POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Le retour d'expérience par l'intermédiaire des concepts de l'Industrie 4.0 en gestion de projets

ARISTIDE BLED

Département de mathématiques et de génie industriel

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

Génie industriel

Mai 2019

© Aristide Bled, 2019.

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Ce mémoire intitulé :

Le retour d'expérience par l'intermédiaire des concepts de l'Industrie 4.0 en gestion de projets

présenté par **Aristide BLED**

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

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

Benoît ROBERT, président

Mario BOURGAULT, membre et directeur de recherche

Robert PELLERIN, membre et codirecteur de recherche

Christophe DANJOU, membre et codirecteur de recherche

Amine CHAABANE, membre

REMERCIEMENTS

Ce travail de recherche n'aurait pas été possible sans l'aide et le soutien de certaines personnes. Et je tiens donc à remercier toutes ces personnes.

J'adresse mes premiers remerciements à mes directeurs de recherche, les professeurs Mario BOURGAULT, Christophe DANJOU et Robert PELLERIN. Je remercie particulièrement Mario BOURGAULT pour m'avoir accepté au sein de la chaire industrielle de recherche Pomerleau sur l'innovation et la gouvernance des projets de construction et pour le soutien financier tout au long de la maîtrise. Les conseils et l'expérience des professeurs ont été cruciaux pour mener à bien ce projet et notamment avec l'équipe de recherche.

Je remercie justement toute l'équipe de recherche créée spécialement pour le projet de recherche sur la construction 4.0. En particulier, je témoigne toute ma gratitude à Nolwenn COUSIN pour m'avoir supporté pendant toute la maîtrise et Thibaut ROLAND pour les brainstormings productifs. Merci aussi à Nathalie PERRIER pour ces précieux conseils.

J'adresse aussi des remerciements aux différents acteurs de l'entreprise partenaire pour leur engagement pour ce projet et en particulier Etienne pour sa motivation et son intérêt.

Un grand merci aussi à mes amis qui ont su m'encourager pendant ces 2 dernières années, Laure, Louis et Chloé notamment. Un merci tout particulier à Mathilde.

Je finis par remercier ma famille qui a su me supporter depuis la France et dont le soutien est plus que nécessaire.

RÉSUMÉ

L'industrie 4.0 et les concepts qui s'y rattachent constituent des opportunités d'amélioration pour nombre de processus organisationnels. Dans le secteur de la construction, cette quatrième révolution industrielle n'est pas encore totalement amorcée. Le processus de Retour d'EXpérience (REX) représente un défi pour les industriels de la construction, car il vise à capitaliser sur les projets passés pour améliorer les pratiques. L'industrie 4.0 pourrait être une réponse à ce besoin d'amélioration du REX.

D'après la revue de littérature sur la question des retours d'expérience en général, soit de la transmission de leçons apprises dans un contexte de projet et notamment dans le secteur de la construction, les méthodes actuelles ne formulent que des solutions générales pas adaptées spécifiquement pour une entreprise. Ainsi dans ce mémoire, l'analyse débute par les besoins issus d'entretiens semi-structurés chez notre partenaire, une entreprise de gérance de construction, et en analysant leurs processus de gestion de projets. L'objectif est de construire une méthodologie de construction de leurs retours d'expérience à partir des solutions issues de la Construction 4.0. L'approche classique sur le REX est donc abordée au regard des besoins et de l'objectif que le partenaire veut donner à son processus de REX. Une méthodologie permettant de transposer les données informelles en un nombre fini de données formelles est proposée pour permettre par la suite un alignement entre les besoins exprimés de REX et des outils 4.0. Cette première méthode permet de standardiser les données nécessaires et de les rendre exploitables par des technologies du 4.0. Un modèle d'alignement des besoins organisationnels avec le 4.0 est donc abordé par la suite pour lier besoins et outils, le besoin étant l'initiateur. Enfin des recommandations sur la marche à suivre pour appliquer concrètement un processus de REX systématique et utilisant des outils 4.0 à des fins d'automatisation permettent d'établir que des étapes de recherche supplémentaire sont requises pour atteindre le niveau d'automatisation visé par le 4.0.

ABSTRACT

Industry 4.0 and related concepts provide opportunities for improvement for many organizational processes. In the construction sector, this fourth industrial revolution has not yet fully emerged. The feedback process (REX) represents a challenge for construction companies because it aims to capitalize on past projects to improve practices. Industry 4.0 could be a response to this need for improved REX.

According to the literature review on the question of feedback in general and therefore the transmission of lessons learned in a project context and in particular in the construction sector, current methods only formulate general solutions that are not specifically adapted for a company. Thus, in this thesis, the analysis begins with the needs resulting from semi-structured interviews with our partner, a construction management company, and by analyzing their project management processes. The objective is to build a methodology for developing their feedback based on the solutions from Construction 4.0.

The classic approach to REX is therefore addressed here by the needs and objective that the partner wants to give to its REX process. A methodology to translate informal data into a finite number of formal data is proposed to allow subsequent alignment between the expressed needs of REX and Tools 4.0. This first method makes it possible to standardize the necessary data and make them usable by 4.0 technologies. A model for aligning organizational needs with 4.0 is thus discussed to link needs and tools, the need being the initiator. Finally, recommendations on how to concretely apply a systematic REX process using tools 4.0 for automation purposes establish that additional research steps are required to achieve the level of automation targeted by 4.0.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS III

RÉSUMÉ IV

ABSTRACT V

TABLE DES MATIÈRES VI

LISTE DES TABLEAUX VIII

LISTE DES FIGURES IX

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS X

LISTE DES ANNEXES XI

CHAPITRE 1 INTRODUCTION 1

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE 4

2.1 Industrie 4.0 et Construction 4.0 4

2.2 Stratégies de recherche de documentations 5

2.3 Contexte général du retour d'expérience 6

2.4 Analyse de la littérature 7

2.5 Analyse critique 17

2.6 Conclusion 18

CHAPITRE 3 PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE 20

3.1 Objectifs de recherche 20

3.2 Méthodologie de recherche 20

CHAPITRE 4 ANALYSE DE L'EXISTANT 24

4.1 Stratégie de recherche 24

4.2 Description des processus 25

4.3 Analyse de valeur 29

4.4 Résultat : Points clés et problèmes 36

CHAPITRE 5 DESCRIPTION DES BESOINS DE L'ENTREPRISE 37

5.1 Introduction des entretiens 37

5.2 Stratégie et déroulement 37

5.3 Données recueillies par les entretiens 41

5.4 Analyse des besoins en données 43

CHAPITRE 6 RÉSULTATS DE RECHERCHE ET DISCUSSIONS 52

6.1 Méthodes proposées 52

6.1.1 Méthode de formalisation des besoins en données 52

6.1.2 Modèle d'alignement avec le 4.0 55

6.2 Exemple de déploiement 57

6.2.1 Formalisation du Contexte 57

6.2.2 Outils 4.0 envisageables 59

6.3 Discussions 60

CHAPITRE 7 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 63

BIBLIOGRAPHIE 65

ANNEXES 67

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 : Plan de concept relatif au REX 5

Tableau 2-2 : Tables et attributs de la structure adaptée de Eken et al. (2015) 13

Tableau 2-3 : Gabarit pour les leçons apprises négatives adapté de Eken et al. (2015) 16

Tableau 4-1 : Activités sans valeur ajoutée dans les processus de planification et de suivi 31

Tableau 4-2 : Analyse de structure, résultats 32

Tableau 4-3 : Récapitulatif des résultats de l'analyse 33

Tableau 5-1 : Personnes interrogées en fonction de leur rôle et de leur secteur privilégié 41

Tableau 5-2: Besoins en données et leur nombre d'occurrences pendant les entretiens 43

Tableau 5-3 : explication de la signification de N/A dans le Tableau 5-4 47

Tableau 5-4 : Source et moyen actuel de transmissions des besoins en données énoncés 47

Tableau 6-1 : Proposition de catégorisation du besoin « Contexte » 57

Tableau 6-2 Proposition de classification des catégories du besoin « Contexte » 58

Tableau C-1 : Liste des besoins énoncés 74

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1: Stratégie de recherche de littérature 6

Figure 2-2: Cycle des données (connaissances) adapté de Lin, Wang, et Tserng (2006) 8

Figure 2-3 : Boucles de connaissances en projet adaptée de McClory et al. (2017).....11

Figure 2-4 : Boucles de connaissances et d'apprentissage adapté de McClory et al. (2017).....12

Figure 2-5: Adaptation du Swiss cheese model (Duffield & Whitty, 2015).....15

Figure 3-1: Méthodologie de recherche 21

Figure 4-1: Légende des processus 26

Figure 4-2: Processus de planification 27

Figure 4-3: Processus de suivi.....28

Figure 4-4: Méthodologie pour l'analyse de valeur 30

Figure 4-5: Analyse causale des processus 35

Figure 6-1: Méthodologie proposée pour la transforamtion d'éléments informels 54

Figure 6-2: Méthodologie pour le modèle d'alignement 55

Figure A-1: Cartographie du processus de planification.....67

Figure A-2: Cartographie du processus de suivi 70

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

REX	Retour d'expérience
BIM	Building Information modeling
RFID	Radio Frequency Identification
GPS	Global Positioning System
LIDAR	Light Detection and Ranging, télédétection par laser
TI	Technologies d'information
ERP	Enterprise Resource Planning (PGI : Progiciel de Gestion Intégrée en français)

LISTE DES ANNEXES

Annexe A — Processus cartographies 67

Annexe B — Méthodologie d'entretiens semi-structurés 72

Annexe C — Besoins énoncés en fonction des répondants et du type de données.....74

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

L'industrie de la construction est l'un des rares secteurs d'activité économique dont la productivité stagne depuis des décennies. En terme d'adoption technologique, elle se situe même en fin de classement et se compare à des secteurs comme l'agriculture ou la pêche (Barbosa et al., 2017). Malgré une situation peu enviable, certaines initiatives récentes indiquent que les acteurs du milieu cherchent à combler graduellement les retards de l'industrie.

Ce contexte de transformation industrielle constitue la trame de fond du mémoire. De manière spécifique, la présente recherche vise à comprendre comment une pratique de gestion de projets sporadiquement utilisée en construction (les retours d'expérience) peut être améliorée, voire automatisée par l'entremise de technologies numériques associées au courant actuel appelé « 4.0 ». Le mémoire s'inscrit donc dans une volonté de contribuer à l'amélioration du secteur en visant spécifiquement les processus de gestion. La contribution d'un partenaire industriel a permis d'assurer un ancrage résolument pratique à la recherche. L'entreprise partenaire est un entrepreneur général et gérant de projet de construction, dont les travaux effectués aussi bien en bâtiment qu'en infrastructure à travers le Canada.

Les retours d'expérience en contexte de projet (ci-après nommé REX) sont souvent identifiés dans la littérature comme une pratique liée à la gestion des connaissances organisationnelles. En principe, il s'agit d'une activité relativement simple : tirer des enseignements des projets terminés, afin d'alimenter les projets subséquents en informations pertinentes et ainsi contribuer à l'apprentissage des individus, des équipes et de l'organisation. Les retours d'expérience deviennent alors un outil sur lequel les membres de l'organisation s'appuient pour maîtriser des situations nouvelles, ambigües ou incertaines, grâce au partage d'expériences vécues par l'ensemble des professionnels de l'organisation.

Malgré sa simplicité sur le plan conceptuel, la pratique des REX rencontre plusieurs points d'achoppements comme le besoin d'implication des ressources humaines pour leur fonctionnement (Mao, Liu, Zhang, & Deng, 2016). Deux des obstacles majeurs de leur mise en application sont liés à l'identification des données requises et pertinentes et à la captation des données. Dans la plupart des cas, les informations issues des projets sont colligées de façon plus ou moins formalisée, avec des niveaux de détail et de pertinence variables. Les données peuvent aussi varier de façon importante d'un individu (ou d'une équipe) à l'autre. L'hétérogénéité des

données et des informations recueillies peut rendre leur exploitation et leur interprétation difficile.

Bien que la vaste question de capitalisation des connaissances au sein d'une entreprise dépasse la portée de cette recherche, il est suggéré qu'une partie des difficultés identifiées pourrait être atténuée grâce aux technologies existantes facilitant la captation des données, notamment par voie d'automatisation du processus de retour d'expérience

À cet égard, les technologies associées au courant 4.0 constituent des pistes de solutions intéressantes. Le terme « Industrie 4.0 » est utilisé depuis quelques années pour désigner la quatrième révolution industrielle (Drath & Horch, 2014). Les technologies, pratiques et compétences liées aux technologies de l'information sont à la base de cette révolution (Henning, 2013). Cette révolution permet notamment une prise de décision en temps réel et automatisée par l'intermédiaire d'applications de technologies numériques et d'une connectivité étendue des objets et systèmes (Danjou, Pellerin, & Rivest, 2017).

Depuis l'arrivée du phénomène 4.0, nombre d'intervenants académiques et professionnels œuvrent à comprendre les conditions et modalités d'implantation dans divers secteurs industriels. Le secteur manufacturier est sans doute celui qui se trouve à l'avant-garde de l'adoption des technologies numériques liées à ce courant (Li & Yang, 2017). Dans l'industrie de la construction, ce passage vers le 4.0 s'observe de plus en plus, bien que des exemples concrets restent rares. Dans la littérature scientifique, certains auteurs ont déjà proposé la revue des technologies et leurs applications associées (Oesterreich & Teuteberg, 2016). Des technologies utilisées auparavant dans l'industrie manufacturière sont maintenant intégrées par le biais d'applications inédites pour ce secteur traditionnellement peu avancé au niveau numérique. Souvent, ces technologies s'inscrivent dans une démarche d'informatisation amorcée depuis peu avec l'introduction de la maquette numérique (*Building Information Modelling*, ou BIM). D'autres technologies éprouvées dans le secteur manufacturier telles que les puces RFID, ou d'autres en émergence comme les drones font également l'objet d'étude pour en vérifier l'applicabilité en construction. Ce sont non seulement les nouvelles technologies, qui distinguent cette tendance, mais aussi les nouvelles utilisations de technologies existantes. Cet ensemble d'initiatives d'entreprises et de recherche concourt à circonscrire le champ de la « Construction 4.0 », lequel constitue le contexte de la présente recherche.

S'inscrivant résolument dans le courant actuel de transformation numérique des pratiques dans l'industrie de la construction, ce projet de recherche vise donc ***à analyser et comprendre comment les technologies associées au courant 4.0 peuvent améliorer les retours d'expérience réalisés au sein des projets de construction***. Cet objectif émane directement d'une problématique d'un partenaire industriel concernant l'utilisation des données de projets passés, où des problèmes de collecte et fiabilité des données ont souvent limité les bénéfices qu'on pouvait espérer des REX. Concrètement, il s'agit d'améliorer, simplifier et automatiser autant que possible le processus de ces retours d'expérience. En analysant plus spécifiquement le processus de travail actuel et en y associant les concepts de l'industrie 4.0, il devient possible de proposer une amélioration substantielle de cette pratique. L'apport de ce mémoire consiste à fournir un modèle d'alignement du processus REX vers le 4.0 proposant de construire des liens entre REX et 4.0, de même que des recommandations pour la mise en place effective de processus.

Le présent mémoire contient six chapitres distincts. Un état de l'art est d'abord présenté au Chapitre 2, sous la forme d'une revue de littérature sur le sujet principal de l'étude : les retours d'expérience dans un contexte de projet en général et dans l'industrie de la construction. En plus de relever les concepts pertinents au sujet, cette revue de littérature permet d'identifier les lacunes et les opportunités de recherche quant au traitement spécifique du sujet dans le contexte spécifique de cette étude. Au Chapitre 3 les objectifs spécifiques de recherche et la méthodologie pour y arriver et sont décrits. Le Chapitre 4 présente la première étape de la démarche de recherche proposée en y décrivant une analyse de processus réels, tels qu'ils ont été observés chez le partenaire industriel. Grâce à la définition des besoins en retours d'expérience présentée dans le Chapitre 5, des propositions de recommandations pour le fonctionnement de REX sont formulées au Chapitre 6, avec notamment un alignement avec les méthodes et technologies 4.0 qui y sont liées. Enfin, ce mémoire conclut sur les marches à suivre pour accéder à un REX plus efficient par le 4.0 dans un contexte de projet en construction, les limitations et les perspectives de recherche.

