots, trois ans furent alloués pour la totalité du projet. Compte-tenu de cette date de livraison du produit, un rétro-planning fut établi. En outre, les principaux jalons du projet, soit les dates de livraison des cinq blocs, furent établis en divisant également la durée totale du projet. Ainsi, chaque bloc allait prendre 6 mois à être développé.

Planification de *sprint*

Pour chaque *sprint*, le chef de projet établit une liste de priorités des principaux PBI à développer. Cette liste fut alors remise aux chefs d'équipe qui estimaient avec leur équipe ce qu'ils étaient en mesure de faire dans les grandes lignes durant le *sprint*.

Après avoir validé avec le chef de projet ce qui devait être développé pendant le *sprint*, chaque chef d'équipe dut définir les tâches associées aux PBI (SBI). Par la suite, au début de chaque *sprint*, les équipes effectuèrent une rencontre de planification de *sprint*, attribuant des durées de développement à chaque tâche (SBI). Ces tâches furent ensuite assignées à chaque membre de l'équipe par le chef d'équipe.

Le chef de projet validait alors les estimations de chaque équipe, et vérifiait qu'il n'y ait aucune interférence entre les équipes au niveau des dépendances entre les PBI. En effet, un PBI pouvait passer par plusieurs équipes pendant une itération (*sprint)*. Pour remédier à ce problème, une rencontre de planification supplémentaire eut lieu chaque semaine entre les chefs d'équipe pour permettre à un PBI d'être traité par plusieurs équipes dans un même sprint.

A la fin de chaque *sprint*, la rencontre de revue de sprint (*Sprint Review*) permit de présenter le travail qui fut accompli par chaque équipe. Tous les PBI qui ne purent être terminés furent repriorisés dans l'itération suivante, si de nouveaux éléments essentiels ne se rajoutaient pas à la liste en cours de route.

Planification quotidienne

Pour effectuer le suivi régulier de l'avancement des tâches au sein de chaque équipe, un suivi journalier dut être mis en place (*scrummeeting*). Cette rencontre permettait à l'équipe et au chef d'équipe de faire le point sur l'avancement des tâches et sur les difficultés rencontrées. Si des problèmes étaient rencontrés, ils étaient immédiatement soulevés et des solutions furent proposées par le reste de l'équipe. Chaque chef d'équipe fut responsable du suivi des tâches (SBI) au sein de sa propre équipe.

Tous les chefs d'équipe se rencontrèrent également quotidiennement (*scrum de scrum*), afin de faire un bref résumé de ce qui se passe dans son équipe.

3.1.2.5 Outils de gestion des exigences et de planification

Team Foundation Server (TFS) fut le logiciel de gestion de projet utilisé pour le projet B, notamment parce que celui-ci s'intégrait directement dans l'environnement de développement. C'est une application créée spécifiquement pour répondre aux besoins du travail collaboratif des projets de développement logiciel, notamment en permettant le contrôle des sources, la collecte de données, l'écriture de rapports, le suivi de projets.

Tous les PBI furent listés dans le *Product Backlog* de TFS. Pour chaque PBI, une fois qu'ils ont passé l'étape d'analyse, un document est lié, regroupant toutes les informations nécessaires à son développement.

Les chefs d'équipe créèrent les tâches (SBI) directement dans cette application, chaque SBI étant associé à un PBI. Par la suite, les durées estimées de réalisation pour chaque tâche y furent ajoutées.

Chaque programmeur/analyste put alors s'attribuer une ou plusieurs tâches, et en était responsable jusqu'à son achèvement et sa validation. En effet, ils devaient mettre à jour régulièrement dans le *Sprint backlog* l'avancement de leurs tâches, soit inscrire quotidiennement le nombre d'heure qu'ils estimèrent nécessaire afin de terminer leurs tâches.

TFS fut très apprécié du chef et du chargé de projet car il leur permit de vérifier régulièrement si le projet allait respecter l'échéancier, et de prendre les mesures nécessaires rapidement si une équipe eut eu du retard dans l'avancement de ses tâches.

Cependant, quelques limites subsisteront au niveau de la gestion de projets dans cette application. En effet, les gestionnaires de projet n'eurent pas la possibilité de voir le nombre d'heures réelles travaillées sur une tâche. C'est pourquoi le chargé de projet tint à jour des feuilles de temps dans un fichier Excel en parallèle, afin de faire un suivi du projet plus rigoureux.

En somme, selon l'opinion des utilisateurs, TFS demeure un outil complexe, qui demande beaucoup de temps d'adaptation avant d'en apprendre les subtilités. Mais une fois que son fonctionnement fut bien compris, tous purent y trouver la majorité des informations reliées au projet.

3.1.2.6 Gestion des changements en cours de projet

Comme il s'agit d'un projet de développement de système d'information, basé sur un système déjà existant, les demandes de changement en cours de projet ne furent pas très fréquentes car les fonctionnalités étaient déjà connues. En effet, les changements au niveau des exigences utilisateurs furent rares, voire absentes.

Cependant, au moment de la recherche, le projet étant situé au début du bloc 2, il n'y eut pas de demandes de changement au niveau de l'architecture (bloc 1), ce dernier n'impactant pas directement les utilisateurs. Par contre, il était beaucoup plus probable que des demandes allaient apparaître à partir du bloc 2.

Même si l'équipe de développement n'eut pas composé avec des demandes de changement, il existait néanmoins des processus à mettre en œuvre si des changements sont proposés.

Lorsque ces demandes étaient simples, elles étaient directement prises en compte dans le *sprint* suivant. Cependant, si la demande était trop exigeante en terme de temps et que la

livraison du *sprint* pouvait être impactée, le chef de projet devait alors créer un nouveau PBI et reprioriser celui-ci afin qu'il puisse être traité par l'équipe de développement.

3.1.2.7 Problèmes soulevés dus à la méthode employée

Un des problèmes majeurs rencontré en cours de projet fut le roulement de personnel. En effet, lors du développement du bloc 1, de nombreux employés préférèrent vaquer vers de nouveaux horizons, pour de multiples raisons. Le chef de projet se retrouva alors dans l'embarras, car le fait de former du nouveau personnel et leur expliquer le projet retarda conséquemment les délais du projet. Pour survenir à cet évènement inattendu, et pour rattraper le temps perdu, il fut décidé de remodeler le contenu des blocs 2 et 3. De nombreux éléments du bloc 3 se retrouvèrent dans le bloc 2, afin de faciliter la transition entre ces blocs et de faciliter la tâche des programmeurs.

Le roulement de personnel ne posa pas problème uniquement au niveau du remodelage du contenu des blocs. Cela compliqua également la tâche de planification de chef de projet puisque le rendement de son équipe s'estimait en supposant que la composition de l'équipe et la durée des sprints étaient stable. Cependant, comme l'équipe de développement subit de nombreux changements au niveau de sa composition, le calcul de du rendement fut donc faussé et ne permit pas de planifier le projet de manière optimale, si on se fiait à ces résultats. Le chef de projet ne put donc pas prendre en compte le calcul du rendement pour ses choix au niveau de la planification. C'est son expérience et la communication avec les chefs d'équipe qui l'aida dans sa tâche.

3.1.2.8 Facteurs de réussite du projet

Un des facteurs de succès du projet consistait indéniablement en l'expertise du chef de projet et de l'analyste fonctionnel. En effet, le chef de projet fut anciennement chef de la section retraite de l'organisation à l'étude, donc au cœur même du centre d'intérêt. L'analyste, quant à lui, travailla précédemment sur le développement du système de

gestion de la retraite à remplacer, il était alors à même de connaître les besoins du client et de savoir précisément comment les transposer au niveau technique. La présence de ces deux acteurs sur le projet fut essentielle pour justifier la manière dont était géré le projet. L'approche de gestion *scrum* n'aurait pu être envisagée s'ils n'étaient pas là.

De plus, une très bonne communication s'instaura entre les chefs de chaque équipe, permettant ainsi de trouver des solutions très rapidement lorsque des problèmes émergeaient. Cela permit également d'effectuer nombreux ajustements concernant la méthode de fonctionnement des équipes en cours de projet. En effet, le chef de projet et le chargé de projet procédaient à des réorganisations dès qu'ils en avaient la possibilité, dans le but de continuellement augmenter la productivité de l'équipe de développement.

3.1.2.9 Synthèse

Le projet B était un projet de remplacement de système d'information. Il suivait les principes de base de la méthode *scrum*, sachant que la date de livraison du projet devait demeurer rester inchangée, et que les délais du projet étaient très courts. Les exigences étaient développées tout au long du projet, puis découpées en tâches. Tout comme le projet A, la méthode *scrum* impliquait une planification à trois niveaux, qui permettait de composer avec les changements en cours de projet, et non de les subir.

3.1.3 Analyse interne du cas du projet C

3.1.3.1 Description du projet à l'étude

Le projet C se déroula au sein d'une entreprise de l'industrie aéronautique, dont l'activité principale consiste à développer des simulateurs en tous genres. L'entreprise est un chef de file mondial dans le domaine des technologies de simulation, de modélisation et des solutions intégrées de formation destinées à l'aviation civile et aux forces de défense du monde entier.

Le projet C consista en un projet de développement de simulateur destiné à un usage uniquement militaire.

3.1.3.2 Présentation de l'équipe de développement

La division de l'entreprise étudiée est structurée selon l'approche matricielle. Ce type de structure permet non seulement une organisation par spécialité, mais permet également une organisation par projet, dirigée par le gestionnaire de projet. Le rôle des principaux acteurs dans les processus d'ingénierie des exigences et de planification sont définis comme suit :

Rôle des acteurs principaux :

Architecte : S'assurait de définir une solution au niveau technique qui rencontrerait les exigences et dont le développement rentrerait dans les délais et le budget fixé.

Gestionnaire de projet : Était l'interlocuteur direct du client après la signature du contrat. Toutes les discussions entre l'entreprise et le client passèrent par le gestionnaire de projet; était également responsable du budget, des échéanciers et de la qualité du projet

Ingénieur de projet : Faisait le lien entre les équipes techniques et le gestionnaire de projet.

Coordonnateur: Coordonnait des équipes pluridisciplinaires dont les expertises différentes étaient requises pour la réalisation d'un projet.

Développeurs : Étaient en charge du développement technique de la solution

3.1.3.3 Processus de développement des exigences du projet C

Le processus de développement des exigences de l'entreprise C était clairement défini et documenté, afin que celui-ci s'applique dans les nombreux projets de la division à l'étude. Ce processus peut être représenté de la manière suivante :

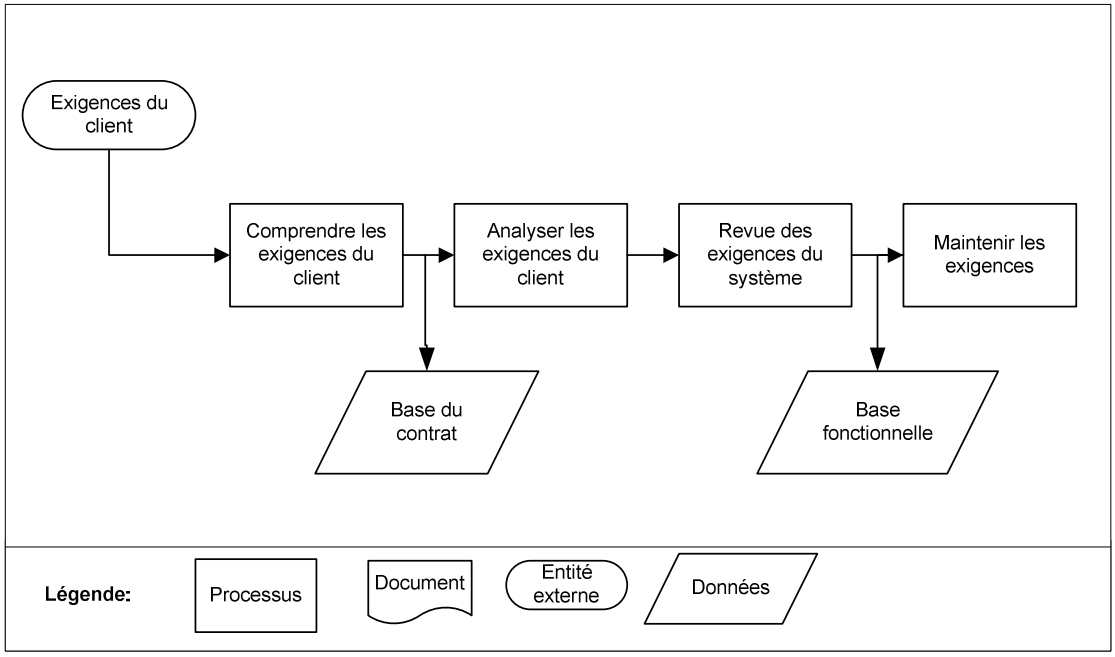

Figure 3-7: Représentation du processus de développement et de gestion des exigences proposé par l'entreprise C

Ce processus peut se séparer en trois phases distinctes, soit :

- Comprendre les exigences du client
- Analyser les exigences du client
- Revue des exigences du client

Ces trois phases vont être expliquées en détail dans cette section, à partir du projet à l'étude.