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE

La littérature scientifique fournit certaines pistes pour décrire et analyser les pratiques associées au REX. À partir d'une stratégie de recherche ciblant des bases de données reconnues (Section 2.2), la documentation recueillie permet de présenter et résumer des contributions pertinentes (Sections 2.3 à 2.5).

2.1 Industrie 4.0 et Construction 4.0

L'industrie 4.0 est un concept qui définit la quatrième révolution industrielle (Henning, 2013). Après les révolutions de la mécanisation, la production de masse ou électrification, et l'automatisation, l'enjeu actuel de l'industrie 4.0 est relatif aux données. Cette définition vise notamment à produire une aide à la décision en temps réel pour laquelle la décision se prend en temps réel et non l'aide qui est fournit en temps réel (Danjou et al., 2017). Le concept d'industrie 4.0 évoque ainsi des technologies dont l'usage permet de fournir une aide pour la décision en temps réel. Cependant il faut bien distinguer qu'il n'y a pas de technologies 4.0 mais des applications 4.0 de technologies (Perrier et al., 2019). Cette nuance repose en partie dans le fait que certaines technologies existent depuis des dizaines d'années comme la RFID mais que ce n'est que grâce à la gestion des données apportée par l'industrie 4.0 que son utilisation se développe par exemple dans la localisation des stocks de matières premières sur un chantier (Bled et al., 2019). Une seule technologie peut avoir plusieurs applicaitons 4.0 et inversement une application ou utilisation 4.0 peut être effectuée par plusieurs tehcnologies différentes.

D'autre part, le secteur de la construction reste à part dans l'industrie car nombre de ces processus demeurent très manuels. Ceci explique en partie le retard technologique accusé par l'industrie de la construction. Cependant des ouvertures technologiques propre à la construction comme le Building Information Modelling (BIM) amorcent un courant dit de la construction 4.0 (Perrier et al., 2019). Ce courant représente l'intégration de l'industrie 4.0 au secteur de la construction avec les mêmes principes d'aides à la prise de décision en temps réel. Le BIM en est considéré comme une base solide sur lesquelles d'autres technologies peuvent se rattacher et communiquer des données, toutefois la Construction 4.0 ne se limite pas au BIM et de nouveaux outils pouvant être décrit comme conforme au 4.0 sont développés ou empruntés à des applications 4.0 d'autres secteurs industriels.

2.2 Stratégies de recherche de documentations

Ce mémoire se place non seulement dans un contexte de gestion de projet, mais aussi dans le secteur de la construction. De plus, le retour d'expérience tel qu'on l'entend en français est inclus dans un concept plus large qu'est la gestion des connaissances. La stratégie de recherche de documentations se base donc sur les champs de concepts relatifs au REX présenté dans le plan de concept Tableau 2-1.

Tableau 2-1 : Plan de concept relatif au REX

Retour d'expérience	Gestion de projet	Contexte
Feedback Lessons Learned Appraisal Post-mortem Project Report Knowledge Management REX	Project Management	Construction Industry 4.0

Ces termes sont des synonymes nécessaires à inclure dans la recherche compte tenu du faible nombre de publications sur le REX en contexte de projet et en construction. Les mots clés des catégories Gestion de projet et Contexte sont ici utilisés à des fins de cadre pour la recherche. Cependant, pour le REX lui-même, plusieurs mots clés relativement synonymes sont usités dans la littérature scientifique. Lors d'un processus itératif, ces termes ajoutent de la pertinence dans les résultats identifiés.

Cinquante-neuf articles ont été lus comme résultats de cette recherche (voir Figure 2-1). La recherche a été complétée en y intégrant les travaux portant sur la gestion des connaissances dans l'industrie 4.0 en recourant à plusieurs bases de données dont Scopus[1] et Web of science[2]. Enfin, d'autres articles ont été trouvés à partir des références des articles initialement retenus. Les critères d'exclusion utilisé dans cette recherche de littérature sont la pertinence des contenus des articles et l'interèt apporté au sujet du REX en particulier. Il est à noter que dû au mot-clé de

[1] https://www.scopus.com/

[2] https://apps.webofknowledge.com/
https://apps.webofknowledge.com/

Knowledge management indispensable pour trouver des résultats utiles, un nombre important d'articles portent uniquement sur le gestion des connaissances et non spécifiquement du REX.

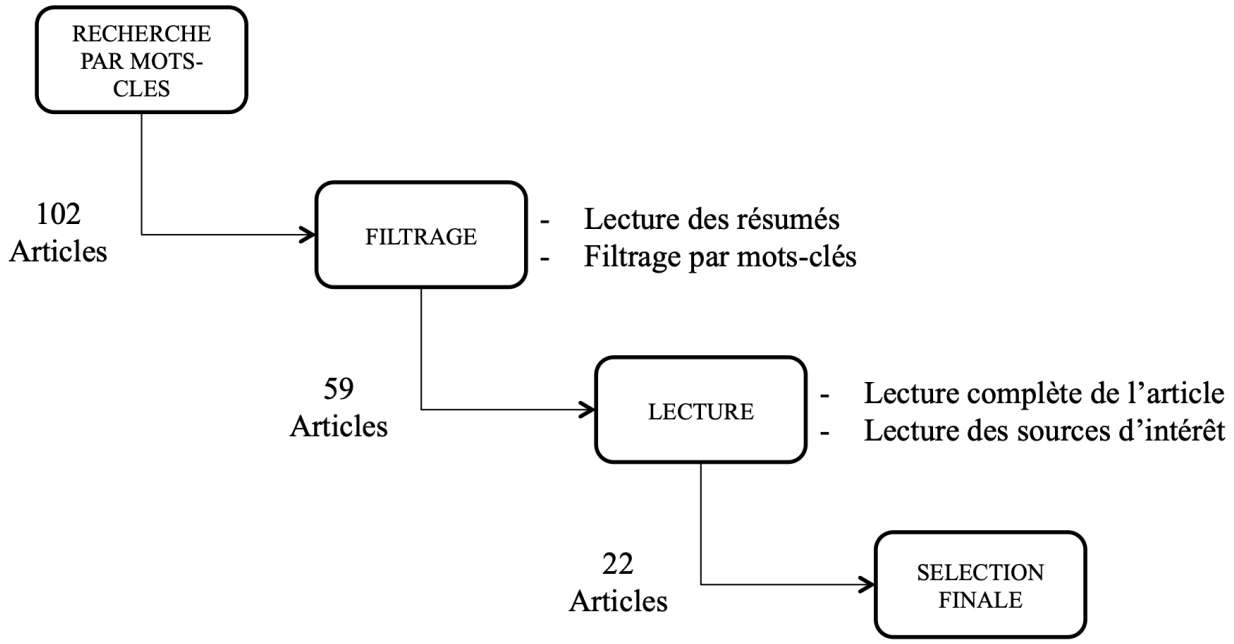


Figure 2-1: Stratégie de recherche de littérature

2.3 Contexte général du retour d'expérience

D'un point de vue descriptif, dans le groupe nominal « retour d'expérience » il y a deux notions. La notion de retour est liée au fait de la réutilisation de données issues d'expériences passées. Et le terme d'expérience désigne les pratiques effectuées. Cependant, il faut le comprendre le Retour d'Expérience (REX) dans sa globalité, car un but principal du REX est de capitaliser sur les expériences passées pour améliorer ses pratiques. Le REX est donc un outil destiné à capitaliser sur les expériences des projets vécus et à les partager au sein de l'organisation.

Dans les appellations utilisées pour désigner le REX, le *Knowledge management,* inclus entre autres les expériences de projets. La gestion des connaissances est donc un concept plus vaste que le REX ne sera pas étudié dans sa globalité. Les termes relatifs au bilan de projet ou au rapport de projet constituent la réalité des outils actuels de REX.

D'autre part, on distingue 2 types d'information. L'un appelé explicite, formel ou encore quantitatif, désigne une information codifiable dont la nature permet de l'exprimer simplement et de la stocker facilement. Des exemples d'information formelle pourraient être une date de réalisation d'une activité ou encore un coût de fabrication d'une pièce. En revanche, les autres informations appelées tacite, informelle ou encore qualitative sont des données qui ne sont pas exprimables simplement comme les bons coups d'une situation rencontrée sur le terrain ou encore les relations avec un sous-traitant.

Dans la section suivante, les contributions des auteurs sur le REX sont présentées en partant du plus général pour aller vers le plus spécifique. Ces contributions sont regroupées par la suite dans l'analyse critique pour souligner leurs similitudes, différences, lacunes et opportunités de recherche.

2.4 Analyse de la littérature

Le schéma classique du retour d'expérience s'exprime par un cycle des données. En effet, le but de collecter des données est implicitement lié au REX et leur réutilisation dans des contextes similaires, c'est là l'intérêt du REX. Cependant, le cycle n'est pas aussi simple que cela. Le point de départ est l'apparition d'un problème qui survient lors d'un projet, puis relativement à la Figure 2-2 les étapes sont nombreuses.

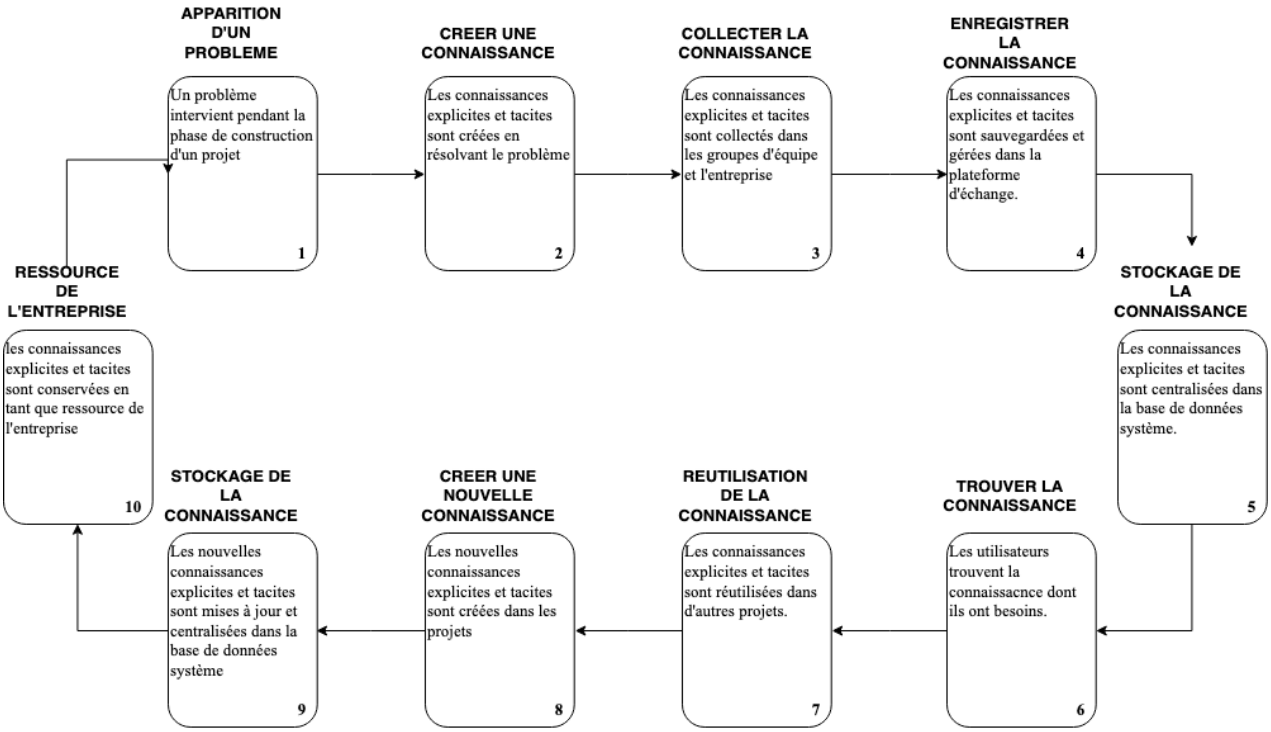


Figure 2-2: Cycle des données (connaissances) adapté de Lin, Wang, et Tserng (2006)

Lin et al. (2006) introduisent le concept d'un cycle des données dans le cadre d'un retour d'expérience. Ils ont développé une méthode de représentation en réseau de la gestion des connaissances, puis ils ont effectué une étude de cas dans une entreprise pour pouvoir valider leur approche. Cette approche consiste à relier les informations (ou connaissances) entre elles. Ainsi les groupes de connaissances prédéterminés sont connectés entre eux suivant leur relation et recensent chacun des attributs bien précis sur différents projets. Quand un acteur de l'organisation a besoin d'une connaissance, il devrait la trouver par rapport à ces liens avec d'autres, puis chercher dans ses attributs pour pouvoir utiliser cette information. De même, pour rentrer une nouvelle connaissance dans le système, il faut aussi passer par un processus de validation, qui fait intervenir différents experts ou protagonistes du domaine. Le fait de mettre sur internet à disposition des utilisateurs rend l'accessibilité plus importante et plus simple pour les potentiels utilisateurs.

Les outils utilisés actuellement dans l'industrie, comme des courriels ou des discussions plutôt informelles, sont discutés par Wu et Chen (2010). Ils font état des rôles de la gestion des connaissances dans une organisation, notamment comme un pilier clé pour soutenir les acteurs des projets. De plus, ils étudient la structure même du processus de gestion de la connaissance

notamment en intégrant les notions d'individus au sein de l'organisation et le processus transformant leurs connaissances personnelles en une base centralisée accessible à tous pour la collaboration.

On retrouve aussi la modélisation des comportements de praticiens voulant utiliser le retour d'expérience en tant qu'utilisateur et comme importateur de données (Wong, 2015). Il est aussi établi que le praticien souhaite atteindre le niveau attendu par le client ou dans le contrat du projet. Cependant, en plus de ne pas représenter une priorité, l'amélioration de la performance du praticien en lien avec le REX peut représenter un coût inutile sur un projet unique. Cela explique la réticence des praticiens à dépasser ce stade de niveau de performance attendu contre le niveau de performance possible.

La gestion des connaissances et les retours doivent se faire au sein de l'entreprise de construction, mais aussi sur le chantier. Wilkinson, Sherratt, et Farrell (2015) classent les connaissances en trois catégories, opérationnelles, financières et celles liées à la sécurité. Ils s'appuient sur les transferts d'informations entre les acteurs du chantier et l'entremêlement des informations tacites et explicites. Ils résument en concluant que les pratiques actuelles de gestion de la connaissance, dont font partie les retours d'expérience, sont inefficientes du fait du manque de formalité notamment. Dans l'étude de cas présentée, le partage et la collaboration au sujet des informations et des connaissances en général ne fonctionnent pas et cela est justement dû à la différence d'intégrer à la fois les informations tacites et explicites dans la réalité du cas.

Pour la plupart des auteurs, le REX est défini comme un outil pour la gestion de projet, et notamment son utilité dans la gestion des risques est reconnue surtout sous la forme de bilans, dont sont extraits des risques (Schieg, 2007). En effet, il est pertinent de décrypter l'analyse des risques dans le contexte du projet en question pour obtenir les forces et faiblesses du projet. Schieg (2007) explique que le REX est un outil qui permet de construire des bases de données (BDD) comme support écrit de l'apprentissage. Selon lui « la connaissance explicite d'une organisation vient de la connaissance implicite du gérant de projet ». La retenue ou contrainte qu'il émet est l'acceptation des critiques par les protagonistes, et le recul nécessaire pour fournir des données pertinentes.

Pour nombre d'auteurs, le retour d'expérience est aussi vu non seulement comme le partage au sein d'une entreprise, mais du partage de connaissance entre les organisations participantes au

projet. Kärnä et Junnonen (2005) prennent en compte par exemple la satisfaction du client non seulement comme un retour d'expérience, mais comme un retour de toute sorte. En effet, pour eux, il y a plusieurs points clés pour la réussite d'un projet de construction : l'individu associé à sa compétence professionnelle, l'équipe de construction et son fonctionnement interne, les entreprises et leurs compétences organisationnelles, et enfin la relation entre les entreprises et dont font partie les retours de satisfaction du client par exemple.