Comprendre les exigences du client

La première phase se situa avant l'attribution du contrat, soit durant l'appel d'offre. Le client fournit à l'entreprise un document contenant une liste des enjeux, des grandes fonctionnalités et des usages attendus pour le produit, ainsi que les exigences du client.

Une équipe réduite constituée de quelques experts dut alors comprendre les attentes et exigences du client. Ils disposèrent d'une durée approximative de deux semaines pour transmettre une proposition au client, appelée devis technique, déterminant ce que l'entreprise s'engageait à livrer et sous quelles conditions.

Par la suite, lorsque le client décida de retenir la proposition de l'entreprise C, un contrat fut signé. Un référentiel des exigences fut alors créé, nommé la base du contrat (*contract baseline*). Ce référentiel contint les exigences au niveau du contrat (d'affaires), qui furent validées par les parties prenantes.

Analyser les exigences du client

Dans le but de centraliser l'information, l'ingénieur d'exigences dut alors regrouper toutes les exigences d'un même type dans un même document, sachant que l'entreprise différenciait principalement trois types d'exigences :

- Les exigences de projet,
- Les exigences systèmes,
- Les exigences d'entraînement.

Les exigences de projets furent alors regroupées dans un document appelé le cahier des charges (*SOW, Statement Of Work*), les exigences techniques dans la spécification des exigences systèmes (*SRS, System Requirements Specification*), les exigences d'entraînement dans un autre document. Ces documents furent créés dans IBM-Doors, le logiciel de gestion des exigences utilisé par l'entreprise, afin de les rendre disponibles à

tous. Au moment où ces documents furent validés par l'architecte de la solution, l'ingénieur d'exigences assigna ces exigences aux experts techniques pour vérification. Certaines exigences de plus haut niveau durent être assignées à plusieurs experts techniques (lorsque l'on dit par exemple: l'instructeur doit pouvoir changer la météo, cela veut dire que le l'expert qui s'occupe de la station d'instructeur et celui qui s'occupe de la simulation de la météo avaient certaines exigences assignées communément.)

Une fois que les exigences eurent été revues par les experts, une revue interne fut effectuée, afin de s'assurer que chacune des exigences fut bien comprise à l'interne, et par chaque département concerné. Le client ne fut pas impliqué pour cette revue. L'architecte, l'ingénieur d'exigences et les experts techniques discutèrent des problèmes repérés, et proposèrent des alternatives pour parvenir à une solution. Aussitôt d'accord, ils déterminèrent la méthode de vérification de chaque exigence, pour permettre de donner une idée au client de la manière dont elles allaient être vérifiées. La revue des exigences du système put alors avoir lieu.

Revue des exigences du système

La revue des exigences du système se déroula avec des représentants du client, l'architecte, l'ingénieur d'exigences, le gestionnaire de projet, et au besoin, des experts techniques. Les problèmes repérés au niveau des exigences par les différentes parties prenantes furent soulevés, que ce soit des exigences techniques ou de projet. Le but de cette revue fut de créer un deuxième référentiel d'exigences appelé base fonctionnelle (*functional baseline*) qui contenait la version définitive des exigences, après que les différentes parties prenantes s'entendirent sur les modifications à apporter.

Par la suite, les différentes équipes techniques furent aptes à travailler sur le développement de chacun des sous-systèmes de la solution car elles disposaient de toutes les informations nécessaires après la revue d'exigences. Le niveau de détail des exigences permit de limiter le risque au niveau du développement de la solution. La figure 3.8 présente de manière plus complète le processus de développement des exigences suivi par le projet C.

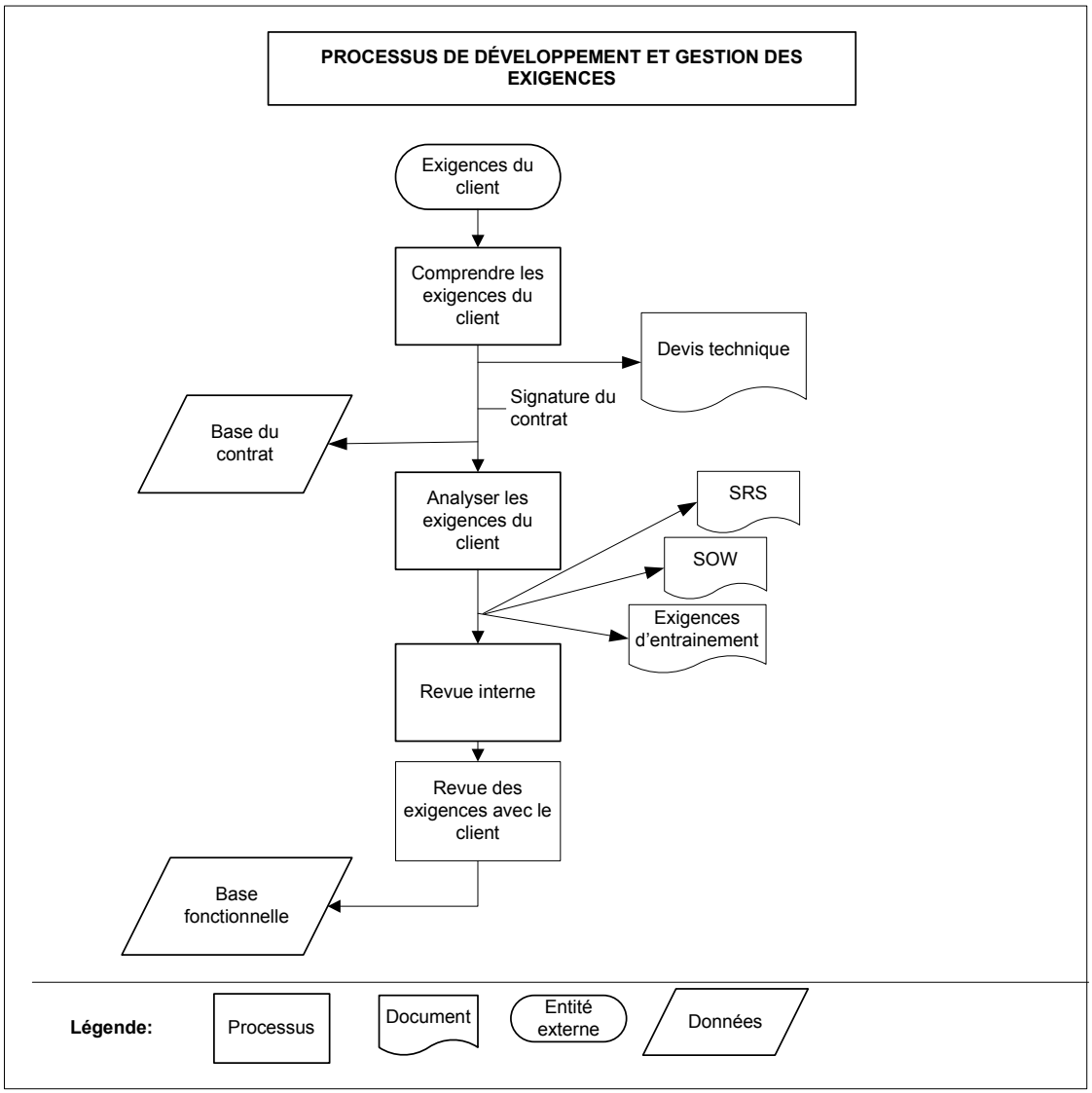

Figure 3-8: Processus de développement des exigences du projet C

3.1.3.4 Des exigences à la planification

Le projet C utilisait une planification à deux niveaux de planification : soit la planification de projet et la planification opérationnelle du développement.

Planification de projet:

Le gestionnaire de projet fut responsable du projet à haut niveau, soit des livraisons qui furent définies dans le contrat. Il dut s'assurer que les échéanciers établis étaient respectés, en étant uniquement responsable des exigences de projet (requis non techniques, comme les livraisons de document…). Il agissait en tant qu'intermédiaire entre l'équipe de projet et le client.

Dès la signature du contrat, un échéancier générique fut fourni par le département de gestion de projet (*Project Management Office, PMO*). Cette cédule comprenait les jalons importants du contrat au sein desquelles le client fut impliqué, mais également les étapes cruciales à l'interne, comme l'intégration des sous-systèmes. Les dates inscrites dans le contrat furent alors placées dans cette cédule (revue des exigences, revue de design préliminaire…), tout en rajoutant les jalons internes. Le gestionnaire de projet fut chargé de faire respecter cette cédule. Il géra surtout la planification au niveau du client, mais fit en sorte que toute l'équipe de développement puisse travailler le plus rapidement possible en agissant en tant que facilitateur.

Planification opérationnelle :

Au niveau opérationnel, plus particulièrement au niveau du développement du code à l'ingénierie, la méthode de gestion *scrum* fut utilisée. Cette méthode fut implantée très peu de temps avant cette étude, et fut utilisée par chaque équipe de développement des sous-systèmes.

Cette méthode permit de fournir aux développeurs une vision plus globale du projet, étant au courant de l'avancement des autres équipes. De plus, les interactions quotidiennes avec les autres membres de l'équipe lors des *scrummeetings* permirent de résoudre les problèmes plus rapidement et d'éviter la duplication d'efforts. Cette méthode démontra une efficacité maximale pour la réalisation d'un projet tout en renforçant l'esprit d'équipe, la motivation et la structuration du travail.

Pour les gestionnaires de projet, cette méthode offrit une meilleure visibilité sur l'avancement quotidien des projets. Les informations fournies par les outils utilisés au niveau du développement leur donnèrent également un moyen de mieux évaluer les ressources nécessaires à la réalisation d'un projet et d'apporter plus rapidement des ajustements, si nécessaire.

Déroulement de la méthode *scrum*

Le coordonnateur fut responsable du planning de l'équipe de développement et dut créer les exigences utilisateurs à partir des documents disponibles dans IBM-Doors (spécifications des exigences du système, cahier des charges…).

Lors de la rencontre de planification mensuelle de *sprint*, le coordonnateur présenta la liste des exigences utilisateurs aux équipes de développement et établit les priorités pour le *sprint*. Le coordonateur agit à titre de client pour les équipes de développement.

Par la suite, chaque équipe estima en nombre de jours la durée nécessaire pour développer chaque exigence utilisateurs. Celles-ci furent ensuite assignées aux membres de l'équipe qui durent décomposer les exigences utilisateurs en tâches avant d'en commencer le développement.

3.1.3.5 Outils de gestion des exigences et de planification

Plusieurs logiciels furent utilisés afin de faciliter la gestion des exigences et la planification du projet.

Logiciels de gestion des exigences

IDM-Doors est un outil de gestion des exigences pour les systèmes et les applications informatiques avancées. Il fut utilisé dès la signature du contrat par les ingénieurs d'exigences afin de regrouper les exigences du contrat en un seul endroit, en créant les 3 modules suivants : SOW, SRS, et le document regroupant les exigences d'entraînement.

IBM-Doors fut la référence en ce qui concernait les exigences. Tout se fit dans ce logiciel au niveau des exigences, depuis la création, jusqu'à la validation, en passant par l'assignation et l'établissement des méthodes de vérification.

Logiciels de planification :

- **Planification de projet**

Le gestionnaire de projet se servit de Microsoft Project pour effectuer le suivi du projet. À partir de la cédule générique fournie par le *Project Management* Office (PMO), il établit le calendrier du projet, en rajoutant les jalons critiques à l'interne (revue des exigences…), ainsi que les évènements qui lui semblèrent essentiels. Ce calendrier servit de référence pour le déroulement du projet et fut mis à jour par le gestionnaire de projet dès que des changements eurent été acceptés par toutes les parties prenantes.

Comme les dates de livraison furent fixées dans le contrat, le gestionnaire n'eut que très peu de marge de manœuvre, il dut donc s'assurer d'effectuer un suivi rigoureux auprès de son équipe.

- **Planification du développement**

Les équipes de développement utilisèrent le logiciel Jira dans le but de supporter la méthode *scrum*. Jira fut le principal outil utilisé pour connaître l'état d'avancement du projet et des tâches et les problèmes rencontrés.

Le coordonnateur fut en charge de gérer l'application Jira et s'occupa principalement de faire le suivi au niveau des exigences utilisateurs et de l'état d'avancement du projet global. Chaque membre de l'équipe de développement dut cependant s'occuper de rentrer ses propres tâches et les estimations en temps, ainsi que de mettre à jour les heures passées sur les tâches.

L'outil Jira présenta cependant quelques limites pour le projet. Il ne permettait pas de lier les exigences répertoriées dans IBM-Doors avec les exigences utilisateurs contenues dans

Jira. La présence de cet élément aurait simplifié grandement le processus de vérification et de validation des exigences, car cela aurait permit de s'assurer que chaque exigence de Doors puisse être bien liée à au moins une exigence utilisateur. Cela aurait encore grandement limité le risque d'oubli d'exigences. Pour remédier à ce problème, un projet pilote fut démarré afin de permettre un lien entre les plateformes IBM-Doors et Jira.

3.1.3.6 Gestion des changements en cours de projet

Même si la base fonctionnelle eut pour but de répertorier une version des exigences définitives approuvées par les parties prenantes, cette version subit des changements en cours de projet.

Toute modification à effectuer sur ce document suivit un processus formel de suivi de changement appelé la Commission de Contrôle des Changements (*Change Control Board*, CCB) impliquant toutes les parties prenantes du projet.

Ces changements survinrent de la part du client, mais plus souvent, ils provinrent des différentes équipes de développement. En effet, il arriva régulièrement que des problèmes furent rencontrés au niveau technique. L'architecte de la solution et le gestionnaire de projet déterminèrent alors le risque associé à ce problème. Si une alternative de solution pouvait être envisagée, la solution allait alors être révisée pour passer outre ce problème. Cependant, s'il n'existait aucun moyen de surmonter ce problème et de valider une exigence de la base fonctionnelle, alors le gestionnaire de projet devait effectuer une demande de changement (CCB).

D'autres sources de changement en cours de projet persistèrent, mais ne concernaient pas le client, uniquement l'équipe technique. En effet, l'intégration des sous-systèmes subit des retards de livraison de certaines pièces, entraînant des changements ou des blocages en cours de projet. Pour remédier à ce problème, le coordonnateur effectua une repriorisation des exigences utilisateurs en cours de *sprint*.

3.1.3.7 Problèmes soulevés dus à la méthode employée

De nombreuses sources de problèmes en lien avec les exigences et la planification furent relevées au sein du projet C.

Assignation des exigences

La tâche de l'ingénieur des exigences pouvait s'avérer complexe lorsqu'il devait assigner des exigences très techniques, car il ne savait pas toujours quelle équipe de sous-système allait être concernée par ces exigences. Ainsi, il les assignait au mieux de ses connaissances. Si l'assignation des exigences avait été mal faite, cela pouvait entraîner des problèmes au moment du développement et avoir des conséquences critiques pour le projet.

Niveau de détail des exigences

Un des inconvénients rapportés par l'architecte était le fait de ne pas disposer d'exigences détaillées au niveau du contrat car cela pouvait être sujet à différentes interprétations de la part du client ou de l'équipe technique. Lors du développement de la solution, il se pouvait que certaines exigences ne fussent pas claires pour les ingénieurs qui devaient développer et cela portait à confusion. Cependant, le faible niveau de détails des exigences permettait généralement d'être plus flexible au niveau du design de la solution.

Le devis technique

Un gestionnaire de projet n'était que très rarement impliqué au niveau de cette étape du projet dans l'entreprise, et prenait en charge le projet seulement après la signature du contrat.

Le gestionnaire de projet gagnerait cependant à être impliqué dès cette étape afin de détecter les exigences qui pourraient être problématiques lors du développement de la

solution et pourrait influencer la soumission. L'intervention du gestionnaire de projet à ce niveau permettrait alors de limiter les risques en cours de projet.

Difficultés de planifier à cause de l'organisation matricielle

Du fait de la structure matricielle de l'entreprise, les ressources techniques furent souvent affectées sur plusieurs projets en même temps, ou alors furent envoyées sur le projet le plus urgent. Il fut ainsi très difficile pour le gestionnaire de projet de tenir sa cédule de planification car il disposa rarement du nombre de ressources qui lui étaient nécessaires durant toute la durée du projet. En effet, dans les débuts du développement, il fut difficile d'avoir toutes les ressources demandées car elles étaient affectées sur des projets plus urgents, mais plus le projet avança, plus il devint critique. C'est pourquoi généralement, plus le projet se rapprocha de sa date de livraison, plus il fut facile pour le gestionnaire de projet d'obtenir les ressources demandées, mais cela constitua un grand niveau de stress pour lui. En effet, il dut rendre compte chaque mois au client du niveau d'avancement du projet, sachant que le projet n'avançait pas comme il fut été souhaité. Il dut donc expliquer la situation au client dans le but de le rassurer.

Rigidité des processus d'ingénierie des exigences

La rigidité des processus d'ingénierie des exigences pouvait constituer un désavantage pour l'entreprise dans certains cas. En effet, si le client possédait une organisation très forte en termes de gestion d'exigences, ou s'il utiliseait un autre processus que celui de l'entreprise C, il allait souvent demander que sa propre approche soit utilisée pour le déroulement du projet. Cela pouvait amener des problèmes, car le projet devenait alors en isolation par rapport aux autres en ne suivant pas le même processus. Les ressources n'avaient alors plus leurs repères habituels et étaient donc moins productives. Le projet devenait donc plus coûteux en bout de ligne.

3.1.3.8 Facteurs de réussite du projet

La méthode *scrum*

Scrum apporta beaucoup d'améliorations, car cela permit de soulever des problèmes très rapidement, et de connaître le véritable état d'avancement régulier du projet, tout en se réajustant au besoin.

Le principal avantage au processus *scrum* consista à fournir une vue d'ensemble du projet pour les développeurs. De plus, les rencontres quotidiennes au sein de chaque équipe permirent d'identifier les problèmes et de les résoudre plus rapidement.

Cette méthode fit preuve d'une grande efficacité pour mener à terme un projet, tout en renforçant l'esprit d'équipe, la motivation et la structure du travail.

Grâce à la méthode *scrum* et aux outils utilisés, le gestionnaire de projet bénéficia d'une meilleure visibilité sur l'avancement régulier du projet, et put apporter les ajustements nécessaires plus rapidement.

Standardisation de certains produits

Au moment de la recherche, les hauts dirigeants de l'entreprise C transmirent leur intérêt à standardiser au maximum certains sous-systèmes lors du développement. Cela permit d'utiliser une solution sur plusieurs simulateurs, ou dans plusieurs produits, en étant adaptable. Cela permit de réduire grandement le temps de développement et donc de livrer un produit plus rapidement, tout en s'évitant un certain nombre de défis.

3.1.3.9 Synthèse

Le projet C se déroula au sein de l'industrie aéronautique et consista à développer un système complexe. Celui-ci suivit la méthode d'ingénierie des systèmes, appuyée par la méthode *scrum* pour le développement. Les exigences et la date de livraison étaient connues et validées par les parties prenantes dès le début du projet. Chaque changement intervenant en cours de projet au niveau des exigences devait suivre un processus formel

impliquant toutes les parties prenantes du projet. L'ingénierie des systèmes et la méthode *scrum* permettent donc une planification de projet à trois niveaux : projet, *sprint*, quotidien, sachant que l'accent est mis sur la planification de projet par l'ingénierie des systèmes.

3.1.4 Analyse interne du cas du projet D

3.1.4.1 Description du projet à l'étude

Le projet D fut réalisé au sein d'une firme de l'industrie aéronautique, dont l'activité principale a pour nature le développement et la production d'engins de transport commerciaux.

Le projet D consista en un projet d'amélioration de produit déjà en phase utilisateurs. Plus précisément, il visait l'amélioration d'un engin de transport déjà existant sur le marché. Ces modifications, généralement de faible envergure, allaient alors être apportées sur les autres produits sortant de la chaîne de production.

3.1.4.2 Présentation de l'équipe de développement

La division de l'entreprise étudiée fut structurée selon l'approche matricielle et était organisée en *Integrated Product Team* (IPT). La figure suivante représente l'organigramme de l'équipe d'amélioration de produits :

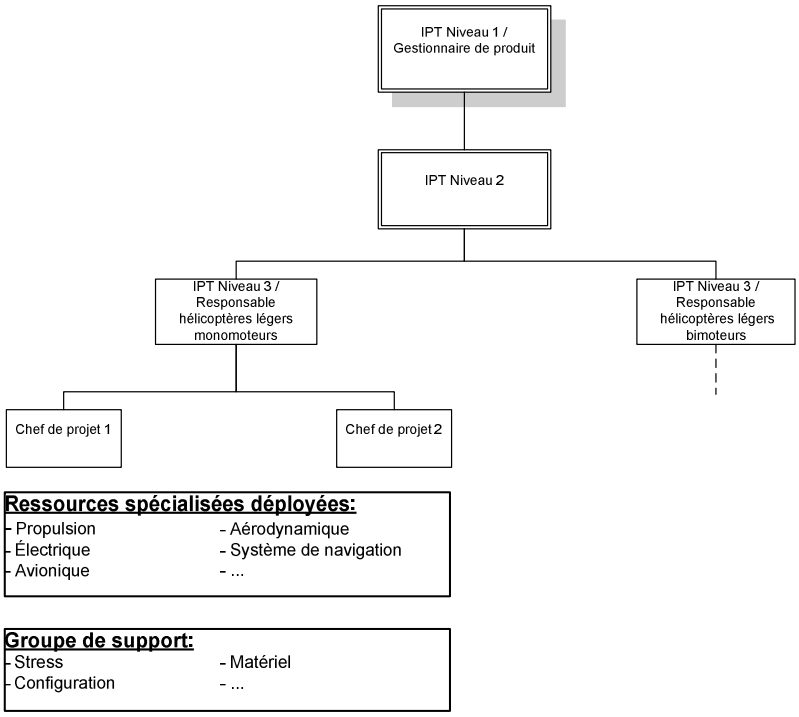

Figure 3-9: Organigramme de l'équipe d'amélioration de produits

L'équipe de projet était constituée d'une dizaine de personnes. Le rôle des principaux acteurs dans les processus d'ingénierie des exigences et de planification sont définis comme suit :

Rôle des principaux acteurs :

Gestionnaire de produit : Responsable des priorités des projets et de la validation des améliorations.

IPT Niveau 2 : était responsable de l'orientation stratégique du département.

IPT Niveau 3 : était responsable de l'estimation des ressources nécessaires et d'établir les échéanciers pour les projets d'amélioration de produits.

Chef de projet : était responsable de faire respecter les échéanciers

Ressources spécialisées : étaient affectées aux projets d'amélioration de produits à temps plein.

Groupe de support : étaient affectées à des projets d'amélioration dépendamment des besoins.

3.1.4.3 Processus de développement des exigences du projet D

Les requêtes de projets d'amélioration de produit pouvaient provenir de six départements internes : la production, le service à la clientèle, le service des achats, le service des pièces de rechange, les délégués de transport canada ainsi que le comité de sécurité de vol.