Berg et al. (2012) parlent du transfert de connaissances dans une organisation et entre des organisations. Ils établissent qu'un des facteurs clés du transfert de connaissances est notamment la culture d'entreprise et l'ouverture d'esprit. La problématique en cause est donc humaine, car l'ouverture d'esprit d'une organisation est dépendante de celle de ses membres. Un de ses propos notables est que les rencontres face à face en réel reste toujours un très bon moyen de transmettre les informations. Il faut que l'organisation s'appuie sur une forme d'informalité qui la rend plus humaine et ne pas rendre les choses trop mécaniques. Les autres moyens de transmissions se doivent d'être rapides, mais aussi permettre le stockage à long terme des connaissances, ils doivent aussi être flexibles, mais stables pour son utilisation.

Plus récemment, Oti, Tah, et Abanda (2018) s'appuient sur un outil connu comme un socle de la Construction 4.0, le BIM (Building Information Modeling), pour intégrer les retours d'expériences. Il s'agit de profiter de la plateforme de collaboration pour le partage des informations, il donne ainsi un outil qu'il a développé à ce dessein. Cependant, selon les auteurs, les leçons apprises par contexte spécifique demandent encore du travail pour avoir une solution convenable. Similairement à la collecte des données en temps réel, Kamara, Anumba, Carrillo, et Bouchlaghem (2003) proposaient en 2003 une procédure et des solutions techniques dans l'objectif de la collecte de données en temps réel.

McClory, Read, et Labib (2017) exposent leur boucle de la connaissance en organisation avec le chemin suivi par les données avec une vision très systémique. Leur approche permet de voir un processus d'apprentissage en parallèle de l'exécution du projet (Figure 2-3).

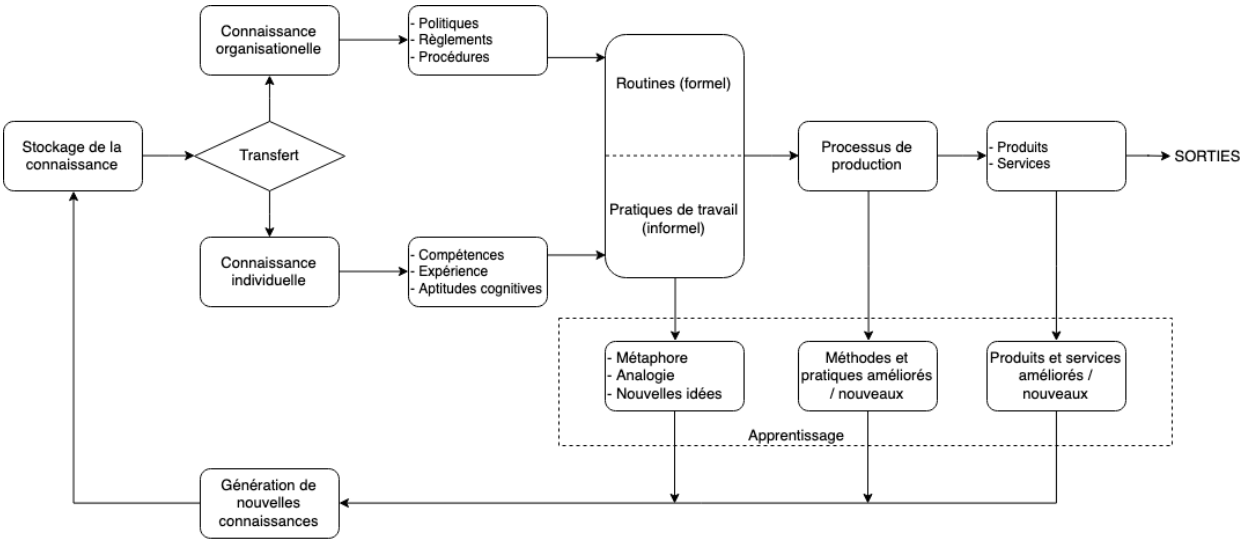


Figure 2-3 : Boucles de connaissances en projet adaptée de McClory et al. (2017)

Il construit aussi trois boucles théoriques de l'apprentissage (la boucle de projet, la boucle du processus et la boucle de l'organisation) avec six points d'arrêts en commun qui sont l'exécution, la mesure, l'évaluation, la décision, la réaction, et l'apprentissage. Ce dernier est un intrant du premier, car le tout est une boucle (Figure 2-4).

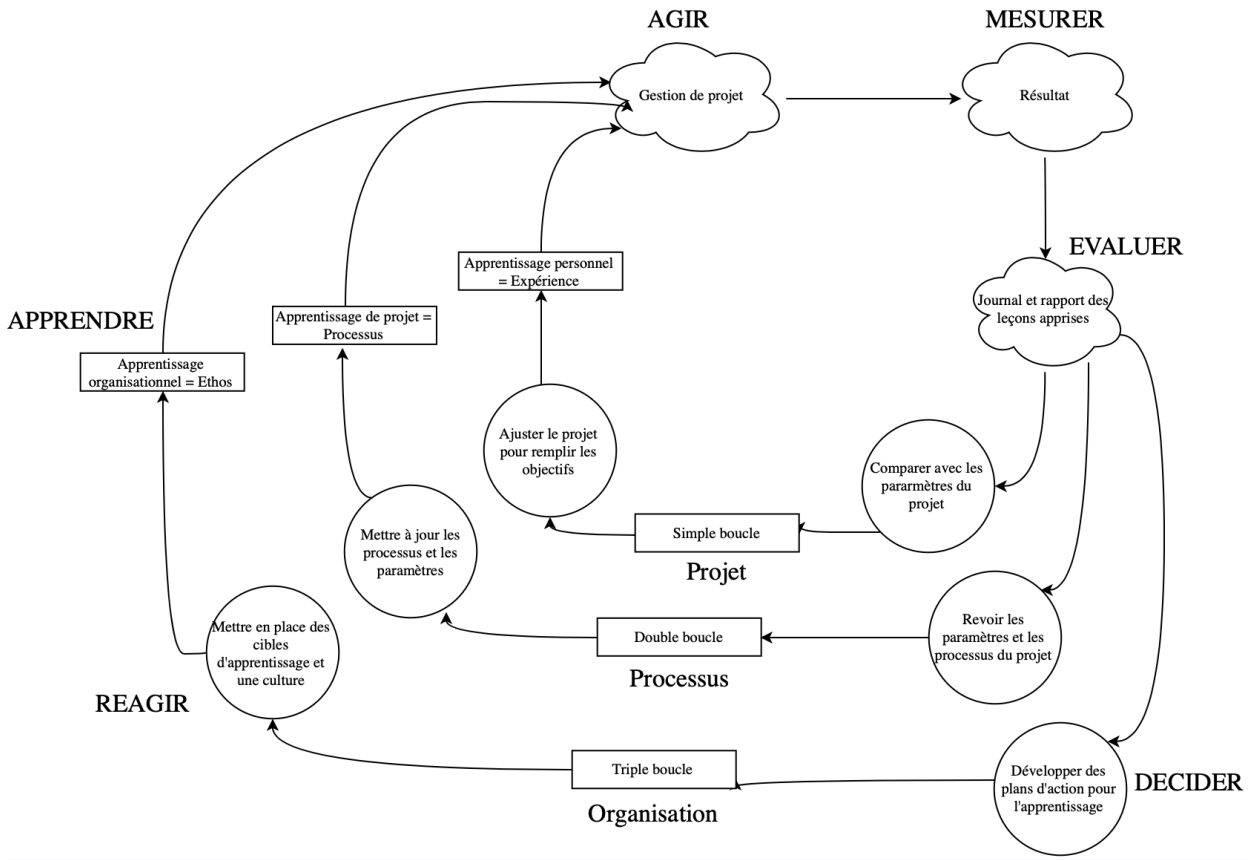


Figure 2-4 : Boucles de connaissances et d'apprentissage adapté de McClory et al. (2017)

D'autres auteurs ont développé des outils de suivi de projet en temps réel (Fitsilis, Gerogiannis, & Kameas, 2006). Ces outils sont aussi souvent utilisables pour la gestion des connaissances créées sur le chantier. Il existe donc des outils construits pour faciliter ces flux d'informations bien qu'ils ne soient utilisés que marginalement, paradoxalement.

Sur un autre registre, Schindler et Eppler (2003) passent en revue des méthodes d'enregistrement ou de capture des expériences. Ils justifient que pour la transmission correcte des expériences, il faut des données numériques (chiffrées), mais que surtout il faut les compléter par des données non formelles, qui précisent et situent ces premières. Il faut donc un cadre pour pouvoir utiliser les données chiffrées.

Eken, Bilgin, Dikmen, et Birgonul (2015) recontextualisent le secteur de la construction en argumentant sur l'unicité des projets. En construction spécifiquement les connaissances sont plus compliquées à capturer du fait de leurs variabilités géographiques et contextuelles. Et cela complique aussi la réutilisation des données qui doit s'appuyer sur le contexte pour être pertinent

(Schindler & Eppler, 2003). Eken et al. (2015) construisent tout de même une structure de base de données pour récupérer les leçons apprises. L'objectif de ces informations est la réutilisation à des fins d'amélioration de la planification et du processus de décision des futurs projets. Leur structure de BDD se compose de 14 points avec des attributs. Dans le Tableau 2-2, on retrouve certains items énoncés comme critiques par d'autres auteurs et les attributs dont on entrevoit que certains sont numériques et d'autres des données qualitatives. Cependant, la récupération des informations sur tous les attributs se fait manuellement selon ce modèle.

Tableau 2-2 : Tables et attributs de la structure adaptée de Eken et al. (2015)

Objets	Attributs
Projet	ID Projet, Nom du projet, Pays, Date de début, Date de fin, Cible du projet, Type de projet, type de contrat, Systeme de livraison du projet, technologie de construction, Devise monétaire.
Expérience de construction	ID expérience, niveau d'importance
Meilleures pratiques	ID expérience, description, facteurs clés, comment c'est atteint, temps sauvés, couts sauvés
Problèmes	ID expérience, qu'est-ce qu'il s'est passé, solution appliquée, action préventive possible, temps perdu, coûts perdus
Entreprise participants	ID entreprise, nom de l'entreprise, spécialité de l'entreprise, courriel, numéro de téléphone, adresse, ville, pays
Changements de coûts	ID changement, raison du changement, niveau d'importance
Coûts	ID changement, montant, est-ce que c'était évitable, stratégie possible de prévention
Trésorerie	ID changement, conséquence, recommandations
Budget	ID changement, montant prévu, montant changé, recommandations
Délais	ID délai, raison, durée de l'activité, temps de délai, action corrective, recommandations

Tableau 2-2 : Tables et attributs de la structure adaptée de Eken et al. (2015) (suite et fin)

Réclamation	ID réclamation, montant résultat, recommandations
Conflits	ID conflit, résolution, résultat, problème rencontré, recommandation, durée
Activité	ID activité, Nom de l'activité, description,
Individus	ID individu, nom , titre, genre, courriel, numéro de téléphone

Duffield et Whitty (2015) adaptent un modèle créé pour la qualité, le *swiss cheese model* pour les retours d'expérience au sein d'une organisation (Figure 2-5). Il s'agit d'un modèle matriciel dont la combinaison de différents aspects permet de déterminer des conditions les plus exactes possibles. On trouve ici 6 sections, 3 au sein du groupe Individu qui sont Apprentissage, Culture et Social, 3 au sein du groupe Systèmes qui sont Technologie, Processus, et Infrastructure. Puis ils tentent une application de cette approche nommée Syllk (Systemic Lessons Learned Knowledge) (Duffield & Whitty, 2016) sur la distribution de la connaissance dans l'organisation. Ils introduisent le storytelling (raconter des histoires) comme moyen de transmission intraorganisation et surtout entre individus des expériences et/ou des connaissances. Leur étude a établi que l'alignement des personnes et des éléments du système peut avoir une influence positive sur les connaissances organisationnelles et les leçons apprises en améliorant la capacité de raconter des histoires.

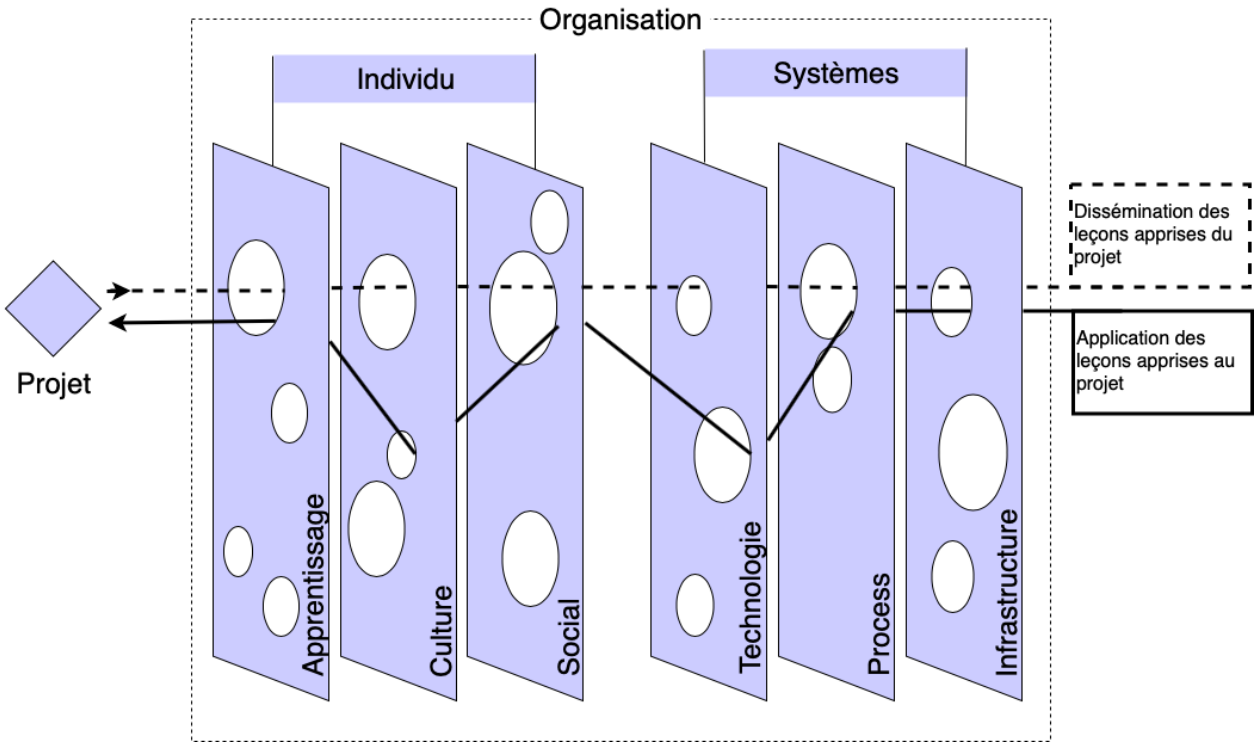


Figure 2-5: Adaptation du Swiss cheese model (Duffield & Whitty, 2015)

Buttler et Lukosch (2012) proposent une approche des retours d'expérience qui diffèrent puisqu'ils se basent en partie sur les défis de la récolte des données. Ils donnent des types de structures pour l'extraction des données issues de l'exécution sous forme de formulaire à remplir. Les différents formulaires sont orientés en fonction de la situation (bonne ou mauvaise par exemple). De la même façon que les attributs de Eken et al. (2015), le formulaire contient des éléments de réponse voulus prédéterminés (Tableau 2-3). Les 3 plus grands défis du processus de retour d'expérience selon eux incluent la trop grande diversité des cas possibles qui doivent être couverts ; la récolte des informations de mauvais coups revient à dire les oublis intentionnels ou pas de l'équipe projet exécution, car ils ont naturellement tendance à ne pas trop dire quand une situation s'est mal déroulée par leur faute, enfin il y a aussi le fait que l'expérience issue du projet soit dispersée dans tous les membres de l'équipe et donc que la récupération par un seul interlocuteur a le défaut de peut-être manquer d'information.