Lorsqu'un client interne avait une requête à formuler en ce qui concernait l'amélioration d'un produit, celui-ci devait s'adresser directement aux IPT Niveau 3. Le client transmettait alors une description claire des besoins ainsi qu'une proposition d'amélioration. L'IPT Niveau 3 créait alors un nouveau document avec un numéro d'identification unique dans la base de données regroupant tous les projets de l'entreprise.

Comme le nombre de projets soumis aux IPT Niveau 3 était considérable, et qu'il était impossible pour l'équipe de pouvoir accepter toutes les requêtes, chaque projet devait être évalué en fonction de critères préalablement définis. Les décisions tenaient compte de l'aspect budgétaire de chaque client, de la disponibilité des ressources et des priorités de chaque projet. Cela permettait donc de s'occuper des projets les plus prioritaires, en suivant les lignes directrices de la compagnie.

Un projet pouvait avoir 4 statuts différents :

- 0 : le projet venait d'être ajouté à la liste, il n'avait pas encore été priorisé et approuvé.
- 1 : le projet a été approuvé et disposait des fonds nécessaires pour sa réalisation.
- 2 : le projet a été approuvé mais le client ne disposait pas du budget nécessaire à sa réalisation, il n'était donc pas fait durant l'année en cours.
- 3 : le projet n'était pas prioritaire.

Une réunion de priorisation avait lieu tous les 3 mois, impliquant le gestionnaire de produit et les divers clients. En bout de ligne, c'était le gestionnaire de produit qui prenait les décisions finales sur la priorité des projets. Ainsi, dès qu'un projet était approuvé et disposait du statut 1, l'équipe d'amélioration de produits pouvait alors commencer à y travailler.

Pour le bon déroulement des projets, l'équipe se basait sur une méthode adaptée du processus utilisé par l'entreprise pour le développement de nouveaux produits. Ce processus était simplifié pour répondre aux besoins des projets et réduit à trois phases :

- Design préliminaire
- Design détaillé
- Transfert à la production : vérification et validation.

Design préliminaire

L'IPT niveau 3 dut d'abord établir les exigences du projet avec le client. Ces exigences définirent dans les grandes lignes en quoi consista l'amélioration et quels aspects allèrent être modifiés (poids, coûts, stress, certification…). Ces exigences furent appelées les exigences de design (exemple : la solution doit réduire le temps d'installation d'une certaine pièce en production).

La prochaine étape fut la revue de design préliminaire (PDR), qui consista en une rencontre avec les clients, le gestionnaire de produit et les parties prenantes du projet. L'IPT niveau 3 présenta alors l'historique du projet, les exigences de design, ainsi que toutes les solutions envisagées et la solution proposée. Cette rencontre se termina lorsque tous les requis furent validés par les parties prenantes, de même que le concept de la solution.

Cependant, le PDR ne donna pas l'autorisation officielle d'effectuer une amélioration. Le gestionnaire de produit dut alors effectuer une Autorisation de Changement de Produit (*Product Change Authorization*, PCA), document officiel qui eut pour but d'autoriser cette amélioration. Ce document reprit les éléments du PDR, dans lequel le changement

fut décrit en détail, en expliquant les améliorations techniques qui allaient être apportées, ainsi que les dessins techniques qui étaient impactés. De plus, dans ce document, les exigences de haut niveau étaient décomposées en exigences fonctionnelles par le designer de la solution.

Une fois ce document validé par toutes les parties prenantes, le gestionnaire de produit autorisa officiellement l'amélioration en apposant sa signature sur le document. La prochaine phase qui du projet put alors débuter.

Revue de design détaillée

Cette phase était optionnelle, dépendamment de l'envergure du projet et des parties prenantes impliquées. Le but était de valider la solution détaillée et de s'assurer qu'elle rencontrait toutes les exigences avant d'aller en production. Une fois la solution validée lors du CDR, le développement de la solution put être amorcé par l'équipe technique.

Ainsi, le processus de développement des exigences pour les projets d'amélioration de produits fut principalement effectué lors de la phase de design préliminaire. Les exigences de haut niveau furent développées dès l'initiation du projet par l'IPT niveau 3 et le client. Les exigences fonctionnelles furent développées par le designer de la solution et furent incluses dans le PCA.

3.1.4.4 Des exigences à la planification

Dès la demande de projet d'amélioration de produits de la part d'un client, l'IPT niveau 3 demanda à avoir une idée des délais, de la nécessité du projet et du budget disponible dans le but d'en avoir une première estimation.

Par la suite, en développant les exigences de design lors de la phase de design préliminaire avec le client, il eut une idée plus précise des ressources nécessaires. La revue de design préliminaire permit de valider non seulement les exigences et la solution proposée, mais également les besoins en ressources pour le projet et l'échéancier proposé.

L'IPT niveau 3 fut alors en mesure de créer un échéancier pour le projet, en incluant les dates jalons des trois phases du processus de développement de la solution.

L'IPT niveau 3 établit l'échéancier du projet ainsi que les dates des principaux livrables, alors que les chefs de projet furent en charge de faire le suivi du développement avec leur équipe afin de respecter les dates fixées.

3.1.4.5 Outils de gestion des exigences et de planification

Outils de gestion des exigences

L'équipe d'amélioration de produits n'utilisa pas de logiciels de gestion des exigences. Le nombre d'exigences étant réduit par projets, l'acquisition d'un tel logiciel ne fut pas envisagée.

Outils de planification

L'IPT niveau 3 utilisa Microsoft Project comme outil de gestion de projet. Tous les projets en cours furent planifiés dans le même fichier, mais furent gérés indépendamment. Chaque projet fut divisé selon les trois phases du processus décrit précédemment, et à chacune d'elle fut associée une estimation en termes de temps, définie par l'IPT niveau 3. Un chef de projet fut également assigné à chaque phase.

De plus, un outil Excel permit aux différents départements d'ingénierie de lister leurs besoins en termes de ressources et chaque employé des départements d'ingénierie dut y faire le suivi de ses heures travaillées.

3.1.4.6 Gestion des changements en cours de projet

Il fut très rare d'avoir à modifier les exigences en cours de projet car celles-ci furent développées conjointement avec le client. En effet, très souvent ce qui fut présenté pendant le PDR resta inchangé lors du CDR. La communication régulière entre les parties prenantes permit de limiter les risques de changement en cours de projet.

Cependant, il y eut des demandes de changement lors du PDR, par les clients insatisfaits de la solution présentée. Si les changements étaient mineurs et que le concept de la solution n'était pas influencé, les changements étaient pris en compte lors du CDR.

Par contre, si la solution devait être changée de façon substantielle ou si une exigence devait être ajoutée, la revue de design préliminaire était reconduite. L'échéancier et le budget allaient être révisés, et la nouvelle solution devait être validée. Il n'existait cependant pas de formulaires ou de marche à suivre qui traitaient de façon officielle les demandes de changement, la démarche employée étant à la guise de l'IPT niveau 3.

3.1.4.7 Problèmes soulevés dus à la méthode employée

L'indisponibilité d'outils permettant à l'IPT niveau 3 de gérer adéquatement les projets d'améliorations de produits lui compliquèrent la tâche. En effet, les outils de planification et de gestion de projets utilisés n'étant pas adaptés à la situation, le suivi de projets devint difficile, notamment lorsque l'IPT niveau 3 dut évaluer l'avancement du projet. L'utilisation de ces outils ne permit pas de repérer les problèmes rapidement lors du développement de la solution et ainsi prendre les mesures adéquates afin de rétablir la situation.

Un autre point problématique identifié fut la distinction entre le besoin du client et les exigences. De nombreux débats eurent lieu entre les parties prenantes de ces projets afin de clarifier ces deux termes, sans qu'une solution soit trouvée. La définition de ces deux termes apporta de la confusion au sein des projets et rendit la traduction du besoin du client difficile en termes d'exigences.

3.1.4.8 Facteurs de réussite du projet

Malgré le grand nombre de procédures et de règlementations à suivre dans le domaine aéronautique, le processus utilisé pour les projets d'amélioration de produits ne fut pas imposé. Il fut décidé par l'équipe d'adapter le processus utilisé pour le développement de produits et de le simplifier en 3 phases. Cela permit au groupe d'acquérir une certaine structure pour leurs projets, tout en laissant une grande place à la flexibilité. En effet, l'IPT niveau 3 put juger nécessaire ou non la tenue d'une revue de design détaillé, ou procéder de la manière qui lui sembla la plus appropriée.

3.1.4.9 Synthèse

Le projet D se déroula au sein de l'industrie aéronautique, et consista en l'amélioration de produits déjà sur le marché. Les projets ne comptaient que très peu d'exigences, qui ne subissaient que peu ou pas de changement en cours de projet. La méthode suivie pour le déroulement du projet était une version adaptée et simplifiée de la méthode utilisée par l'entreprise pour le développement de produits.

3.2 Synthèse des cas

Les études de cas présentées dans les sections précédentes nous montrent donc le déroulement des processus de gestion des exigences et de planification dans des entreprises œuvrant dans des secteurs distincts. Il s'avère de premier abord que ces processus n'ont pas la même importance selon l'entreprise et le type de projet. Même s'ils ne sont pas formellement établis dans certains, il n'en est pas moins qu'un lien existe entre eux. Cette section a donc permis d'identifier les enjeux de ces processus, les acteurs ainsi que les outils utilisés.

Le tableau 3.1 présente les principales informations pertinentes des cas à l'étude, en vue de comparaisons et discussions dans la section suivante. La section suivante apportera

des éclaircissements sur les liens entre les processus d'ingénierie des exigences, et discutera des facteurs influençant le choix de l'implantation de ces processus.

Tableau 3-1: Synthèse des principales informations issues des différents cas d'entreprises

	Critères	PROJET A	PROJET B	PROJET C	PROJET D
Contexte des projets	**Contexte de l'entreprise**	-Industrie du divertissement et du jeu vidéo	-Organisme représentant tout un secteur d'activité	-Industrie aéronautique	-Industrie aéronautique
	Type de projets étudiés	-Développement d'une application à intégrer dans les jeux vidéo	-Remplacement du système de gestion de la retraite	-Développements de simulateurs de vols pour le département militaire	-Projets d'amélioration de produits déjà sur le marché
	Produit final	-Application informatique intégrée aux jeux	-Système d'information	-Simulateurs de vol	-Nouvelle configurations d'un produit
	Type de clients	-Utilisateurs des jeux / hauts dirigeants agissant comme clients	-Client interne	-Clients externes	-Clients internes
	Organisation de l'équipe de projets	-Organisation hiérarchique	-Organisation hiérarchique	-Organisation matricielle	-Organisation hiérarchique / matricielle
	Définition de la date de livraison	-Définie par le client avant de commencer le projet	-Définie par le client avant de commencer le projet	-Défini dans le contrat par le client	-Évaluation avec le client de la date de livraison

	Initiation du projet	-Désir d'apporter des récompenses aux joueurs	-Désuétude de la plateforme du système de gestion de la retraite	-Demandes de la part des clients	-Demandes de la part des clients
Méthode de gestion de projets	**Méthode utilisée**	-Adaptation de la méthodologie agile *scrum*	-Adaptation de la méthodologie agile *scrum*	-Ingénierie des systèmes / *Scrum* pour le développement	-Adaptation du processus de développement de produit utilisé par l'entreprise
	Pourquoi cette méthode ?	-Amener un cadre à l'équipe, compte-tenu des courts délais	-Offre une grande visibilité de l'avancement du projet - Permet le découpage du projet en livraisons multiples -Courts délais du projet	- Ingénierie des systèmes : Environnement très réglementé -Agile : Augmenter la productivité de l'équipe de développement	-Amener un certain cadre de travail - Adapter une méthode déjà utilisée au sein de l'entreprise
	Historique de la méthode utilisée	1er projet pour l'équipe	1er projet pour l'équipe	Ingénierie des systèmes bien établie, *scrum* établie depuis 2 ans	Méthode bien établie depuis plusieurs années

Ingénierie des exigences	**Processus d'ingénierie des exigences**	Suit la méthodologie *scrum*	Suit la méthodologie *scrum*	Clairement défini et distinct du mode de gestion de projet	Pas de processus proprement dit, mais suit la méthode de gestion de projets
	Développement des exigences utilisateurs	Développées tout au long du projet	Développées tout au long du projet	Développées au début du projet et validées par les parties prenantes	Développées au début du projet
	Changements aux exigences	-par les hauts dirigeants, au niveau des exigences utilisateurs -par l'équipe de développement au niveau des tâches	-Pas de changements au niveau des exigences	-Doit suivre un processus formel si après la revue d'exigences -Peut être demandé par l'équipe technique ou le client -Au niveau des tâches, par l'équipe technique	-Très peu courants. -Demandés par le client
Outils	**Outils de gestion de projets utilisés**	-Jira pour la planification du développement	-TFS pour la planification du développement -MS Project pour la planification de projet	-MS Project pour la planification de projet -Jira la planification du développement	-Excel + MS Project pour la planification
	Outils de gestion des exigences utilisés	-Jira	-TFS	-Doors	-Pas de logiciels de gestion des exigences

3.3 Étude comparative des cas

Les sections précédentes ont permis de mettre en lumière les processus de gestion des exigences ainsi que le lien entre les exigences et la planification dans les différentes entreprises à l'étude. Afin de tirer un maximum d'informations des donnes recueillies, cette deuxième partie de l'analyse a pour objectif d'identifier les facteurs pouvant influencer le choix de l'implantation de tels processus. Dans un premier temps, les impacts de la méthode de gestion de projets sur les processus d'ingénierie des exigences et de planification seront sondés. Par la suite, l'influence du contexte des projets sur le choix de la méthode de gestion de projets utilisée sera examinée. Finalement, les tendances générales du lien entre les processus d'exigences et de planification seront exposées à la fin de cette section.