Tableau 2-3 : Gabarit pour les leçons apprises négatives adapté de Eken et al. (2015)

TITRE titre court référant aux effets ou incident

DESCRIPTION DU PROBLEME une courte description du problème

SYMPTOMES une liste des symptômes qui caractérisent le problème

PREVISION ET EVENEMENTS REELS répond aux questions que s'est-il passé ? Qu'est-ce qui était attendu ? Quelles étaient les conséquences ?

METADATA contextualises les leçons apprises

LISTE DES FACTEURS CONTRIBUTIFS liste tous les facteurs pertinents qui ont contribués aux écarts, chaque facteur doit être décrit avec les éléments ci-dessous :

- **TITRE** court titre référant au facteur
- **DESCRIPTION** comment le facteur contribue à l'écart
- **RECOMMANDATION** Qu'est ce qui pourrait être fait pour réduire l'influence de ce facteur ?

Pour Bell, Van Waveren, et Steyn (2016), il y a un découpage de projet à privilégier : en 5 étapes, initiation, développement, implémentation, opération, fermeture. Pour le retour d'expérience, ils nomment les mécanismes de transferts en croisant le type de connaissance explicite ou tacite avec le mode de transfert ; individualisé ou institutionnalisé. Leur objectif est d'obtenir une structure menée par la connaissance. Ils ont donc réalisé une étude Delphi pour connaître l'opinion des professionnels sur ses définitions. Et finalement, ils nomment de manière globale les informations nécessaires sur les phases de projet définies. Carrillo (2005) simplifie en résumant les leçons apprises en 4 caractéristiques. Ces caractéristiques sont les réponses aux questions suivantes : qu'est-ce qui était planifié ? Que s'est-il réellement passé ? Pourquoi cela s'est-il produit et qu'allons-nous faire la prochaine fois ? On a donc le plan versus le réel avec une explication de l'écart et des recommandations pour la prochaine fois où cette situation serait rencontrée.

2.5 Analyse critique

On remarque que dans certains articles on parle d'information tacite et explicite. Cela s'explique par la nécessité d'avoir des informations chiffrées et des explications impossibles à rentrer dans des cases préconçues. On explique qu'il faut essayer de transformer le tacite en explicite pour favoriser la transmission et cependant, aucune explication, ni de méthode concrète et applicable ne sont développées.

La majorité des auteurs proposent des solutions que ce soit pour la récupération des connaissances ou pour la gestion dans son ensemble (Fitsilis et al., 2006). En revanche, l'aspect de mise en place de ces solutions n'est que rarement traité. Leur fonctionnement concret est aussi non décrit. En effet, Lin et al. (2006) font une étude de cas sur leur solution proposée, mais la partie concernant l'extraction des connaissances est constituée d'une seule phrase dans l'article. La conclusion sur le fait que l'utilisation est améliorée ou non est donc impossible à faire. Il y a donc un manque sur ce point précis.

Beaucoup d'auteurs font état de la collaboration entre différentes organisations au niveau des connaissances, mais la réalité du secteur de la construction et même d'autre secteur est qu'une connaissance est un avantage concurrentiel sur les autres que l'on ne divulgue pas. Comme le disent Wilkinson et al. (2015) à l'intérieur d'une organisation, la transmission est inefficiente, c'est donc là qu'est le premier pas à faire.

Un point important est la source de l'information. Effectivement, toutes les connaissances traitées et gérées par une quelconque méthodologie sont émises par un individu, et la question de la transformation de l'expérience personnelle de cet individu à une information transcrite et codifiée n'est pas traitée. Il y a bien des formulaires, mais en comprenant bien que beaucoup de connaissances chiffrées pourraient être récupérées automatiquement sans passer forcément par l'intermédiaire d'une personne dont le temps est précieux et surtout compté. De surcroît, un des 3 défis de Eken et al. (2015) réside dans la situation problématique et improductive lors de laquelle un acteur du projet omet des informations négatives relatives à la gestion et pour laquelle des recommandations et des leçons auraient pu être retenues et partagées. Cela souligne le potentiel manque de fiabilité et d'objectivité des données retenues.

Les méthodes et solutions que les auteurs proposent sont à vrai dire impossibles à mettre en place dans une organisation telles quelles, car celles-ci restent des approches globales, spécifiques à chaque cas et peu applicables, peu importe la situation. Néanmoins, une approche qui n'est pas considérée, mais qui fait écho à des principes du 4.0 est l'approche par les besoins. Il faut évidemment que la solution développée pour une organisation quelconque soit adaptée à ses besoins, son contexte et son fonctionnement actuel. Une solution donnée par Oti et al. (2018) par exemple, implique pour que cela fonctionne une utilisation du BIM systématique et correcte, mais il ne démontre pas que c'est le cas de l'utilisation actuelle du BIM. Il y a l'outil, mais pas les détails de son utilisation ni de son alimentation en données. Il faut aussi que toutes les données soient numériques ou au moins explicites. Ces hypothèses sont donc trop simplificatrices pour que le modèle soit exploitable à la lumière des autres auteurs. De plus, les solutions ne sont pas automatiques pour l'instant. Dans d'autres modèles, la structure est théorique et bien justifiée (McClory et al., 2017), sauf qu'il faudrait l'adapter aux besoins et aux futures données extraites. En outre il y a toujours deux questions résiduelles à ce propos. D'une part comme explicitée par ailleurs, la création des données n'est peu ou prou traitée et expliquée sur la réalité de cette action comme un mode d'emploi. Cela est justifié par son caractère subjectif et imprévisible totalement dépendant des conditions. D'autre part, le transfert des connaissances est traité, car il est nécessaire et le point clé du sujet, or la question de comment le transfert se fait reste floue.

Sur la question de la collecte des données en temps réel et de l'automatisation, Eken et al. (2015) prônent une entrée manuelle des données. De plus les auteurs ont remarqué que la problématique n'était d'abord pas la question du temps, mais dans un premier temps la faisabilité. Dans les faits, les processus actuels sont soit inefficients soit totalement informels et ce qui revient donc au même. Conséquemment, la fiabilité est aussi un enjeu malgré certaines propositions qui standardisent les façons de faire (Buttler & Lukosch, 2012).

2.6 Conclusion

En conclusion, la littérature offre une panoplie de solutions et de méthodes intéressantes pour le retour d'expérience ou la gestion des connaissances en contexte de projet. Toutefois, on note des limites aux développements de telles méthodes théoriques et ces limites touchent :

- La corrélation du processus de REX aux besoins de l'organisation ;

- La récupération des données ;
- L’automatisation du processus de REX ;
- La transposition concrète des données tacites en explicite.

Ce mémoire vise à combler ces lacunes. Le chapitre suivant présente d’ailleurs les objectifs spécifiques recherchés ainsi que la méthodologie de recherche proposée pour y parvenir.

CHAPITRE 3 PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Ce chapitre vise à préciser en premier lieu les objectifs de recherche. La deuxième section du chapitre présente par la suite la méthodologie de recherche proposée.

3.1 Objectifs de recherche

Il a été identifié dans le chapitre 2 que les retours d'expérience constituent une ressource additionnelle et bénéfique pour les organisations. Cependant, il est aussi clair que ce processus est aujourd'hui peu observé, sauf informellement, ce qui nuit entre autres à son efficience. Cela nous amène à postuler la question de recherche suivante :

Comment simplifier, systématiser et améliorer les retours d'expérience par l'intermédiaire des concepts issus de l'industrie 4.0 dans un contexte de projets de construction ?

Cette question de recherche laisse apparaître des enjeux d'amélioration de processus existants du partenaire industriel et un enjeu plus actuel de l'intégration de l'industrie 4.0 dans un contexte de gestion de projet qui vise, comme sa définition l'indique, à l'aide à la décision en temps réel. Pour pouvoir répondre à cette question, nous proposons une démarche qui repose sur la réalisation des quatre objectifs intermédiaires :

Objectif n°1 : Cartographier les processus de planification et de suivi de projet.

Objectif n°2 : Établir les besoins en données de l'organisation en question.

Objectif n°3 : Faire un constat du fonctionnement réel actuel du REX sous toutes ses formes.

Objectif n°4 : Établir un modèle d'alignement entre les besoins en retour d'expérience et les concepts 4.0.

3.2 Méthodologie de recherche

L'objectif principal étant l'amélioration d'un processus informel de retour d'expérience, il se décompose comme décrit dans la section précédente en 4 sous-objectifs. La Figure 3-1 montre la

démarche de recherche et les liens entre les objectifs intermédiaires pour atteindre cet objectif principal.

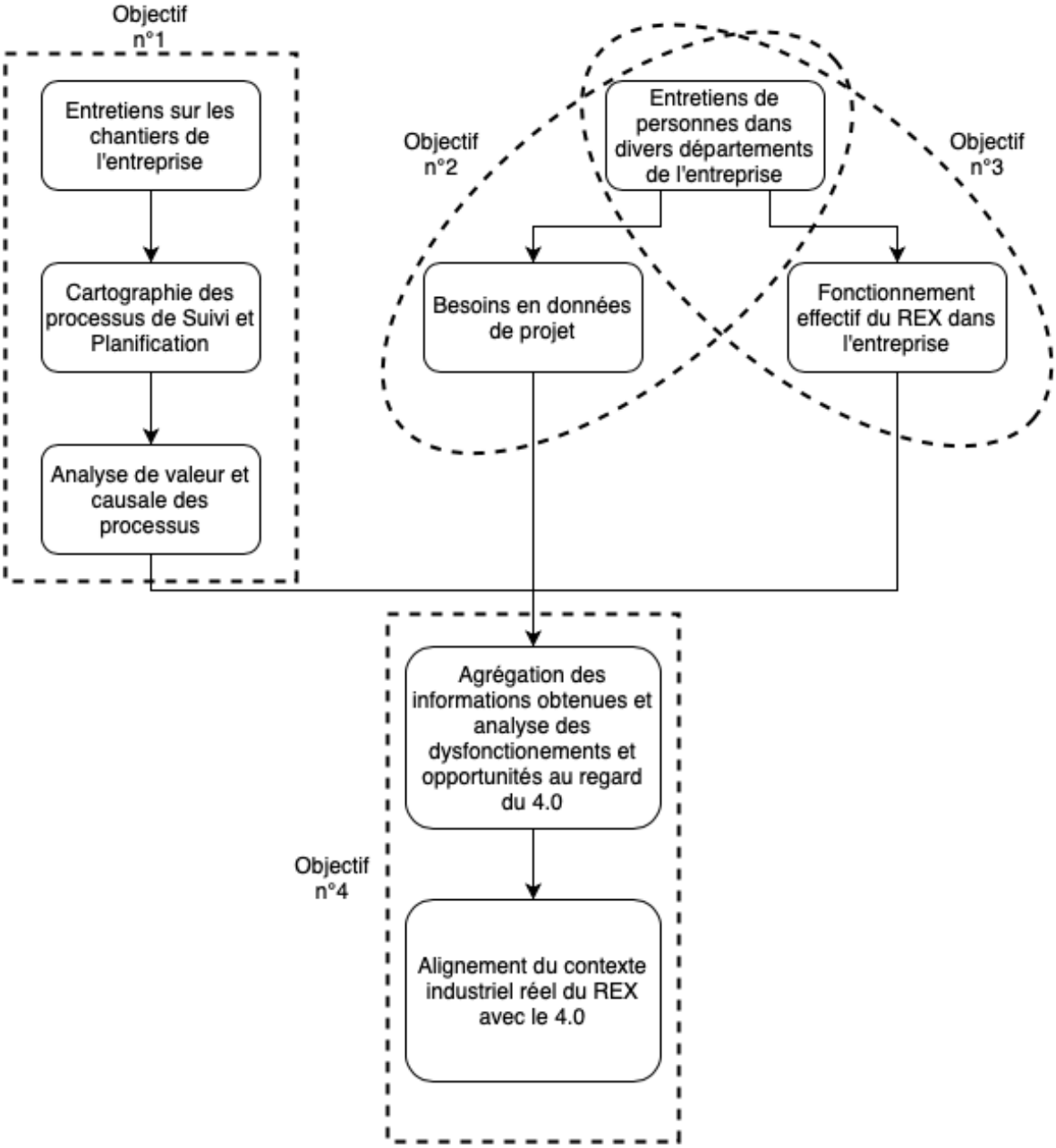


Figure 3-1: Méthodologie de recherche

Premièrement l'objectif intermédiaire n°1 implique de comprendre le fonctionnement actuel de processus pour lesquels le retour d'expérience a un impact fort et d'analyser les opportunités d'amélioration dûes au REX notamment. Puis, des entretiens avec des gérants de projets sur 2

chantiers différents de l'entreprise partenaire ainsi que des visites sur cesdits chantiers permettent d'établir une cartographie des deux processus que sont le Suivi de projet et la Planification. Une étape de réingénierie des processus sur les cartographies des processus établit ensuite les dysfonctionnements et les causes potentielles associées aux processus, car cela permet d'établir des besoins objectifs vis-à-vis de ces processus et du REX.

L'objectif intermédiaire n°2 vise à comprendre les besoins d'une partie représentative de l'organisation. Ce sont les besoins en données de projets en cours ou passés. En effet, une approche non abordée dans la littérature est de traiter les solutions par rapport au besoin de l'organisation et son contexte. Ainsi seront rencontrés des employés dont les rôles sont critiques ou simplement dépendants du retour d'expérience, allant du gérant de projet au directeur régional, en passant par les services support comme les départements d'estimation, tout cela dans des localisations différentes dans tout le Canada. Une approche d'entretiens semi-structurés est choisie ici, car les réponses attendues sont de l'ordre de l'informel et les personnes visées ont des postes et des visions variés.

L'opportunité de ces entretiens permet aussi d'avoir une opinion objective sur le fonctionnement effectif du REX dans l'organisation et cela permet donc d'atteindre l'objectif n°3. Ainsi une vision précise et détaillée du fonctionnement interne relatif au REX, aussi informel soit-il, pourra être analysée par rapport aux besoins notamment.

Grâce aux 3 objectifs précédents et leurs extrants respectifs, une feuille de route, pourra être indiquée quant à l'amélioration de leurs processus par des concepts de l'industrie 4.0. En effet, les 3 points de départ de cet objectif seront la cartographie de processus nécessitant le REX ainsi que leurs dysfonctionnements, lacunes associées et si possible les causes primaires émanantes ; puis les besoins en données de projets des acteurs de l'organisation (besoins en expériences) en fonction de leur rôle dans l'entreprise et enfin le fonctionnement actuel des retours d'expérience dans l'organisation incluant les outils et processus informels et individuels. Ensuite à l'aide de la revue de la littérature sur le REX et la revue des concepts de la Construction 4.0, des solutions seront proposées en tenant compte du contexte organisationnel, des besoins, et des solutions existantes. Ces solutions forment un alignement entre l'entreprise et les concepts 4.0 et une feuille de route à court terme pour la mise en place des premières étapes nécessaires pour avoir un processus automatisé.

La méthodologie de recherche ainsi présentée est induite des contraintes du contexte industriel de la démarche et du manque de lisibilité des besoins de l'organisation partenaire. Cette démarche est donc en partie exploratoire et garde comme ligne de mire le REX et le 4.0. Le prochain chapitre présente l'analyse des processus existant tel que décrit dans l'objectif n°1.

CHAPITRE 4 ANALYSE DE L'EXISTANT

Ce chapitre présente l'analyse des processus de suivi et de planification, la base du contrôle de la gestion de projet. Il introduit les obstacles qui causent les difficultés de ces processus et leur relation avec le REX.

Le point de départ de cette recherche a été de s'intéresser aux principes de gestion de projet dans le but de tendre vers des pratiques pouvant faire référence à des principes de l'industrie 4.0 et d'observer les pratiques de retours d'expérience. Dans cette optique, en relation avec le partenaire industriel, il a été décidé que les processus les plus engageants pour la recherche sont les processus de planification et le processus de suivi de projet. Dans le cadre des projets de construction, la première étape fut de faire une rencontre avec un ancien assistant-gérant de projet maintenant chargé de projets spéciaux aux initiatives stratégiques afin d'avoir un premier aperçu des processus. La conclusion de cette étape fut la modélisation d'un processus de planification et replanification des projets ainsi que de suivi du projet (chantier).

Or, avec les indications certaines étapes de ces processus variaient dépendamment du chantier de construction. Il a donc été décidé d'aller préciser ces processus à l'aide de gestionnaires de projet et des observations sur chantier.

4.1 Stratégie de recherche

Premièrement, c'est un chantier de bâtiment de taille conséquente dont l'accès est restreint qui fut étudié. Toutes les contraintes spécifiques du projet ont été prises en compte pour conserver un processus transverse et relatif à tous les projets de l'entreprise. Tout d'abord, la réunion de planification « Lean » que l'équipe de projet organise toutes les semaines a été observée et étudiée pour comprendre comment elle s'insère dans leurs processus de planification et de suivi de chantier. Cette réunion est menée par le surintendant du projet avec l'aide de l'assistant-gérant. Par la suite, une rencontre a été organisée avec le gérant, l'assistant-gérant et le coordonnateur BIM[3]. L'objectif de cette rencontre est de préciser et de compléter le processus

[3] le rôle du coordonnateur BIM consiste à superviser la coordination entre les maquettes numériques et le réel du chantier.

théorique précédemment décrit par les bureaux de l'entreprise. Cette ébauche de processus était imprimée en grand format (40 par 80 pouces) pour discuter clairement avec les protagonistes de façon claire et visuelle. En effet, les professionnels restent surtout focalisés sur leurs problèmes quotidiens et moins dans la généralité. Malgré tout, cette réunion a permis comme prévu de préciser en grande partie l'ébauche des processus. Cela dit, il manquait de valider cette information ainsi obtenue avec une autre équipe projet pour confirmer la véracité des processus.

À cet effet, une deuxième rencontre a été organisée, mais avec l'équipe d'un chantier d'aménagement et de construction d'un parc urbain. Le contexte de chantier est différent, car il s'agit de travaux de génie civil contre un chantier de bâtiment. La distinction réside d'une part dans la nature des travaux : pour le bâtiment, c'est la construction de bâtiment et le civil est plutôt l'aménagement d'espace incluant les parcs ou d'autres structures publiques à l'instar de ponts. D'autre part, le type de travaux et la provenance des employés (en force propre pour le civil et en sous-traitance pour le bâtiment) ajoutent la différence entre ces deux chantiers. La rencontre avec une équipe similaire à la première équipe a permis de confirmer certains points des processus établis et d'en nuancer certains autres. Par exemple, les équipes n'utilisent pas le même échéancier pour contrôler leurs projets respectifs. Finalement, des processus de planification et de suivi de projet formalisés ont été issus de ces entretiens.

4.2 Description des processus

Les processus sont représentés en suivant le formalisme ANSI[4]. Les éléments du formalisme sont décrits dans la Figure 4-1. Cependant l'application de la norme rigoureuse doit être nuancée par l'informalité décrite par les protagonistes. En effet, les activités du processus ne sont pas toujours formelles et explicites. Ce sont des reflets de la réalité des processus réels sur le terrain, la réalité de la description dépend en partie du chantier et de la personne interrogée. Pour répondre à cette informalité dans les processus, des notes sont liées aux activités pour ajouter des informations supplémentaires quant aux réalisations de celles-ci. Ces cartographies des processus sont destinées à être utilisées uniquement pour leur analyse. C'est pourquoi le corps du texte ne les

---

[4] Il s'agit d'un formalisme de modélisation de processus. Il est le plus simple à utiliser et à comprendre sans le connaître au préalable, c'est pourquoi il a été préféré aux autres formalismes comme EPC par exemple.

présente pas précisement. En annexe A, les notes et cartographies sont montrées plus clairement (Figure A-1 et Figure A-2).

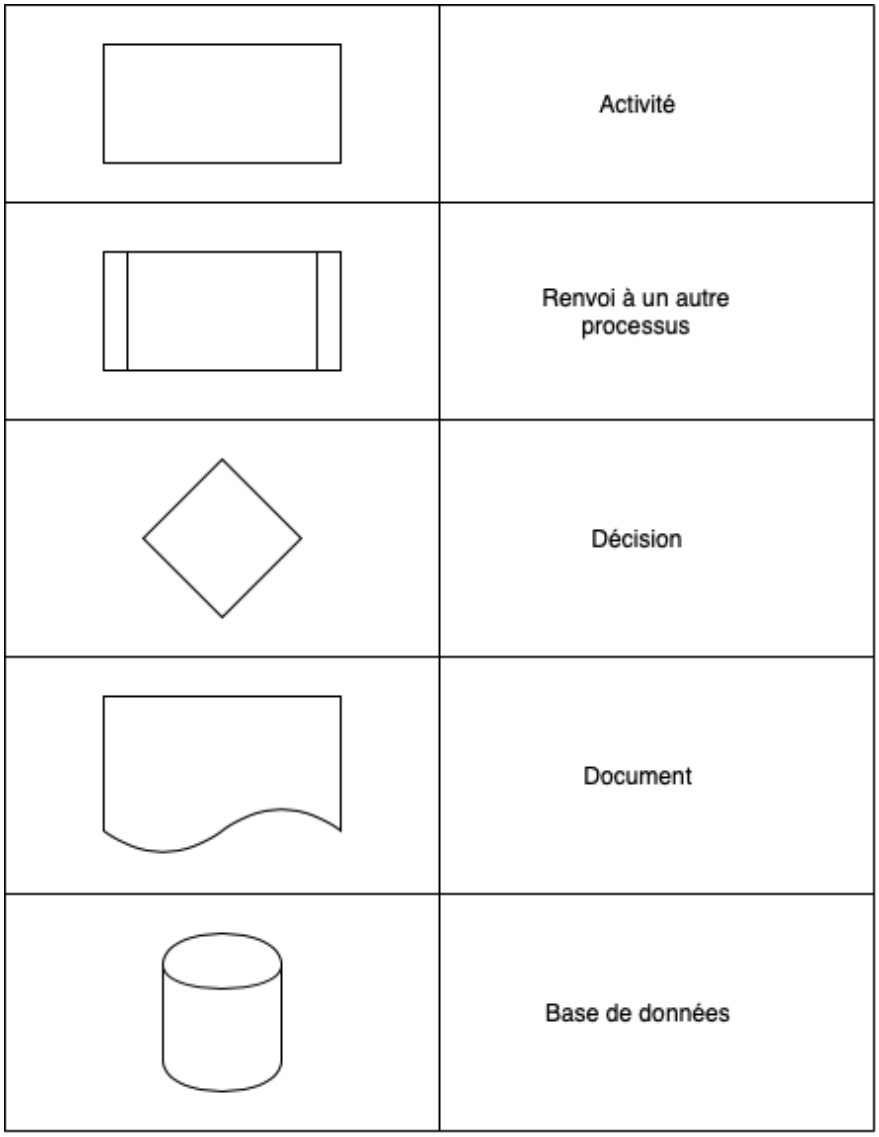
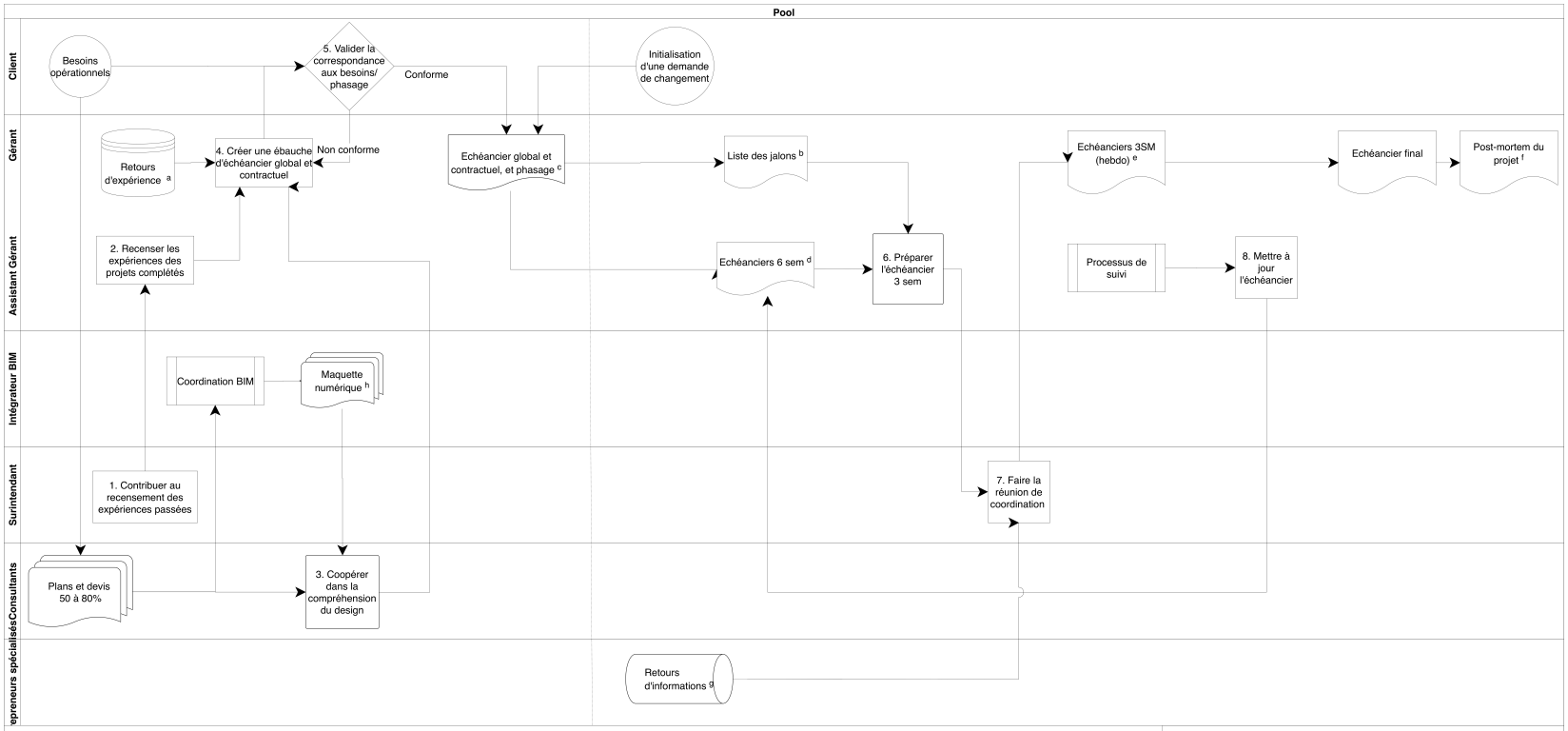


Figure 4-1: Légende des processus

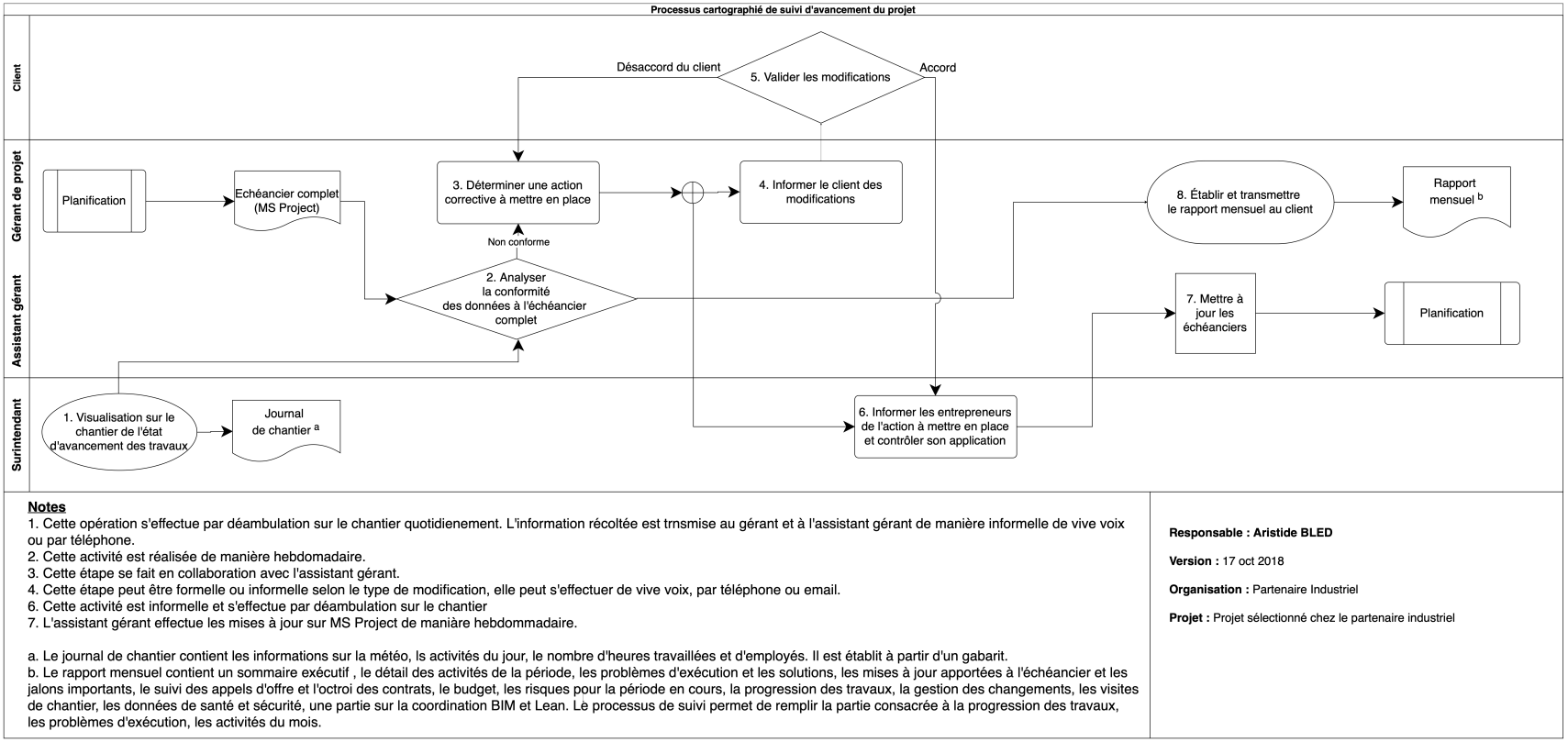


Notes

1. Cette activité s'effectue avec le gérant et l'assistant (activité 2) pendant laquelle tous discutent de points informels pertinents pour la création de l'échéancier de départ. Les expériences passées sont celles vécus par le surintendant et sont informelle et sans autre trace que dans son esprit.
2. Cette activité eest réalisé en collaboration entre le gérant et l'assistant gérant, elles est informelle du fait de la nature de l'information
6. L'assistant gérant prépare l'échéancier 3semaines en mettant les post-it du tableau de coordination à jour (chaque semaine) en tenant compte de l'échéancier 6 semaines et de la listes des jalons.
7. La réunion de coordination est réalisée conjointement avec les contremaitres des entrepreneurs spécialisés et consiste à présenter l'échéancier aux 3 semaines. Cela sert aussi à repérer esl possibles conflits physiques car l'échéanciers est représenté par zone avec chacun des entrepreneurs qui y travaillera.
a. la base de données des retours d'expérience est informelle, elle est constitué des expériences des individus. Aucun document n'est utilisé, mais il devrait y avoir les journaux de chantier, les rapports mensuels, les rapports d'avancement et les bilan de projet (post-mortem)
b. La listes des jalons, est extraite de l'échéancier global et est composée de jalons, livrables et/ou documents; cette liste n'est pas forcement formalisée, elle peut simplement être extraite de l'échéancier
c. L'échéancier est réalisé sur le logiciel MS project et est sous la responsabilité de l'assistant gérant
d. L'échéancier aux 6 semaines est updaté toutes les 3 semaines et est une troncature de l'échéancier global. il est imprimé et sert de base à l'échéancier 3 semaines.
e. L'échéancier 3 semaines est actualisé toutes les semaines par la réunion de coordination avec les entrepreneurs spécialisés. Il est visible sur un tableau et est composé de zones du chantier avec des post-its de couleurs qui définissent chacunes un entrepreneurs en particulier.
f. Le bilan de projet ou postmortem est requis par Pomerleau mais en réalité, très peu de projet en dispose. Cependant des rapports internes d'avancement à 10%, 50% et 80% d'avancement du projet sont produits
g. Les retours d'informations des entrepreneurs spécialisés sont informels sous forme de conversation avec le surintendant pendant la réunion de coordination ou à tout autre moment
h. La maquette numérique faite sous autodesk, elle est actualisée environ toutes les 2 semaines.