3.3.1 Influence du processus de développement des exigences sur la gestion des changements et le processus de planification

Les différents cas étudiés nous montrent qu'il existe deux façons bien différentes d'organiser le processus de développement des exigences. En effet, on peut distinguer deux grands modes d'ingénierie des exigences, soit :

- Les exigences utilisateurs sont déterminées et approuvées dès le début du projet
- Les exigences utilisateurs sont développées tout au long du projet.

Le processus de développement des exigences va également influencer les processus de gestion des changements aux exigences utilisateurs, ainsi que les processus de planification à mettre en place. En effet, si des changements surviennent en cours de projet, les processus de planification vont être quelque peu différents selon que les exigences utilisateurs soient validées dès le début du projet ou développées tout au long de celui-ci. Les processus de gestion de changements aux exigences utilisateurs et de planification dépendent donc du mode de développement des exigences.

En ce qui concerne les projets A et B, la méthode de gestion de projets utilisée (adaptation de *scrum*) permet de répondre rapidement aux changements en cours de projet. En effet, elle permet

au client d'incorporer des changements à chaque fin de *sprint*, grâce aux livraisons partielles et régulières du produit. Ainsi, à chaque nouveau *sprint*, il est possible de prendre en compte les changements qui ont été reportés lors du précédent au niveau des exigences utilisateurs.

La planification à 3 niveaux de la méthode *scrum* permet également de soutenir le processus de développement et de changements aux exigences utilisateurs. En effet, la planification en *sprints* permet d'intégrer les changements demandés par le client très rapidement au planning de développement. Les rencontres quotidiennes avec l'équipe permettent quant à elles de résoudre les problèmes techniques et d'amener rapidement des changements à la solution.

Pour les projets C et D, les exigences utilisateurs sont connues dès le début du projet. Cela implique un tout autre processus de changement au niveau de ces exigences. En effet, comme toutes les exigences ont été approuvées par les parties prenantes dès le début du projet, alors le moindre changement effectué à celles-ci doit être approuvé par celles-ci.

De plus, dans le cas du projet C qui possède plus de mille exigences, un changement à une exigence utilisateur va impliquer des changements à d'autres exigences, du fait des dépendances entre celles-ci. En effet, un changement à une exigence utilisateurs peut entraîner des modifications aux exigences systèmes qui lui sont reliées, de même que d'autres exigences utilisateurs. Si tel est le cas, un changement qui survient en cours de projet implique aux parties prenantes de renégocier les termes du contrat, au niveau des délais et des coûts engendrés, mais nécessite également un nouveau design de la solution. Généralement un changement aux exigences en cours de projet suscite une nouvelle planification et des modifications dans le design de la solution. Plus les changements surviennent tard dans le processus de développement, plus ceux-ci risquent d'être coûteux.

Ainsi, les différents cas d'entreprises ont permis d'établir que le processus de développement des exigences influençait le processus de gestion des changements aux exigences, du même que le mode de planification à mettre en place. La section suivante va maintenant évaluer le support que fournissent les différents logiciels choisis afin de soutenir ces processus dans les projets étudiés.

3.3.2 Analyse du choix des outils sur les processus de gestion des exigences et de planification

Tableau 3-2: Outils de gestion des exigences et de planification utilisés dans les projets étudiés

	Critères	PROJET A	PROJET B	PROJET C	PROJET D
Outils	**Outils de gestion de projets utilisés**	-Jira pour la planification du développement	-TFS pour la planification du développement -MS Project pour la planification de projet	-MS Project pour la planification de projet -Jira la planification du développement -Développement d'une passerelle entre Doors et Jira	-Excel + MS Project pour la planification
	Outils de gestion des exigences utilisés	-Jira	-TFS	-Doors	-Pas de logiciels de gestion des exigences

Les outils présentés dans le tableau précédent supportent la méthode de gestion de projet utilisée dans chaque projet, plus principalement les processus d'ingénierie des exigences et de planification. D'après ces informations, il est possible de différencier trois catégories de projets différentes, soit :

- Les projets ayant un seul logiciel combinant gestion de projet et gestion des exigences (Projet A)
- Les projets ayant des logiciels de planification et de gestion des exigences distincts (Projet B et C).
- Les projets n'ayant pas ou peu de supports informatique (Projet D).

Dans le cas du projet A, le logiciel Jira et est utilisé à la fois à des fins de planification et de gestion des exigences. En effet, cette application permet de soutenir la gestion de projets *scrum* en simplifiant la planification des *sprints* et le suivi des tâches pour l'équipe, tout en regroupant dans un même endroit les exigences, offrant une visibilité à toute l'équipe. Cet outil est complet et convient au fonctionnement de l'équipe.

Le projet B, quant à lui, utilise le logiciel Team Foundation Server (TFS), car c'est un logiciel directement intégré à l'environnement de développement du système de gestion de la retraite. De plus, les gestionnaires de projet utilisent le logiciel Microsoft Project afin d'effectuer la planification de haut niveau du projet, et tiennent à jour des feuilles de temps dans un fichier Excel afin de faire un suivi plus serré, avec des informations qui ne sont pas disponibles dans TFS.

Pour ce qui est du projet C, trois logiciels sont utilisés. La combinaison de l'ingénierie des systèmes pour la gestion de projets et de la méthode *scrum* pour le développement nécessite l'utilisation d'outils distincts. En effet, Microsoft Project est utilisé par les gestionnaires de projet pour la planification de haut niveau, soit les principaux livrables et les dates jalons importantes du projet impliquant le client. Doors, logiciel de gestion des exigences, contient toutes les exigences contenues dans le contrat approuvé par toutes les parties prenantes et constitue le référentiel en ce qui concerne les exigences tout au long du projet. Enfin, Jira est utilisé par les différentes équipes de développement, pour supporter la planification du développement. Chaque logiciel a donc des rôles distincts dans le projet, c'est pourquoi trois logiciels sont nécessaires pour supporter ces processus. Cependant, les informations contenues dans ces outils ne communiquent pas entre-elles, et cela amène quelques limites. En effet, il n'est pas possible de lier les exigences répertoriées dans Doors avec les exigences utilisateurs contenues dans Jira. La présence de cet élément simplifierait grandement le processus de vérification et de validation des exigences, car cela permettrait de s'assurer qu'aucune exigence de Doors n'a été oubliée lors du développement.

Le projet D étant de faible envergure et ne contenant que très peu d'exigences, l'utilisation d'un logiciel de gestion des exigences n'était pas nécessaire. Cependant, un document est créé pour chaque projet, et stocké dans une base de données contenant les exigences du projet. En ce qui

concerne la planification, un outil Excel est utilisé pour le suivi des heures effectuées par les ressources allouées au projet, et un fichier Microsoft Project est créé, contenant les trois dates jalons principales du projet.

Ainsi, dépendamment de l'envergure du projet, un ou plusieurs logiciels sont nécessaires pour supporter la planification de projets et la gestion des exigences. Dans une approche agile (projets A et B), les logiciels sont mieux adaptés car ils prennent en considération à la fois la planification du développement et la gestion des exigences, lorsque celles-ci sont développées tout au long du projet, mais ne sont pas toujours suffisant pour un suivi rigoureux du projet (projet B).

Dans des projets utilisant une méthode de gestion de projet plus traditionnelle (projets C et D), le nombre de logiciels va dépendre de la complexité. En effet, un projet ne possédant que peu d'exigences (projet D) n'aura besoin que de peu de support informatique, tandis qu'un projet complexe alliant l'ingénierie des systèmes et la méthode *scrum* pour le développement (projet C) nécessitera de nombreux logiciels. Les processus de planification et d'ingénierie des exigences sont donc supportés différemment selon la méthode de gestion de projet employée.

La section suivante présente l'influence de ces méthodes sur les processus d'ingénierie des exigences et de planification de projet.

3.3.3 Influence de la méthode de gestion de projets sur les processus d'ingénierie des exigences et de planification

Les sections précédentes ont présenté les relations entre les processus d'ingénierie des exigences et la planification de projets, du même que l'impact de la méthode de gestion de projets sur le choix des outils de support à ces processus. De ce fait, cette section va mettre en lumière les impacts du choix de la méthode de gestion de projets sur les processus d'ingénierie des exigences.

Les projets A et B suivent les principes de la méthode *scrum*, qui n'identifie pas de processus de gestion des exigences à proprement parler. Celui-ci est inclus dans les processus de gestion de projet et en fait partie intégrante. Cependant, il est possible d'en repérer les grandes lignes, soit

que les exigences sont développées tout au long du projet et évoluent en cours de projet. Un tel processus implique une planification à trois niveaux : projet, *sprint* et quotidienne. En effet, comme dans tout projet, la planification de projet (de haut niveau) est indispensable, car cela permet de déterminer l'avancement du projet dans son ensemble, et d'effectuer les ajustements nécessaires si besoin. La planification des *sprints* permet de répartir le travail en livraisons partielles régulières, généralement tous les 30 jours. La planification quotidienne permet de soulever les problèmes dès qu'ils surgissent, et donc de trouver une solution dans les plus brefs délais, sans pénaliser l'avancement du projet.

Pour le projet C, les exigences sont connues et développées conjointement avec le client dès le début du projet. Une fois validées par les parties prenantes, le projet peut alors démarrer. Les changements en cours de projet doivent respecter un processus formel, et ceux-ci doivent être approuvés par toutes les parties prenantes. Plus un changement intervient tard dans le développement, plus celui-ci va être coûteux. Le projet C utilise une planification à 3 niveaux (projet, *sprint*, hebdomadaire), de même que les projets A et B. Cependant, l'ingénierie des systèmes ne prend en compte que la planification de projet, en s'intéressant seulement aux livrables inscrits dans le contrat. La méthode *scrum* va quant à elle supporter les différentes équipes de développement en apportant un suivi quotidien et une planification de livrables partiels du projet répartis en *sprint*.

Le projet D ne contient que très peu d'exigences et celles-ci sont définies au début du projet. Elles sont une condition d'acceptation du projet et en sont sa raison d'être, car elles en prouvent la nécessité. Cela n'amène que peu ou pas de changement en cours de projet. La planification de projet reste au niveau du projet lui-même, compte-tenu de la faible envergure du projet, et ne s'intéresse qu'aux dates jalons définies, soit le PDR, CDR et le transfert à la production.

Le choix de la méthode de gestion de projets influe grandement sur les processus d'ingénierie des exigences et de planification, notamment en définissant le mode opératoire de ces processus. La section suivante va ainsi les critères influençant le choix de la méthode de gestion de projets choisie.