Responsable : Aristide BLED
Version : 17 oct 2018
Organisation : Partenaire industriel
Projet : Projet sélectionné

Figure 4-2: Processus de planification



Notes

1. Cette opération s'effectue par déambulation sur le chantier quotidienement. L'information récoltée est trnsmise au gérant et à l'assistant gérant de manière informelle de vive voix ou par téléphone.
2. Cette activité est réalisée de manière hebdomadaire.
3. Cette étape se fait en collaboration avec l'assistant gérant.
4. Cette étape peut être formelle ou informelle selon le type de modification, elle peut s'effectuer de vive voix, par téléphone ou email.
6. Cette activité est informelle et s'effectue par déambulation sur le chantier
7. L'assistant gérant effectue les mises à jour sur MS Project de maniàre hebdommadaire.

a. Le journal de chantier contient les informations sur la météo, ls activités du jour, le nombre d'heures travaillées et d'employés. Il est établit à partir d'un gabarit.
b. Le rapport mensuel contient un sommaire exécutif , le détail des activités de la période, les problèmes d'exécution et les solutions, les mises à jour apportées à l'échéancier et les jalons importants, le suivi des appels d'offre et l'octroi des contrats, le budget, les risques pour la période en cours, la progression des travaux, la gestion des changements, les visites de chantier, les données de santé et sécurité, une partie sur la coordination BIM et Lean. Lè processus de suivi permet de remplir la partie consacrée à la progression des travaux, les problèmes d'exécution, les activités du mois.

Responsable : Aristide BLED

Version : 17 oct 2018

Organisation : Partenaire Industriel

Projet : Projet sélectionné chez le partenaire industriel

Figure 4-3: Processus de suivi

4.3 Analyse de valeur

Dans le but d'extraire des résultats utilisables plus facilement de ces processus et donc d'en obtenir les dysfonctionnements et les points-clés d'amélioration, une méthodologie d'analyse causale a été utilisée. Celle-ci est décrite dans la Figure 4-4.

Dans un premier temps, les activités sans valeur ajoutée sont relevées. Cette analyse de valeur des activités aboutit sur 3 constats de valeur. Ceux-ci sont, VAR (Valeur ajoutée réelle), SVA (Sans valeur ajoutée) et VAA (Valeur ajoutée d'affaires). Pour procéder aux classements des activités, une méthodologie permet de rester objectif. La première étape consiste à se poser la question « Y-a-t-il une quelconque transformation lors de cette activité ? » Sachant qu'une transformation doit nécessairement être sur le fond et non sur la forme. Par exemple changer une unique information de support (papier à MS Project) ne représente aucune transformation, car l'information reste identique. Si la réponse à cette question a été NON, il n'y a donc pas de valeur ajoutée et cette activité sera classée SVA. Une remarque importante est que ce n'est pas parce qu'une activité est sans valeur ajoutée qu'elle est inutile, elle peut même être indispensable.

Dans le cas où l'activité nous permet de répondre OUI à la précédente question, la question suivante est « Est-ce que l'activité contribue aux objectifs du client externe ? » Elle vise à savoir si la transformation produite est à destination du client final. Si la réponse à cette question est OUI, l'activité sera classée comme VAR, sinon une dernière question intervient :« Est-ce que l'activité contribue aux objectifs de l'entreprise ? » interroge sur l'utilité interne de la valeur produite. Si la réponse est NON, l'activité est SVA et si OUI l'activité est VAA.

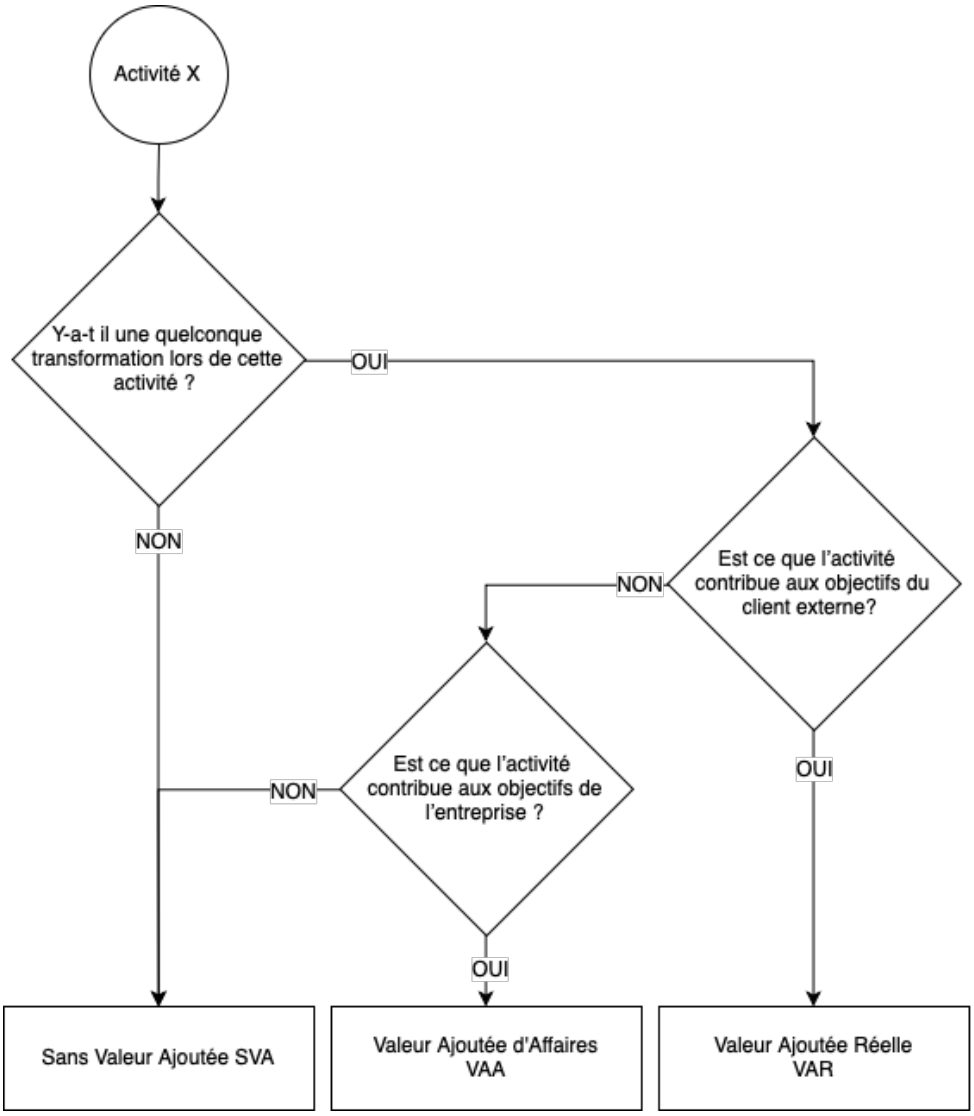


Figure 4-4: Méthodologie pour l'analyse de valeur

Finalement, sur les 2 processus (planification et suivi) qui possèdent chacun 8 activités, 6 activités ont été classées comme SVA, 3 dans chacun des processus (Tableau 4-1). Ces 6 activités sont pour le processus de planification (précédemment cartographié en Figure 4-2) :

5. Valider la correspondance aux besoins/phasage,

6. Préparer l'échéancier 3 semaines, et

9. Mettre à jour l'échéancier final ;

pour le processus de suivi (cartographié en Figure 4-3) :

4. Informer le client des modifications,

5. Valider les modifications, et

6. Informer les entrepreneurs de l'action à mettre en place et contrôler son application.

Par exemple, 9. Mettre à jour l'échéancier final n'est pas à valeur ajoutée, car il n'y a pas de transformation par l'activité. En effet, il s'agit de mettre des informations en forme sur le logiciel, soit un changement de forme de l'information.

Tableau 4-1 : Activités sans valeur ajoutée dans les processus de planification et de suivi

Processus de Planification
5. Valider la correspondance aux besoins/phasage
6. Préparer l'échéancier 3 semaines
9. Mettre à jour l'échéancier final
Processus de Suivi
4. Informer le client des modifications
5. Valider les modifications
6. Informer les entrepreneurs de l'action à mettre en place et contrôler son application

Pour compléter cette analyse de valeur, une analyse de structure des processus a été effectuée. L'objectif étant d'identifier des éléments qui indiquent des problèmes de structures donc dans l'organisation des activités entre elles. Ces éléments sont les suivants :

- Les boîtes sans entrée, elles sont des activités ne possédant aucune entrée de quelques sortes que ce soit;
- Les documents qui sont « transformés » en des documents avec la même information;
- Les boucles de rétroaction;
- Des éléments de données issus d'activités différentes; et
- Les activités sans extrant.

Cette analyse donne les résultats suivants :

Tableau 4-2 : Analyse de structure, résultats

Problèmes structurels	Processus de planification	Processus de suivi
Boite sans Input	1. Contribuer au recensement des expériences passées	
Documents avec la même information	Échéancier complet est la source de la liste des jalons et de l'échéancier 6 semaines	
Boucles de rétroaction	5. Valider la correspondance besoins/phasage	5. Valider les modifications
Morceaux de données issus de différentes activités		Journal de chantier et le rapport mensuel.

Avec ces analyses des processus, il y a désormais une liste de problèmes issus de ceux-ci. Afin de pouvoir faire une analyse causale plus simplement et à partir d'éléments du même ordre, il a été choisi de regrouper ces remarques en problèmes généraux. Ces problèmes généraux sont donc les enjeux issus de l'analyse des processus. Le premier est « Refaire des activités déjà effectuées » (A), il convient aux boucles de rétroaction ainsi qu'aux validations par exemple. Le deuxième est « Deux données identiques produites par deux activités différentes (duplication de gestion de projet) » (B), le troisième « Difficultés à accéder à des retours d'expériences » (C) évoque l'absence de formalisation des expériences passées. Le quatrième « Génération de documents sans valeur ajoutée » (D) fait référence aux documents dits inutiles ou non utilisés. Enfin le cinquième est « Problème de transfert d'informations avec les Parties Prenantes » (E). Dans le tableau suivant classant les remarques parmi les 5 problèmes susnommés et marqués de A à E, dans l'ordre dans lesquels ils ont été énoncés.

Tableau 4-3 : Récapitulatif des résultats de l'analyse

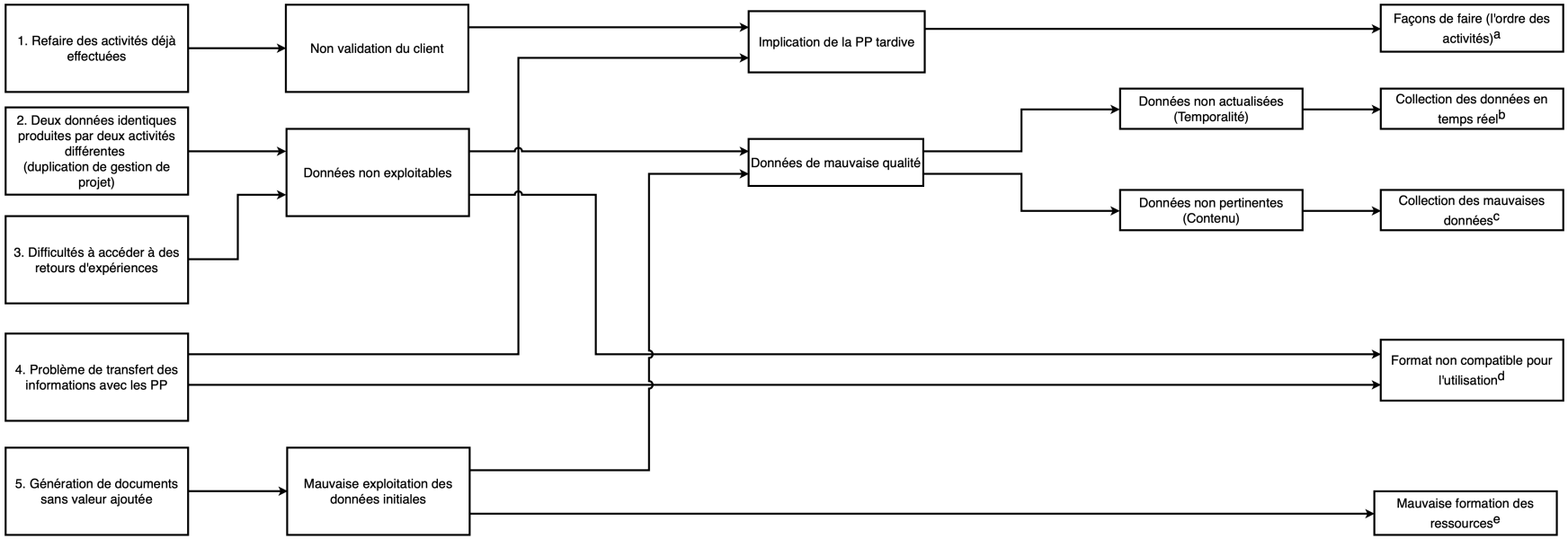
Remarques issues de l'analyse des processus	A	B	C	D	E
Processus de Planification					
SVA ; 5. Valider la correspondance aux besoins/phasage.	X				
SVA ; 6. Préparer l'échéancier 3 semaines.				X	
SVA ; 9. Mettre à jour l'échéancier final.		X			
1. Contribuer au recensement des expériences passées			X		
échéancier complet donne liste des jalons et échéancier 6 semaines				X	
5. Valider la correspondance aux besoins/phasage	X				
Processus de Suivi					
4. Informer le client des modifications				X	
5. Valider les modifications	X				
6. Informer les entrepreneurs de l'action à mettre en place et contrôler son application					X

Tableau 4-3 : Récapitulatif des résultats de l'analyse (suite et fin)

5. Valider les modifications	X				
Journal de chantier et rapport mensuel		X			

La prochaine étape est l'analyse causale en partant des constats sur les processus issus regroupés en 5 problèmes. L'objectif est de questionner la présence du problème. Et par itérations successives on obtient des problèmes primaires qui sont à la base des premiers observés. Cette méthode peut être vue Figure 4-5 avec les résultats. Ainsi 5 éléments primaires identifiés sont les façons de faire, en effet elles ne correspondent pas aux besoins :

1) Les parties prenantes ne sont pas impliquées suffisamment tôt dans le processus pour que le retour n'ait pas d'impact;
2) La collecte des données en temps réel, la collecte n'est pas assez immédiate;
3) La collection des mauvaises données, les données ne sont pas toujours pertinentes ;
4) Le format n'est pas compatible pour l'utilisation, par exemple les données ne sont pas utilisables, car le format n'est pas approprié; et
5) La formation des ressources de l'équipe projet n'est pas efficace. Ce dernier élément n'est pas traité dans ce mémoire.



Notes de bas de page :
a. Façon de faire ne correspond pas aux besoins: par exemple, les parties prenantes ne sont pas impliquées suffisamment tôt dans le processus pour que le retour n'ait pas d'impact.
b. Les données n'étant pas collectées en temps réel, au moment de leur utilisation elles s'avèrent déjà dépassées et des mises à jour supplémentaires sont nécessaires.
c. Les données collectées ne sont pas celle destinées à être exploitées.
d. Le contenant des données n'est pas adapté à leur (ré)utilisation.
e. La formation des ressources ne leur permet pas d'utiliser le logiciel à bon escient.

Version : 07 Novembre 2018
Organisation : Ecole Polytechnique de Montréal
Entreprise : Partenaire industriel

Figure 4-5: Analyse causale des processus

4.4 Résultat : Points clés et problèmes

Finalement, les résultats de l'analyse causale sont les problèmes observés directement sur les processus, dont notamment l'informalité de ceux-ci. L'aboutissement de l'analyse qui en découle constitue le principal résultat et un point de départ pour la suite du sujet. En effet les 5 causes racines de l'analyse causale sont les points-clés pour l'amélioration des processus.

On note par exemple le manque de formalisme pour le retour d'expérience. En effet, la transmission d'expérience se fait oralement et de façon très informelle. Il n'y a pas vraiment de récupération ou de capture de ces informations. On peut dire ici que le processus de retour des expériences de projets passés n'est pas efficient.

On retrouve aussi comme cause primaire la fiabilité des données récupérées et leurs temporalités respectives. Ceci cadre avec l'enjeu observé dans la littérature, et l'alignement du 4.0 face aux concepts que l'industrie 4.0 vise à utiliser. Et c'est ce dernier enjeu qui sera traité par la suite ainsi que la question de l'informalité.

CHAPITRE 5 DESCRIPTION DES BESOINS DE L'ENTREPRISE

Dans ce chapitre, les entretiens réalisés avec différents acteurs de l'organisation sont présentés. Puis le résultat des besoins est analysé pour permettre d'introduire par la suite des solutions à cette problématique. Ce chapitre a pour but de remplir l'objectif n°2.

5.1 Introduction des entretiens

Dans un contexte de gestion, mais surtout industriel, le retour d'expérience est un concept important. Il permet en effet d'optimiser ses façons de faire en capitalisant sur les expériences passées. Dans le domaine de la construction, même si les projets sont différents comme les acteurs aiment à le rappeler, il y a toujours des éléments comparables. Dans l'état actuel des choses, les retours d'expérience ne sont pas priorisés dans leur approche de gestion de projet. Cette approche des retours d'expérience consiste en des bilans de projet, en revanche aucun temps ne leur est dédié et le résultat est leur absence pour une majorité de projets. Cela entraîne un cercle vicieux sur la réutilisation, car elle nécessite un nombre de projets significatif pour être pertinente. Le résultat est que personne n'utilise ces bilans, et puisque personne ne les utilise, les gestionnaires de projet ne prennent pas le temps de les faire. Cependant les revues de littérature d'abord sur la construction 4.0 et sur le REX ont mis en évidence l'intérêt de la conservation et de la réutilisation des données générées. Cet intérêt est multiplié par le fait que les technologies actuelles et futures du numérique vont décupler le nombre, la qualité et l'hétérogénéité des données produites. De plus, au vu de l'industrie comparée au monde de la construction, le retard est partout, mais pour 2 points assez importants dans la gestion de projet, la planification et l'estimation, il ne semble pas y avoir besoin de technologies très avancées, ni très compliquées à mettre en œuvre pour obtenir les informations nécessaires pour capitaliser sur les expériences.

5.2 Stratégie et déroulement

Dans le présent chapitre, le travail consiste à établir le constat du travail actuel et notamment du REX dans l'entreprise. Puis, en fonction de l'expression de leur besoin en données, il s'agit de comprendre les corrélations possibles entre les besoins et les sources d'informations du point de vue du 4.0. Enfin, en fonction des informations obtenues, la suite est la création d'une métaliste

de données reliées aux besoins et requises pour le REX et surtout aux moyens 4.0 de collecte si possible.

Après des entretiens avec les protagonistes, il se trouve que les retours d'expérience de manière générale ne sont traduits que sous la forme de bilans de projet. En effet les autres formes d'extraction de données de projet sont les suivis 10/50/80 % (en avancement du projet) ainsi que les journaux de chantiers. Cependant ceux-ci ne comportent pas d'informations chiffrées réutilisables ou sont trop détaillés pour permettre une utilisation simple. Quant aux bilans de projet, malgré le fait de disposer d'un gabarit assez précis, ils s'intègrent dans un cercle vicieux : Leur taux de réponse est minimal donc très peu de gens les lit ; finalement l'intérêt de les faire n'est pas conservé. Cela ayant pour résultat d'avoir un taux de bilans complétés en fin de projet de moins de 5 %. Ce constat entraîne des questions sur le but des bilans de projet auxquelles l'entreprise n'a pas encore su répondre. Il convient, comme explicité, d'exprimer tout d'abord les besoins en données de projet à des fins statistiques et d'amélioration. De même, du fait de la non-utilisation des présents bilans, les besoins ne sont pas encore exprimés formellement. L'objectif est donc d'aller voir tous les acteurs possibles ayant besoin potentiellement de données projet. Ainsi une liste de personnes représentatives de leur département ou rôles respectifs a été établie à dessein de leur demander d'exprimer leurs besoins personnels respectifs (dans leur rôle au travail).

Donner la possibilité aux différents acteurs du processsus d'exprimer leurs besoins indépendamment des besoins de leur hiérarchie favorise l'établissement d'une représentation plus fidèle, objective et concrète des données nécessaires et non, voulues. Une fois leurs besoins en données établis, il s'agit donc de les trier et classer notamment par leur nature et leur temporalité nécessaire.

Leur nature d'une donnée sera de dire si cette information s'exprime avec seulement un chiffre à l'instar du budget total, ou une donnée simple autrement dit qui peut s'exprimer en un mot ou encore groupe nominal comme le nom du client. Cette donnée est dite simple, car elle pourrait s'insérer facilement dans une base de données.

Dans les bilans de projets actuels, on retrouve aussi des données qui sont plutôt un agrégat de données comme la liste des sous-traitants et qui peuvent donc être stockées simplement dans un

tableau, car il est constitué de plusieurs données chiffrées ou simples. La dernière catégorie de données recense les analyses, les explications et des images (comme des plans par exemple).

Ce qui est appelé temporalité de la donnée est le besoin d'avoir celle-ci à un moment donné. Par exemple l'analyse des écarts n'est pas nécessaire immédiatement, car elle sert des besoins de bilans/résumé d'une période au niveau plus stratégique. En revanche, le retard à l'échéancier par exemple pourrait potentiellement servir à des fins de suivi au jour le jour. Il a donc aussi une notion de priorisation des besoins en données.

L'objectif est donc de pouvoir cartographier les données nécessaires à un rôle dans l'entreprise ainsi que leur nature, leur temporalité et leur priorité sous la forme d'une matrice à 5 dimensions : données, rôle, nature de la donnée voulue, temporalité nécessaire, priorité pour ce rôle.

Pour l'entretien avec chaque expert, une méthodologie d'entretien semi-structuré a été créée afin de répondre aux objectifs fixés compte tenu de la disparité des rôles auxquels nous avons à faire (voir Annexe B pour la méthodologie complète demandée par l'entreprise). D'une manière synthétique, l'entretien se déroule en 3 étapes.

Premièrement une mise en contexte de ce travail de recherche s'impose, car tous les employés rencontrés ne connaissent pas forcément ce projet. Une explication du déroulement de l'entretien est effectuée.

Deuxièmement, il s'agit de comprendre la situation actuelle de la personne interrogée dans son propre contexte dans l'entreprise. Ainsi des questions de base sont posées à tous :

a) Dans ton travail, quelles sont les données issues de projets en cours ou terminés que tu utilises ?
b) Comment les récupères-tu, par l'intermédiaire de qui ou de quel(s) moyen(s) ?
c) Qu'est-ce que tu fais de ces données, pour les stocker, mais aussi pour les traiter ?

Puis, en fonction des réponses apportées à ces questions, et puisque la situation des différentes personnes interrogées est spécifique, des questions additionnelles sont posées pour préciser la compréhension et récolter des informations supplémentaires.

Par exemple, pour la situation spéciale qu'est celle du gérant de projet, d'autres questions additionnelles sont posées. L'objectif est de savoir comment il accède aux données de projet (les siens et ceux des autres), et aussi qui lui demande des données de ses projets.

d) Comment cherches-tu des données de projets antérieurs, si besoin ? Quelles sont ces données ?
e) Qui te sollicite pour te demander des données ? Quelles données ? Qui veut quoi ?
f) Quels sont les formulaires que tu remplis pour donner une information qui se trouve déjà accessible quelque part ?

Troisièmement, il s'agit d'essayer de projeter l'interlocuteur dans une situation idéale, dans le but d'avoir les besoins ultimes en données. Ainsi des questions de bases sont posées, mais elles sont complétées avec des informations reçues de la deuxième partie de l'entretien.

g) Si dans une situation idéale, tu avais à disposition toutes les informations que tu veuilles (et qu'il n'est pas possible d'avoir actuellement), quelles seraient-elles ?
h) Quelles données aimerais-tu avoir ?
i) Quels outils pourraient être plus adaptés pour faciliter ton utilisation/stockage/récupération des données de projet ?

Des résumés des prises de la compréhension sont effectués régulièrement durant la rencontre pour vérifier si les informations relevées sont justes et sont interprétées correctement.

5.3 Données recueillies par les entretiens

Pour l'expression des besoins, il est plus objectif et complet de réaliser des entrevues avec les acteurs susceptibles d'interagir avec les retours d'expérience comme expliqué ci-dessus.

Les personnes interrogées occupent des postes dans différents départements au sein de l'entreprise suivant le Tableau 5-1. Le secteur représente leur activité principale, à savoir Bâtiment et Civil qui sont les 2 catégories pour l'entreprise. Pour certains rôles ou départements, le secteur n'influence pas vraiment le travail effectué, la classification en secteur est donc non-applicable (N/A).

Tableau 5-1 : Personnes interrogées en fonction de leur rôle et de leur secteur privilégié

Personne	Rôle/département	Secteur
A	Qualité	N/A
B	Proposition	N/A
C	Coordination BIM	N/A
D	Gestion des risques	N/A
E	Directeur de projet	Bâtiment
F	Gérant de projet	Civil
G	Santé Sécurité du Travail	N/A
H	Estimation	Civil
I	Méthodes	Civil
J	Achat-logistique	N/A
K	Estimation	Bâtiment
L	Gérant de projet	Civil
M	Directeur de projet	Bâtiment
N	Directeur de projet	Civil
O	Estimation	Civil
P	Planification	N/A
Q	Administration de contrats	N/A
R	Estimation	Civil
S	Estimation	Civil
T	Directeur de projet	Civil

Tableau 5-1 : Personnes interrogées en fonction de leur rôle et de leur secteur privilégié (suite et fin)

U	Gérant de projet	Civil
V	Opérations électromécaniques	N/A
W	Coordination Développement TI, Dashboard, Base de données	N/A

Durant les entretiens avec ces personnes, en répondant aux questions et en digressant sur différents sujets, des besoins de retours sur des projets ont été identifiés. A la première lecture, une centaine de besoins de données de projets ont été établis par les répondants. Cependant, en agrégeant ces dites données certaines pouvaient être rassemblées, car les implications restaient très semblables. Une partie importante d'une donnée est sa forme, c'est pourquoi il a été établi le type, pour chacune des données initiales extraites des entretiens. Cette codification est tout simplement savoir si il s'agit d'une donnée qualitative ou quantitative. Par définition[5], le quantitatif est ce qui peut être mesuré et donc être associé à un chiffre, par extension, on appelle quantitatives, les données dont l'expression peut se faire uniquement par l'intermédiaire d'un chiffre, groupe nominal (nom du client par exemple) ou un ensemble ordonné des deux précédents comme un échéancier de projet. Les données quantitatives sont les données qui sont codifiées. Le terme qualitatif est donc le reste, soit les données non codifiées, non quantitatives. L'objectif est de récolter les besoins en données peu importe la nature de celles-ci, ce qui a été fait par les entrevues. Cependant, à court terme, il est plus simple de travailler sur les données quantitatives en premier lieu, une distinction est nécessaire. En annexe C, Tableau C-1, les résultats préliminaires sont présentés sous la première forme (sans travail sur la duplication des besoins) avec néanmoins le type de données avec 0 pour qualitative et 1 pour quantitative.

Ensuite pour pouvoir faire une analyse pertinente notamment des occurrences des besoins énoncés, les doublons de données sont éliminés tout en évitant de supprimer des détails importants en voulant combiner 2 d'entre eux. Le résultat s'exprime sous la forme des 63 besoins en fonction des répondants, de leur rôle ou département et enfin du type de données.

Il est aussi intéressant de noter que certaines données ne sont pas forcément très explicites et nécessite des précisions supplémentaires pour pouvoir être exploitées comme le contexte par

[5] https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais

exemple. Justement pour cet exemple en particulier, il vient d'une remarque entendue fréquemment au cours des entretiens. En effet les acteurs des projets doivent pouvoir remplacer des informations dans leur contexte très précisément pour être capable d'en extraire un maximum de bénéfice ainsi, on le peut voir sur d'autre intitulé comme les coûts par phase par dimension et par équipe, une donnée doit être en relation avec ses conditions d'existence pour être pertinente.

5.4 Analyse des besoins en données

Dans un premier temps, on note que certaines expressions de besoins en données de projet ont été énoncées par plusieurs répondants. En effet, certains besoins exprimés se retrouvent comme des informations générales et voulues à dessein de comparaison. Ainsi, le contexte par exemple devrait servir à situer les autres besoins comme les bons coups et mauvais coups dans les conditions de leurs apparitions.

En outre, des besoins se trouvent être spécifiques à certains départements et donc ne sont pas une demande commune. Par exemple, les estimateurs et plus largement le département d'estimation ont des besoins nombreux en données de projet, car leur fonction réside dans le fait de récupérer des données pour affiner les estimations à destination des futurs projets. Ils recherchent ainsi plus de détails notamment sur le contrôle de coûts. L'ensemble des besoins en données est regroupé dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, la seconde colonne donnant le nombre de répondant ayant énoncé ce besoin de données.

D'une manière générale tous les répondants avaient des besoins assez précis et ceux-ci sont souvent cités par plusieurs répondants. Cela indique notamment que les besoins sont partagés.

Tableau 5-2: Besoins en données et leur nombre d'occurrences pendant les entretiens

Besoin en données	TOTAL
Contexte	13
Bons coups mauvais coups (passés et actuels)	6
contrôle des coûts par activité	6
Coûts unitaires	6
évaluation des sous-traitants (basée sur les projets passés)	6
Retours des 3 souhaits des estimations de la réunion de démarrage (positif et négatif)	6
bons coups/mauvais coups par critère précis (gestion, estimation, sur les produits, sur les méthodes d'exécution)	5
Ecarts entre l'échéancier estimé et réel	5

Tableau 5-2 : Besoins en données et leur nombre d'occurrences pendant les entretiens

avancement des activités de l'échéancier	4
Contacts projet (équipe, client, sous-traitants,...)	3
coûts par phase par dimension et par équipe	3
écarts de coûts entre l'estimé et le réel (et profitabilité)	3
prix des du marché/de soumissions/réel des sous-traitants	3
rapport de production	3
analyse des risques	2
description travaux	2
détails réels des productions, coûts/quantités	2
échéancier	2
évaluation de l'équipe projet	2
exemple d'utilisation de technologies pour propositions/pédagogie	2
Explication des écarts dans l'échéancier	2
explication des écarts de coûts	2
Rétroaction du client (satisfaction,...)	2
indicateur de santé du projet/statistiques de projet	2
méthode logistique	2
méthodes de construction	2
Ratios de production	2
ratios de productivités	2
Risques SST	2
suivi de l'avancement des sous-traitants	2
Tests de nouvelles technologies	2
analyse des non-conformités ou déficiences, nombre, délais moyens pour les régler	1
avancement de l'utilisation du BIM	1
Avancement en date de fin prévue	1
Base de données des CV des gérants	1
besoins du chantier (matériel, matériaux), check-list du projet	1
certificat de fin substantielle	1
classements des sous-traitants par catégories	1
échéancier de construction de sous-ensemble	1
échéancier de mise en service de sous-ensemble	1
équipements utilisés en interne sur le chantier	1
évaluation des matériels	1
évaluation des produits	1
évaluation des services achats	1
explication de l'écart de profitabilité	1
Explication du délai en l'acceptation substantielle et finale	1
facturations	1

Tableau 5-2 : Besoins en données et leur nombre d'occurrences pendant les entretiens (suite et fin)

fiche de production	1
fiches qualité des pièces	1
formulaire d'assurance	1
frais généraux ramenés à une base (quantité, temps,...)	1
gabarits temporaires	1
Heures de travail par sous-traitants	1
modèle 3D des sous-traitants	1
photos des conditions chantier	1
plans d'action vis-à-vis des situations passées	1
Plans d'installation	1
plans des chantiers	1
Preuves de formation des travailleurs	1
rapport SST	1
résultat de soumission	1
similitudes entre les projets	1
visiteurs du jour	1

Si on lie les besoins à l'analyse de valeur et à l'analyse causale des processus ainsi que les autres informations récupérées pendant les entretiens, on peut obtenir des corrélations assez intéressantes et qui permettent de prioriser les besoins.