3.3.4 Influence du contexte des projets sur le choix de la méthode de gestion de projets

Le contexte dans lequel se déroule le projet occupe une place importante dans le choix de la méthode de gestion de projet. En effet, il existe plusieurs paramètres que les gestionnaires de projet doivent considérer afin de faire un choix éclairé sur la méthode à employer.

Le tableau 3.4 résume les principaux facteurs qui vont influencer le choix de cette méthode, selon les différents projets étudiés :

Tableau 3-3: Facteurs influençant le choix du cycle de développement

	Critères	PROJET A	PROJET B	PROJET C	PROJET D
Contexte des projets	**Contexte de l'entreprise**	-Industrie du divertissement et du jeu vidéo	-Organisme représentant tout un secteur d'activité	-Industrie aéronautique	-Industrie aéronautique
	Type de projets étudiés	-Développement d'une application à intégrer dans les jeux vidéo	-Remplacement du système de gestion de la retraite	-Développements de simulateurs de vols pour le département militaire	-Projets d'amélioration de produits déjà sur le marché
	Produit final	-Application informatique intégrée aux jeux	-Système d'information	-Simulateurs de vol	-Nouvelle configurations d'un produit
	Type de clients	-Utilisateurs des jeux / hauts dirigeants agissant comme clients	-Client interne	-Clients externes	-Clients internes
	Organisation de l'équipe de projets	-Organisation hiérarchique	-Organisation hiérarchique	-Organisation matricielle	-Organisation hiérarchique / matricielle
	Définition de la date de livraison	-Définie par le client avant de commencer le projet	-Définie par le client avant de commencer le projet	-Défini dans le contrat par le client	-Évaluation avec le client de la date de livraison

	Initiation du projet	-Apporter des récompenses aux joueurs	-Désuétude de la plateforme du système de gestion de la retraite	-Demandes de la part des clients	-Demandes de la part des clients
Méthode de gestion de projets	**Méthode utilisée**	-Méthodologie agile *scrum*	-Méthodologie agile *scrum*	-Ingénierie des systèmes / *Scrum* pour le développement	-Adaptation du processus de développement de produit utilisé par l'entreprise

D’après le tableau précédent, on constate qu’il existe plusieurs critères contextuels de l’entreprise qui peuvent avoir un impact sur le choix de la méthode à utiliser. De plus, chaque critère peut avoir un poids différent, selon l’importance qui lui est accordée par les décideurs.

En effet, dans le cas du projet A, le choix de la méthode de gestion de projet devait aller dans la même direction que l’orientation stratégique que l’entreprise désirait suivre, soit de favoriser la créativité des équipes de projet. Les méthodes agiles étant développées principalement pour aider à la créativité des développeurs, la méthode *scrum* a donc été logiquement adaptée au sein du projet A. De plus, le projet A fut développé à l’interne, et les clients du projet étaient issus de la haute direction de l’entreprise, cela permit la mise en place d’un mode de développement itératif tel la méthode *scrum*.

Pour le projet B, les facteurs présentés dans le tableau 3-3 n’avaient qu’une importance minime, même s’ils ne sont pas négligeables. Les courts délais de livraisons et l’expertise de l’équipe de gestion de projet ont favorisé grandement l’adaptation de la méthode *scrum* au sein de l’équipe de projet, car cela permettait de démarrer directement la production en évitant de rédiger un cahier des charges complet et d’aller en appel d’offre. De même que le projet A, le fait que le client soit à l’interne et que le projet soit développé à l’interne a permis l’adaptation d’une approche itérative telle que la méthode *scrum*.

Le projet C, d’une complexité élevée, se déroulant dans une industrie très règlementée, nécessite une méthode de gestion de projets rigoureuse, ayant des processus établis pour chaque étape du projet et laissant ainsi que peu de place à l’improvisation. C’est pourquoi la méthode d’ingénierie des systèmes a été préconisée. Cependant, pour faire face à la réalité et être compétitif en livrant ses produits aux clients dans des délais de plus en plus courts, l’intégration de la méthode *scrum* dans le processus de développement a pour but d’augmenter la productivité de l’équipe de développement.

Le projet D se déroule dans l’industrie aéronautique, tout comme le projet C, mais les critères influençant le choix de la méthode de gestion de projets à utiliser ne sont pas les mêmes. En effet, du fait du type de projet, qui consiste en l’amélioration de produits déjà existants, la complexité du projet est amoindrie. Un processus lourd n’est donc pas nécessaire. Cependant, pour amener une certaine structure au projet, un cadre minimal est essentiel. Les critères qui ont mené à

l’adaptation de la méthode de gestion déjà en place pour le développement de produits sont principalement de suivre l’orientation stratégique de l’entreprise.

Ainsi, en comparant les différents projets, on constate qu’il existe un certain nombre de critères qui peuvent être déterminants dans le choix de la méthode de gestion de projets à utiliser, notamment la taille et le type et la complexité du projet, ou encore le contexte de l’entreprise. Ces critères peuvent Cependant, l’importance qui leur est accordée individuellement va être déterminante dans le choix de la méthode. En effet, c’est généralement l’orientation stratégique que désire prendre l’entreprise qui va déterminer le poids que chaque facteur va prendre dans la décision. Ce qui explique les différentes méthodes mises en place dans les projets à l’étude.

3.3.5 Synthèse

Ce chapitre a permis tout d’abord de présenter les résultats d’analyses des entrevues effectuées au sein de quatre projets distincts. Dans un premier temps, les cas ont été analysés individuellement en présentant un portrait global des processus d’ingénierie des exigences et de planification, en présentant notamment les outils utilisés ainsi que les facteurs de réussite et les défis rencontrés.

Par la suite, une étude comparative a permis de mettre en lumière que le processus de développement des exigences influençait les processus de gestion des exigences, notamment ceux de changement. De plus, les processus de planification étaient aussi impactés par ce processus de développement des exigences.

Subséquemment, d’après les informations recueillies auprès des entreprises, il en ressort que ce processus de développement des exigences est quant à lui influencé par la méthode de gestion de projet choisie. En effet, celui-ci se déroule différemment, que l’on choisisse une méthode plus traditionnelle ou une méthode agile. De plus, le degré de complexité du projet et l’envergure de celui-ci ne va qu’en modifier le déroulement.

Enfin, les critères menant au choix de la méthode de gestion de projet à mettre en place ont été identifiés. La décision du choix demeure néanmoins en fonction de l’orientation stratégique que désire prendre l’entreprise, et c’est ce qui influencera le plus cette décision.

Ainsi, à partir des données récoltées dans différents projets, des tendances générales concernant les liens entre l'ingénierie des exigences et la planification de projets ont pu être identifiées. Les résultats découlant de l'analyse des données permettront par la suite de discuter des contributions de cette recherche dans le chapitre suivant. Bien que le contexte de l'entreprise et son orientation stratégique influence la décision de l'implantation de la méthode de gestion de projets, cette décision va également influencer les processus d'ingénierie des exigences

CHAPITRE 4 DISCUSSION

Cette recherche visait à approfondir la relation entre l'ingénierie des exigences et la planification de projets technologiques, sachant qu'il existe très peu de travaux à l'intersection entre ces deux notions. Plus spécifiquement, cette recherche visait à identifier en pratique, les processus, enjeux, acteurs et outils utilisés dans des projets réels, en vue de mener à l'identification des pratiques exemplaires et à l'identification des facteurs pouvant influencer le choix de l'implantation de tels processus. Ainsi, par le biais d'études de cas en entreprises, cette recherche a permis notamment de mettre en évidence qu'il existe deux types de projets distincts : les projets dont les exigences utilisateurs sont connues dès le début du projet et les projets dont les exigences utilisateurs sont développées tout au long de ceux-ci. Il n'existe donc pas de processus d'ingénierie des exigences unique qui peut convenir à ces deux types de projet. La planification de projet est influencée par les processus d'ingénierie des exigences, et dépend donc du mode de développement des exigences. De plus, cette recherche a permis de mettre en lumière que le contexte de projet venait directement influencer la méthode de gestion à mettre en place, qui elle-même va influencer les processus d'ingénierie des exigences et de planification de projets à mettre en place.

Ce chapitre vise à clore cette recherche en discutant des résultats des entrevues. Tout d'abord, les contributions théoriques au domaine de la recherche seront présentées, ainsi que les contributions pratiques. Par la suite, les limites de la recherche et les pistes futures de recherche seront également identifiées.

4.1 Contribution théorique

Cette recherche contribue principalement à la littérature en gestion de projet du fait qu'elle visait à augmenter les connaissances du lien entre l'ingénierie des exigences et la planification de projets dans les entreprises de haute technologie. En effet, grâce à cette recherche, une meilleure compréhension des relations entre les processus d'ingénierie des exigences et la planification de projet a été mise à jour. De même, les facteurs influençant la mise en place de tels processus ont été identifiés, à travers les données recueillies directement sur le terrain.

L'hypothèse de départ de la recherche était qu'il existe un processus formel entre l'ingénierie des exigences et la planification. La recherche a permis de dégager deux tendances distinctes qui ne se retrouvent pas dans la littérature, sachant que la plupart de la littérature sur l'ingénierie des exigences provient de l'ingénierie des systèmes, qui préconise que les exigences utilisateurs soient connues dès le début du projet. L'ingénierie des exigences est plus complexe que ce qui était décrit dans la littérature, car les processus à mettre en place dépendent notamment du contexte des entreprises, du type de projets, ou encore des outils disponibles.

Cette recherche contribue également sur le plan théorique dans la mesure où les résultats permettent d'alimenter les réflexions qui se font respectivement dans les problématiques d'ingénierie des exigences et de gestion de projet, mais aussi dans la combinaison de celles-ci. Cette recherche permet de mieux comprendre les liens possibles entre ces deux vecteurs de recherche.

4.2 Contribution pratique

Cette recherche a permis de mettre en évidence l'influence du processus de développement des exigences sur la planification de projet. Grâce aux études de cas effectuées, il a été possible de mettre en relief les facteurs influençant le lien entre les processus d'ingénierie des exigences et de planification de projet. Le flou identifié dans les travaux de recherche existants se veut un peu mieux éclairci.

Dans la pratique, le développement des exigences va guider les processus à mettre en place au niveau de la gestion des exigences et de la planification de projets. L'implantation de la méthode de gestion de projet et des processus d'ingénierie des exigences va dépendre du mode de développement des exigences, de même que les processus de planification à mettre en place.

La présente recherche a permis de révéler que l'importance du processus d'ingénierie des exigences n'est pas toujours prise en considération par la haute direction dans les entreprises. En effet, les décideurs ont tendance à se soucier de la méthode de gestion de projet à employer, sans s'attarder sur les processus d'ingénierie des exigences, même si ceux-ci y sont directement reliés. Le contexte du projet et de l'entreprise vont donc grandement influencer ces processus. Les

approches de développement (en cascades, itératives, en V…) à mettre en place dans les projets vont être influencées principalement par le contexte de l'entreprise, mais aussi par la taille, le type et la complexité des projets, ainsi que les parties prenantes. Ces différents cycles de développement Ainsi, avant de déterminer quel cycle de développement serait le plus approprié pour un projet, il est nécessaire de prendre en considération les paramètres énoncés précédemment afin d'effectuer un choix éclairé.

Cette recherche a donc permis d'en apprendre davantage sur le déroulement des processus d'ingénierie des exigences dans l'industrie et l'impact de celui-ci sur la planification de projet. De plus, le contexte du projet et de l'entreprise constituent des facteurs déterminants dans le choix du mode de développement à utiliser pour le projet.

Ainsi, au niveau pratique, la cartographie de ces processus fournit une bonne vue d'ensemble des activités, des livrables et des acteurs impliqués dans ces processus, dépendamment du mode de développement des exigences. La zone grise entre « exigences » et « projet » a donc été quelque peu éclaircie.

4.3 Limites de la recherche

Cette recherche comporte certaines limites qu'il est primordial de soulever.

En premier lieu, l'échantillon de cette recherche s'est limité à quatre projets. Un nombre plus important d'études de cas permettrait d'augmenter la validité des résultats obtenus et de mieux cerner les facteurs influençant l'implantation des processus d'ingénierie des exigences et de planification. En effet, la recherche pourrait se poursuivre auprès d'un plus grand nombre d'entreprises, permettant ainsi de consolider la validité des conclusions.

Deuxièmement, la recherche est pluri-industrielle. L'analyse des données recueillies est donc d'ordre général et ne concerne pas une industrie en particulier. La recherche pourrait cependant être reproduite au sein d'entreprises d'une même industrie, permettant de comparer des caractéristiques qui lui sont propres.

Enfin, l'objectif de la recherche visait initialement un portrait d'ensemble du lien entre les exigences et la planification de projet, puis visait à identifier les pratiques exemplaires.

Cependant, les comparaisons entre les entreprises furent limitées, du fait que le contexte et la nature des projets varient d'un projet à l'autre. Les comparaisons effectuées ne permettaient donc pas d'identifier les meilleures pratiques. Une recherche mono-industrielle permettrait cependant de remédier à la situation.

4.4 Avenues de recherche

La réalisation de ce mémoire a permis de constater que d'autres recherches sont nécessaires pour maîtriser la relation entre les processus d'ingénierie des exigences et de planification de projet. La revue de littérature ainsi que les résultats des études de cas ont permis de constater que ce lien est complexe et que de nombreux facteurs rentrent en jeu. Cette section s'articule autour de quatre axes principaux, soit : les processus, les acteurs, les outils et le contexte de projets.

Afin de compléter les résultats de cette recherche, il serait intéressant de procéder à une validation des résultats d'analyse en effectuant de nouvelles études de cas. Cela pourrait également amener à identifier de nouveaux facteurs influençant la relation entre les processus de gestion des exigences et de planification.

D'un autre côté, il apparaît aussi pertinent de se concentrer sur des industries spécifiques, telles l'aéronautique ou le développement de logiciels,, afin d'identifier les pratiques exemplaires en comparant les processus mis en place d'une entreprise à l'autre. Cela permettrait de développer un modèle de bon fonctionnement pour une industrie particulière en identifiant les processus d'ingénierie des exigences et de planification les mieux adaptés à l'industrie ciblée. De plus, cela permettrait par la suite d'identifier ou de développer les outils appropriés pour supporter adéquatement ces processus.

Dans un autre ordre d'idée, cette recherche a permis d'établir qu'il existe actuellement un manque dans l'industrie au niveau des logiciels facilitant la gestion des exigences et la planification de projets, car ceux disponibles ne semblent pas complets et nécessitent l'utilisation de plusieurs logiciels. Il apparaît donc judicieux d'évaluer la possibilité de créer une application permettant d'effectuer à la fois la gestion des exigences et la planification de projets, sans toutefois avoir besoin d'utiliser des supports informatiques externes.

Pour élargir la problématique, il serait également intéressant de s’intéresser au lien entre les processus d’ingénierie des exigences et les facteurs de succès ou d’échecs d’un projet. Comme le souligne la revue de littérature, des études ont démontré que ces processus occupaient une place importante dans le succès ou l’échec des projets, il serait ainsi judicieux d’en savoir les causes.

De plus, il serait pertinent d’analyser dans quelle mesure le contexte des projets vient influencer la mise en place des processus d’ingénierie des exigences. Plus précisément, on pourrait s’intéresser aux acteurs et à la prise de décision menant à l’établissement des processus d’ingénierie des exigences et de planification au sein d’une équipe de projet.

CONCLUSION

Cette recherche avait pour but d'analyser la relation entre l'ingénierie des exigences et la planification, dans le contexte de projets technologiques, compte-tenu du manque de connaissance issu de la littérature actuelle et de l'impact de ces processus en entreprises. Pour ce faire, cette recherche a bénéficié d'une collectée d'informations directement issues de l'industrie, en effectuant quatre études de cas au sein d'entreprises montréalaises.

Ces études de cas ont permis dans un premier temps de cartographier les processus d'ingénierie des exigences établis dans chacun des projets à l'étude, notamment en s'intéressant aux acteurs, aux activités, ainsi qu'aux logiciels utilisés et principaux livrables du projet.

Par la suite, le lien entre la planification de projets et l'ingénierie des exigences a été mis en évidence au sein de chaque projet, afin d'en apprendre davantage sur le mode de fonctionnement de chaque projet. Les problèmes reportés dans chaque projet, ainsi que les principaux facteurs de réussite ont ensuite été passés en revue.

Une analyse comparative a enfin été effectuée, dans le but de faire ressortir les principaux facteurs influençant l'implantation de tels processus dans une équipe de projet. Cette analyse a ainsi fait ressortir que le processus de développement des exigences influençait directement le processus de gestion des exigences et de planification de projets. De plus, il a été établi que la méthode de gestion de projet choisie impactait directement le processus de développement des exigences. Le choix de la méthode de gestion de projet dépend grandement du contexte de l'entreprise ou du projet, et revient généralement aux hauts dirigeants de l'entreprise qui décident de l'orientation stratégique à prendre.

Ainsi, le contexte de l'entreprise et l'orientation stratégique vont directement influencer les processus d'ingénierie des exigences, et par conséquent, sa relation avec la planification de projet.

BIBLIOGRAPHIE

[1] IEEE, "IEEE Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process," 2005. IEEE Xplore, [Consulté le 7 février 2010].

[2] AFIS, "Glossaire de base de l'ingénierie des systèmes," 2004. Disponible: http://www.afis.fr/nav/gt/is/doc/Glossaire_Base-V1-2.pdf. [Consulté le 14 décembre 2009].

[3] IEEE, "Standard Glossary of Software Engineering Terminology," 1990. IEEE Xplore, http://standards.ieee.org/reading/ieee/std_public/description/se/610.12-1990_desc.html. [Consulté le 9 août 2010].

[4] IEEE, "Guide for developping system requirements specifications," 1998. IEEE Xplore, [Consulté le 9 mars 2010].

[5] A. M. Davis, *Software requirements, analysis and specification*, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1990.

[6] H. Jonasson, *Determining project requirements*, Boca Raton: Auerbach Publications, 2008. Disponible: http://www.books24x7.com/marc.asp?bookid=26418 [Consulté le 1er décembre 2009].

[7] International Institute of Business Analysis, *A Guide to the Business Analysis Body Of Knowledge*, 2009. Disponible: http://download.theiiba.org/files/BOKV1_6.pdf. [Consulté le 7 septembre 2010].

[8] E. Hull, K. Jackson, et D. Jeremy, *Requirements engineering*, 2e éd., London: Springer, 2005.

[9] K. Wiegers, *Software Requirements*, 2e éd., Redmond: Microsoft Press, 2003.

[10] C. Hood, *Requirements management*, London: Springer, 2008.

[11] A. Kannenberg et H. Saiedian, "Why software requirements traceability remains a challenge," *CrossTalk*, vol. 22, no. 7-8, pp. 14-19, 2009.

[12] M. Daneva et R. Wieringa, "Requirements engineering for cross-organizational ERP implementation undocumented assumptions and potential mismatches," in *13th IEEE International Conference on Requirements Engineering, Los Alamitos*, 2005, pp. 63-72.

[13] C. Rolland et N. Prakash, "Matching ERP system functionality to customer requirements," in *Fifth IEEE International Symposium on Requirements Engineering, Los Alamitos*, 2000, pp. 66-75. http://dx.doi.org/10.1109/ISRE.2001.948545 [Consulté le 8 décembre 2009].

[14] J. A. Gulla et T. Brasethvik, "On the challenges of business modeling in large-scale reengineering projects," in *Fourth International Conference on Requirements Engineering, Schaumburg*, 2000, pp. 17-26.

[15] Project Management Institute, *A Guide to Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*, 4e éd., Newtown Square, PA: PMI Publications, 2008.

[16] R. Wysocki, *Effective Project Management: Traditional, Agile, Extreme*, 5e éd., Indianapolis: Wiley Publishing Inc., 2009.

[17] A. Kossiakoff, *Systems engineering: Principles and practice*, Hoboken: Wiley-Interscience, 2003.

[18] B. Blanchard, *Systems engineering management*, 3e éd., New Jersey: Wiley - Interscience, 2004.

[19] W. J. Lloyd, M. B. Rosson, et J. D. Arthur, "Effectiveness of elicitation techniques in distributed requirements engineering," in *IEEE Joint International Conference on Requirements Engineering, 9-13 Sept. 2002, Los Alamitos*, 2002, pp. 311-18. http://dx.doi.org/10.1109/ICRE.2002.1048544. [Consulté le 8 décembre 2009].

[20] B. Boehm, M. Abi-Antoun, D. Port, J. Kwan, et A. Lynch, "Requirements engineering, expectations management, and the two cultures," in *IEEE International Conference on Requirements Engineering, Limerick*, 1999, pp. 14-22.

[21] A. Kelly, *Changing software development: Learning to become agile*, Wiley Publishing Inc., 2008. Disponible: http://common.books24x7.com/book/id_24285/book.asp. [Consulté le 7 septembre 2010].

[22] S. Ambler, *Agile modeling: effective practices for extreme programming and the unified process*, New-York: Wiley-Interscience, 2002.

[23] R. Turner, "Toward Agile systems engineering processes," *CrossTalk*, vol. 20, pp. 11-15, 2007.

[24] S. H. VanderLeest et A. Buter, "Escape the waterfall: Agile for aerospace," in *28th Digital Avionics Systems Conference: Modernization of Avionics and ATM-Perspectives from the Air and Ground, Orlando*, 2009, pp. 6.D.31-6.D.316. http://dx.doi.org/10.1109/DASC.2009.5347438. [Consulté le 12 mars 2010].

[25] R. Gelbard, N. Pliskin, et I. Spiegler, "Integrating system analysis and project management tools," *International Journal of Project Management*, vol. 20, pp. 461-468, 2002.

[26] J. S. Reel, "Critical success factors in software projects," *IEEE Software*, vol. 16, pp. 18-23, 1999.

[27] J. Helming, M. Koegel, et H. Naughton, "Towards traceability from project management to system models," in *2009 ICSE Workshop on Traceability in Emerging Forms of Software Engineering*

Vancouver, 2009, pp. 11-15. http://dx.doi.org/10.1109/TEFSE.2009.5069576. [Consulté le 12 mars 2010].

[28] K. Kautz, "Making sense of measurement for small organizations," *IEEE Software*, vol. 16, pp. 14-20, 1999.

[29] L. Gong, T. Klinger, P. Matchen, P. Tarr, R. Uceda-Sosa, A. Ying, J. Xu, et X. Zhou, "Integrated solution engineering," in *21st Annual ACM SIGPLAN Conference on Object-oriented Programming Systems, Languages, and Applications, Portland*, 2006, pp. 726-727. http://dx.doi.org/10.1145/1176617.1176695. [Consulté le 12 mars 2010].

[30] IBM, "IBM Rational Requisite Pro Help, Integration with Microsoft project," 2009. Disponible: http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/reqpro/v7r1m0/index.jsp?topic=/com.ibm.reqpro.help/integ/ms_project_integ/t_integ_ms_proj.html.

[31] IBM, "IBM-Doors." Disponible: http://www-142.ibm.com/software/products/ca/fr/ratidoor/. [Consulté le 8 mars 2010].

[32] Atlassian, "Jira: Issue and Project Tracking," Disponible: http://jira.atlassian.com/browse/JRA-10425. [Consulté le 6 juin 2010].

[33] Microsoft, "Team Foundation Server." Disponible: http://msdn.microsoft.com/en-us/vstudio/ff637362.aspx. [Consulté le 2 décembre 2009].

[34] Sparx, "Sparx Systems: Enterprise Architect." Disponible: http://www.sparxsystems.com.au/products/mdg/link/doors/index.html. [Consulté le 4 juin 2010].

[35] M. Lormans, H. G. Gross, A. v. Deursen, R. v. Solingen, et A. Stehouwer, "Monitoring requirements coverage using reconstructed views: an industrial case study," in *13th Working Conference on Reverse Engineering, Los Alamitos*, 2006, pp. 10.

[36] M. Saunders, *Research methods for business students*, 5e éd., Edinburgh gate: Pearson Education Limited, 2009.

[37] R. Yin, *Case study research: design ang methods*, 3e éd., Thousand Oaks: Sage Publications Inc., 2003.

ANNEXE 1 – Document de présentation du projet aux entreprises

ÉCOLE POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

PROJET DE RECHERCHE

« Analyse de la conversion des exigences à la planification des exigences dans un contexte de développement de produits »

Équipe de recherche :

Mario Bourgault, Ph.D., professeur titulaire

mario.bourgault@polymtl.ca

(514) 340-4711, poste 5956

Robin Lagravière, candidat à la maîtrise

robin.lagraviere@polymtl.ca

(514) 340-4711, poste 5983

Le 1er octobre 2009

Objectifs de la recherche :

L'objectif de cette recherche est de comprendre le lien qui existe, ou qui devrait exister, entre la gestion des exigences et la planification de projets. Plus spécifiquement, la recherche vise à :

- Dresser le portrait de l'existant: identifier les enjeux de ce processus, les acteurs ainsi que les outils utilisés.
- Identifier les pratiques exemplaires: répertorier les processus, méthodes et outils les plus appropriés.
- Identifier les facteurs contextuels pouvant influencer le choix et l'implantation de ce processus.
- Formuler des propositions visant à une amélioration de ce processus.

Bénéfices de la recherche :

En participant à cette recherche, votre entreprise en retirera des effets tangibles, notamment :

- Dresser un portrait de ce processus au sein de l'organisation
- Identifier les points forts et les points faibles
- Avoir accès au rapport mettant en valeur les pratiques exemplaires de ce processus telles qu'identifiées dans l'ensemble des entreprises participantes

Méthodologie de la recherche :

La collecte de données se fait par le biais d'entrevues (questionnaire semi-structuré) et d'observations in-situ (analyse de la documentation internes, outils…).

Les entrevues seront d'une durée approximative de 60 minutes et se feront auprès de professionnels directement impliqués dans ce processus (planificateurs, ingénieurs, gestionnaires…). La façon de faire les observations in-situ sera définie au cas par cas.

Calendrier de la recherche :

- La période prévue pour la cueillette de données se déroule entre les mois d'octobre et décembre 2009.
- La rédaction du rapport de projet devrait être achevée d'ici le mois de mai 2010.

Conformément au certificat de conformité éthique octroyé par l'École Polytechnique de Montréal, les chercheurs s'engagent à préserver la confidentialité de toute information reçue auprès des participants, que ce soit par le biais de discussions, questionnaires, lectures de documents internes ou par tout autre moyen (Certificat no. CÉR-08/09-21)

Nous espérons que ce projet de recherche puisse susciter l'intérêt de votre entreprise. Au besoin, certains aspects du projet pourront être explicités et discutés avec vous. Les modalités du projet devront également être discutées et convenues entre les différentes personnes impliquées.

Nous sollicitons donc votre appui pour la mise en valeur de ce projet de recherche.

ANNEXE 2 – Guide d’entrevue

Procédure d'entrevue

Un tel guide ne peut couvrir toutes les situations. Celui-ci devra donc être adapté selon le contexte de l'entreprise et la situation rencontrée.

L'entretien se déroulera comme suit :

- Présentation de courtoisie
- Présentation des objectifs de la recherche et de l'entrevue.
- Signature des formulaires et documents officiels (confidentialité).

Dès que le tout aura été compris et signé, les questions suivantes seront posées (l'ordre des questions peut varier) :

QUESTIONS POSÉES
Questions d'ordre général
1. Quel est votre poste au sein de l'entreprise?
2. Quel est votre rôle sur les projets ?
3. Sur quels types de projets travaillez-vous ?
Volet exigences
4. Prenez-vous part au processus de gestion des exigences ?
5. Si oui, comment celui-ci se déroule-t-il ? - Qui en sont les acteurs ? - Quelle est votre tâche ? -
6. Cette procédure est-elle documentée ?
7. Est-ce la même dans tous les projets ?
8. Que faites-vous des exigences une fois définies ? - Comment sont-elles traitées ? - A qui sont-elles transférées ? - Est-ce deux équipes distinctes ? - Avez-vous des interactions avec ces personnes avant le transfert des exigences ? - La communication est-elle unidirectionnelle ou bidirectionnelle ?
9. Les changements sur les exigences sont-ils fréquents en cours de projet ?
10. Si oui, quelle en est la principale cause ?
11. Comment ces changements sont pris en compte dans la planification ?
12. A qui ces changements sont-ils communiqués au niveau de la planification ?
13. Pourquoi utilisez-vous cette procédure en particulier?
14. Rencontrez-vous des problèmes ou des blocages ? - Si oui, sont-ils récurrents dans chaque projet ?

15. Pensez-vous que le processus de transfert des exigences à la planification pourrait-être amélioré ? - Si oui, comment ?
16. Utilisez-vous un logiciel facilitant la gestion des exigences ?
Volet planification
17. Quels sont les principaux participants au processus de planification ?
18. Quel est votre tâche lors de ce processus ?
19. Pouvez-vous m'expliquer le déroulement du processus de planification d'un projet ? - Y a-t-il une planification préliminaire avant d'avoir défini les exigences ? - Qui l'établit et sur quelles bases ?
20. Une fois les exigences définies, comment sont-elles prises en compte pour la planification ?
21. Comment le lien se fait-il entre les exigences et la planification ?
22. Comment s'effectue la prise de décision ? - Qui ?
23. Y a-t-il un responsable de ce processus ?
24. Est-ce toujours la même procédure d'un projet à l'autre ?
25. Cette procédure est-elle documentée ?
26. Comment gérez-vous les changements apportés aux exigences ?
27. Quelles sont les difficultés rencontrées ?
28. Êtes-vous satisfait de ce processus ?
29. Quels sont les problèmes rencontrés ?
30. Comment y remédiez-vous ?
31. Auriez-vous des améliorations à y apporter ?
32. Comment y remédiez-vous ?
33. Utilisez-vous des outils afin de vous faciliter la tâche de planification ?
34. Existe-t-il un lien entre les logiciels de gestion de projet et de planification ?
35. Comment celui-ci se fait-il ?
36. Avez-vous autre chose à rajouter, un conseil à donner?

À la fin de l'entretien, le répondant sera informé des communications futures pour:

a) la deuxième partie de l'entrevue (si applicable).
b) lui montrer le produit fini pour approbation.

ANNEXE 3 – Formulaire d'information et de consentement

ÉCOLE POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

Ayant été approché pour participer au projet de recherche décrit dans ce formulaire de consentement, veuillez lire attentivement le texte qui suit. N'hésitez pas à poser toutes les questions qui vous viennent à l'esprit au chercheur qui vous a remis le présent formulaire, avant de prendre votre décision de participer à la présente étude. Si vous acceptez de participer au projet de recherche, ce chercheur conservera le formulaire que vous aurez signé et il vous en remettra une copie.

Titre de la recherche

Analyse de la conversion des exigences à la planification de projets dans un contexte de développement de produits.

Identification du ou des membre(s) de l'équipe de recherche

Chercheur principal : Robin Lagravière; étudiant à la M.Sc. en Gestion de projets technologiques; 514-340-4711 poste 5983; robin.lagraviere@polymtl.ca
Directeur de recherche: Mario Bourgault; professeur titulaire; 514-340-4711 poste 5956; mario.bourgault@polymtl.ca

Brève description du projet de recherche

L'étude à laquelle vous avez été invité(e) à participer vise à comprendre le lien entre la gestion des exigences et la planification de projets dans un contexte de développement de produits. Dans un premier temps, le but est d'identifier les enjeux de ce processus, ainsi que les acteurs et les outils utilisés. Ceci permettra d'identifier les pratiques exemplaires ainsi que les facteurs contextuels pouvant influencer le choix de l'implantation de ce processus.

Les résultats permettront la rédaction d'un mémoire de M.Sc. et la publication éventuelle d'un ou plusieurs articles de recherche. Le nombre total de participants à cette étude sera de 12 sur une période de 3 mois.

Nature et durée de votre participation au projet de recherche

Dans le cadre de la présente étude, vous êtes invité(e) à participer à une entrevue d'une durée d'environ 60 minutes qui se déroulera sur votre lieu de travail, entre les mois d'octobre et décembre 2009. Cette entrevue pourra être enregistrée avec votre accord.

Pour participer à cette étude, vous devez respecter les critères suivants :

- Homme ou femme de 18 ans et plus.
- Professionnel(le) ayant un lien avec la gestion des exigences et la planification de projets (planificateurs, ingénieurs, gestionnaires…)

Vous ne pouvez pas participer à cette étude si vous ne respectez pas les critères précédents.

Avantages pouvant découler de votre participation au projet de recherche

En participant à cette recherche, vous pourrez en retirer des effets tangibles, notamment :

- Dresser un portrait de ce processus au sein de l'organisation
- Identifier les points forts et les points faibles
- Avoir accès au rapport mettant en valeur les pratiques exemplaires de ce processus telles qu'identifiées dans l'ensemble des entreprises participantes

Inconvénients pouvant découler de votre participation au projet de recherche

Lors de votre participation à cette entrevue, vous pourriez ne pas être disponible pour satisfaire aux exigences de votre emploi du temps professionnel. Dans l'éventualité ou l'entrevue ne pourrait se dérouler en une fois, le chercheur pourrait solliciter votre participation à une seconde entrevue.

Refus ou retrait de votre participation au projet de recherche

Il est entendu que votre participation au projet de recherche est tout à fait volontaire, et que vous restez libre à tout moment de mettre fin à celle-ci sans avoir ni à motiver votre décision ni à subir de préjudice de quelque nature que ce soit.

Arrêt du projet de recherche par le chercheur

Le chercheur responsable de l'étude peut mettre fin à votre participation, sans votre consentement, pour les raisons suivantes :

- Si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche
- S'il existe des raisons administratives d'abandonner l'étude.

Confidentialité

Soyez assuré(e) que toutes les informations recueillies dans le cadre de la présente étude seront traitées de façon confidentielle. Ainsi, toutes les personnes pouvant avoir accès à cette information auront signé un engagement de confidentialité.

Le chercheur responsable utilisera les données du projet de recherche à des fins de recherche dans le but de répondre aux objectifs scientifiques du projet de recherche décrits dans le formulaire d'information et de consentement. Les enregistrements des entrevues et les renseignements fournis seront détruits sept ans après la fin du projet de recherche.

Les données du projet de recherche pourront être publiées dans des revues scientifiques ou partagées avec d'autres personnes lors de discussions scientifiques. Aucune publication ou communication scientifique ne renfermera quelque information que ce soit qui puisse permettre de vous identifier.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

Accès aux chercheurs

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche, vous pouvez communiquer avec le chercheur responsable de l'étude, soit :
Robin Lagravière; 514-340-4711 poste 5983; robin.lagraviere@polymtl.ca

En cas de plaintes

Pour tout problème concernant votre participation à ce projet, vous pouvez contacter le président du comité d'Éthique de la recherche au (514) 340-4711 poste 4567 ou par courriel : bernard.lapierre@polymtl.ca

Information sur la surveillance éthique

Le Comité d'Éthique de la Recherche de l'École Polytechnique de Montréal a approuvé ce projet de recherche et s'assure du respect des règles éthiques durant tout le déroulement de la recherche. Pour toute information, vous pouvez joindre le secrétariat du Comité au numéro : (514) 340-4990.

Consentement du participant

Je déclare avoir lu le présent formulaire de consentement, particulièrement quant à la nature de ma participation au projet de recherche et l'étendue des risques qui en découlent. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à toutes mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Je consens librement et volontairement à participer à ce projet. On me remettra une copie signée de ce présent formulaire.

Nom du participant à l'entrevue : _____

Signature du participant : _____

Déclaration du chercheur

Je, soussigné(e) _____, certifie:

Avoir expliqué au signataire intéressé les termes du présent formulaire, avoir répondu aux questions qu'il m'a posées à cet égard, avoir clairement indiqué qu'il reste à tout moment libre

de mettre un terme à sa participation au projet de recherche décrit ci-dessus. Je lui remettrai une copie signée du présent formulaire de consentement.

Nom du chercheur : _____

Signature du chercheur : _____

Fait à _____, le _____.