Dans un premier temps, l'analyse de valeur a révélé que les retours d'expérience étaient réalisés de manière informelle et cela a été confirmé par les acteurs des projets au cours des entretiens. De plus on a analysé que deux des causes des dysfonctionnements des processus de suivi et de planification se trouvaient être le manque de fiabilité des données et leur incohérence dans leur temporalité. Également, ces constatations ont été vérifiées pendant les entretiens. En effet, outre le manque de formalité des retours d'expérience, qui cause une disparité totale des moyens actuels de retour en fonction de la personne impliquée, la fiabilité des données est aussi remise en cause par quelques répondants. Ce manque de fiabilité dans les données de projets transmises, est due selon eux à d'une part un manque d'homogénéité dans les formations de récolte de données qui cause une hétérogénéité dans les données transmises en fonction des projets. D'autre part une faible mise en contexte des informations transmises et donc une plus grande erreur d'incertitude pendant la phase de leur réutilisation diminuerait la fiabilité des données. Les prix des coulées de béton à Montréal par rapport à Québec par les estimateurs en sont un bon exemple. Cette dernière

remarque fait prioriser le contexte à définir pour fournir une information, car comme l'a dit un des répondants « sans contexte c'est inutile » en parlant des données de projet.

Dans un second temps une autre donnée informelle liée aux bons coups et aux mauvais coups a été répétée par quasiment tous les répondants, mais logiquement avec des sens et des demandes spécifiques quelque peu différents. Il serait donc pertinent de préciser ces demandes en donnant des définitions évitant les quiproquos au sujet de ces besoins.

Cependant certaines données ne sont pas informelles et sont même déjà codifiées et stockées dans des logiciels et autres plateformes accessibles par exemple les coûts. On remarque par ailleurs quant à la provenance de tous les besoins en général que le principal émetteur de besoin reste le gérant de projet. D'une part cette information n'est pas surprenante, car son rôle est la coordination des équipes du projet et la centralisation des décisions qui y sont prises, mais toutefois par les entretiens certaines demandes d'autres départements envers les gérants sont inutiles, car l'information voulue est déjà soit disponible dans un logiciel soit par un autre moyen. Additionnellement des données peuvent être demandées par plusieurs personnes différentes ce qui représente outre une perte de temps, des doublons de gestion. En effet, en voyant la nature de certaines de ces données dites quantitatives et codifiées, il est facile d'imaginer une automatisation de la récolte de cette information d'autant plus qu'il s'agit en fait d'un transfert et non d'une création de la donnée, mais les répondants aussi avaient leurs idées sur des façons simples de faire pour certaines données. On peut faire par exemple référence à ce qui se rattache aux coûts et à l'échéancier, car ils sont gérés par des outils informatiques. On retrouve ces informations résumées dans le Tableau 5-4 ci-dessous dans lequel pour chacun des besoins déjà présentés sont associés une source principale actuelle et le moyen de transmission actuel de cette information. La mention N/A peut correspondre, en fonction du besoin en question et du projet dans lequel il est demandé, à différentes significations comme présenté dans le Tableau 5-3.

Tableau 5-3 : explication de la signification de N/A dans le Tableau 5-4

Explication de N/A	Description
Non Applicable	il n'y a pas de moyen de transmission pour ce besoin
Non récupéré	le moyen de transmission existe, mais n'est pas utilisé
Récupéré sans moyen commun	Si l'information est récupérée, ce n'est pas par un moyen identique à chaque fois
non communiqué	Il n'y a pas eu d'informations pouvant justifier le moyen de transmission pendant les entretiens
non existant	la donnée n'existe pas actuellement

Tableau 5-4 : Source et moyen actuel de transmissions des besoins en données énoncés

Besoin en données	Occurrence	Source	Moyen de transmission actuel
Contexte	13	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion
Bons coups mauvais coups (passés et actuels)	6	Gérant	Courriel/téléphone/réunion de gérance
contrôle des coûts par activité	6	Gérant	Excel
Coûts unitaires	6	Gérant	N/A
évaluation des sous-traitants (basée sur les projets passés)	6	Gérant	Logiciel CMIC Formulaire spécifique
Retours des 3 souhaits des estimations de la réunion de démarrage (positif et négatif)	6	Gérant	Courriel/téléphone
bons coups/mauvais coups par critère précis (gestion, estimation, sur les produits, sur les méthodes d'exécution)	5	Gérant	N/A
Ecarts à l'échéancier entre estimé et réel	5	Logiciel de gestion de l'échéancier	N/A
avancement des activités de l'échéancier	4	Surintendant	Courriel/téléphone/Discussion

Tableau 5-4 : Source et moyen actuel de transmissions des besoins en données énoncés (suite)

Contacts projet (équipe, client, sous-traitants,...)	3	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion
coûts par phase par dimension et par équipe	3	Gérant	N/A
écarts de coûts entre l'estimé et le réel (et profitabilité)	3	Gestion des coûts	Courriel/téléphone/Discussion
prix des du marché/de soumissions/réel des sous-traitants	3	Sous-traitants	N/A
rapport de production	3	Gérant	N/A
analyse des risques	2	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion
description travaux	2	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion
détails réel des productions, coûts/quantités	2	Gérant	N/A
échéancier	2	Logiciel de gestion de l'échéancier	N/A
évaluation de l'équipe projet	2	Gérant	N/A
exemple d'utilisation de technologies pour propositions/pédagogie	2	Equipe BIM	N/A
Explication des écarts dans l'échéancier	2	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion
Explication des écarts de coûts	2	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion
Rétroaction du client (satisfaction,...)	2	Client	Courriel/téléphone/Discussion
Indicateur de santé du projet/statistiques de projet	2	Logiciels de gestion	N/A
Méthode logistique	2	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion
Méthodes de construction	2	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion
Ratios de production	2	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion
Ratios de productivités	2	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion

Tableau 5-4 : Source et moyen actuel de transmissions des besoins en données énoncés (suite)

Risques SST	2	Agent de prévention/Gérant	Logiciel SST
suivi de l'avancement des sous-traitants	2	Gérant	N/A
Tests de nouvelles technologies	2	Equipe BIM	N/A
analyse des non-conformités ou déficiences, nombre, délais moyens pour les régler	1	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion
avancement de l'utilisation du BIM	1	Equipe BIM	Courriel/téléphone/Discussion
Avancement en date de fin prévue	1	Logiciel de gestion de l'échéancier	N/A
Base de données des CV des gérants	1	N/A	N/A
besoins du chantier (matériel, matériaux), check-list du projet	1	Gérant	Courriel/ téléphone/Discussion/Check-list
certificat de fin substantielle	1	Gérant	Certificat de fin
classements des sous-traitants par catégories	1	N/A	N/A
échéancier de construction de sous-ensemble	1	Logiciel de gestion de l'échéancier	N/A
échéancier de mise en service de sous-ensemble	1	Logiciel de gestion de l'échéancier	N/A
équipements utilisés en interne sur le chantier	1	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion
évaluation des matériels	1	Gérant	N/A
évaluation des produits	1	Gérant	N/A
évaluation des services achats	1	Gérant	N/A
explication de l'écart de profitabilité	1	Gérant	N/A
Explication du délai en l'acceptation substantielle et finale	1	Gérant	N/A
facturations	1	Gérant	N/A
fiche de production	1	Gérant	N/A
fiches qualité des pièces	1	Gérant	N/A

Tableau 5-4 : Source et moyen actuel de transmissions des besoins en données énoncés

(suite et fin)

formulaire d'assurance	1	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion
frais généraux ramenés à une base (quantité, temps,...)	1	Gérant	N/A
gabarits temporaires	1	Gérant	N/A
Heures de travail par sous-traitants	1	Agent de prévention/Gérant	Logiciel SST
modèle 3D des sous-traitants	1	Sous-traitants	N/A
photos des conditions chantier	1	Surintendant	Courriel/téléphone/Discussion
plans d'actions vis-à-vis des situations passées	1	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion
Plans d'installation	1	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion
plans des chantier	1	Gérant	Courriel/téléphone/Discussion
Preuves de formation des travailleurs	1	Agent de prévention/Gérant	Logiciel SST
rapport SST	1	Agent de prévention/Gérant	Logiciel SST
résultat de soumission*	1	Propositions/Soumissions	Courriel/téléphone/Discussion
similitudes entre les projets	1	N/A	N/A
visiteurs du jour	1	Agent de prévention/Gérant	Logiciel SST

La conclusion que l'on peut tirer de ce tableau est d'une part l'informalité des échanges d'informations au sein de l'organisation. En effet, en majorité les moyens de transmission sont soit N/A pour les raisons expliqués dans le Tableau 5-3, soit le moyen de transmission est une combinaison de courriels, appels téléphoniques ou de rencontres. D'autre part, il est notable qu'une source substantielle de données soit le gérant et cela reflète surtout que l'origine de la donnée n'est pas toujours définie. En effet, le gérant est par défaut le centralisateur des

informations relatives à son projet. Cela indique donc le manque de connaissance sur les données nécessaires et sur la façon dont elles sont collectées.

Les résultats de ce chapitre permettent de discuter sur la manière dont les besoins sont utilisés pour le REX. Les besoins relevés ici sont limités par l'informalité et le manque d'uniformisation de leur contenu.

CHAPITRE 6 RÉSULTATS DE RECHERCHE ET DISCUSSIONS

Dans le but de pouvoir faire des recommandations exploitables pour l'entreprise, il s'agit tout d'abord de proposer des méthodologies permettant respectivement de formaliser les besoins en données, et de lier les besoins exprimés avec les concepts 4.0. Dans un second temps, l'objectif est d'illustrer ces méthodologies avec un cas concret. Enfin une discussion exprime les limitations à ces méthodologies, proposées vis-à-vis de la réalité industrielle.

6.1 Méthodes proposées

L'objectif de cette partie est de créer des liens entre les besoins en retour d'expérience précédemment énoncés. Le contexte de fonctionnement actuel de l'entreprise partenaire et les outils et concepts issus de l'industrie 4.0. Tout d'abord, il s'agit de proposer une méthode pour l'informalité des besoins exprimés et dans un second temps, un modèle d'alignement entre ces besoins formalisés et les concepts de 4.0. Pour rappel, les besoins énoncés dans ce chapitre sont les besoins en relation avec le REX déterminé dans le chapitre précédent et les méthodes proposées ont pour but principal d'améliorer les performances du REX dans l'organisation.

6.1.1 Méthode de formalisation des besoins en données

D'une manière générale, comme il a été fait mention dans la partie précédente, il faut une standardisation de certains des processus importants. La récolte de données, pour être fiable et permettre une réutilisation, doit être faite d'une manière uniforme comme l'ont mentionné plusieurs répondants. Cela fait partie des constatations que les données ne peuvent pas être utilisées à des fins statistiques par exemple, car la fiabilité de celles-ci varie trop fortement. Cela s'explique par la disparité des formations des employés responsables de la récolte ou création des données.

De la même manière, la standardisation doit passer aussi par les moyens de transmission des données. En effet, les moyens actuels sont totalement disparates au sein de l'entreprise et surtout les moyens existants ne sont pas toujours formalisés.

Concernant spécifiquement les besoins en données informelles et qualitatives, une fois des précisions apportées sur leurs définitions respectives par les protagonistes de l'organisation, une partie importante se rapporte à la question du transfert du tacite en explicite. En effet, pour

pouvoir retrouver ces informations dans des bases de données par exemple, il est nécessaire de les ordonner. Une méthodologie assez simple pourra être mise en œuvre pour résoudre ce problème. Cette méthodologie est décrite Figure 6-1 et détaillée par étapes :

La première étape consiste en une concertation des acteurs des projets autant les créateurs des informations de projet que les utilisateurs des données. Cette concertation a pour but de définir précisément l'élément en question. La nécessité réside ici dans la définition de tous ce qui est inclus et ce qui n'est pas inclus dans ce thème. Cette étape est primordiale pour la standardisation des futurs résultats obtenus. Cette définition du terme ne doit pas seulement faire la description, mais aussi recenser où réside le besoin pour ce terme.

Dans un même élan, la tâche donnée à un groupe de protagonistes est de catégoriser cet élément ainsi décrit pour éclaircir différents points inclus dans l'élément présenté. Cette étape est liée à la première, car établir des catégories au sein du terme principal aide à définir ce qui est souhaité. Le résultat de cette étape se doit d'être un découpage du terme principal en plusieurs catégories distinctes.

En effet, la prochaine étape est une précision de ces catégories, donc la priorité est d'en faire des séparations aussi claires que possible. Des définitions des catégories doivent être apportées pour éviter des confusions lors de l'utilisation des données incluses dans ces catégories.

Pour poursuivre la précision du concept, une classification des catégories en éléments distincts et quantifiables est la prochaine étape, rendant alors l'élément informel initial exprimable par un nombre fini d'éléments formels. L'objectif ici et de pouvoir utiliser cette classification comme une définition précise, concrète et quantifiable. De plus, ces éléments composant la classification doivent être clairs de façon à permettre d'une part, une collecte simple de la donnée associée (l'élément est une donnée) et d'autre part, une réutilisation des données collectées. La standardisation est le mot clé pour cette méthodologie.

Enfin, reprenant l'effort de standardisation exprimé, une formation de l'ensemble des transcripteurs et utilisateurs de ces données, est nécessaire pour assurer la fiabilité requise à la réutilisation des données. Cette formation au sein de l'organisation doit être précise sur les besoins et sur les données voulues. En effet, l'importance est d'uniformiser les données et de normaliser la collecte des données.

La finalité de cette méthode qui est de permettre l'utilisation des données nécessaires passe par l'intermédiaire de la standardisation et la formalisation des besoins en données. Cette méthode permet la facilitation de transmission des données dans le cadre du REX.

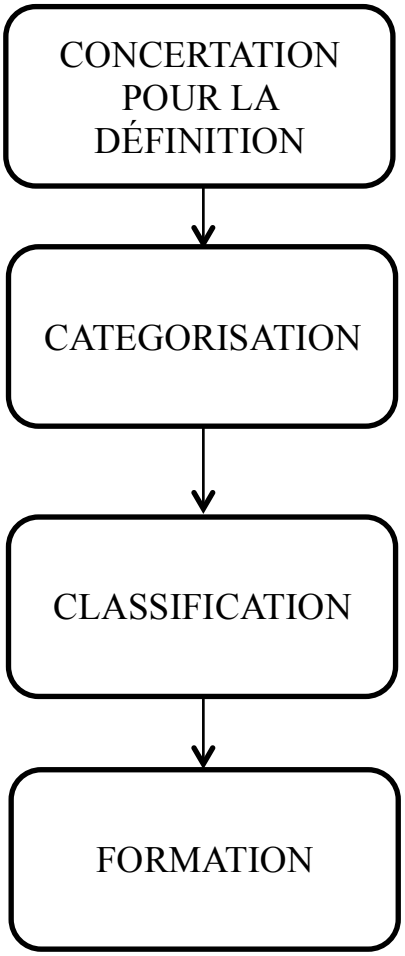


Figure 6-1: Méthodologie proposée pour la transformation d'éléments informels

6.1.2 Modèle d'alignement avec le 4.0

Dans l'objectif de s'aligner sur les concepts de l'industrie 4.0 présentés initialement comme l'objectif intermédiaire n°4 et notamment une définition d'aide à la décision en temps réel, il faut penser, comme vu dans la revue de littérature et les parties suivantes, aux besoins réels de l'entreprise, à son contexte et ses outils actuels.

La méthode de pensée utilisée par les entreprises et notamment le partenaire consiste pour l'instant à trouver une technologie classée comme 4.0 et à vouloir l'utiliser. Néanmoins, cette utilisation n'est pas toujours justifiée autrement que pour des fins marketing et de ventes comme en construction avec le BIM par exemple. La méthode sous-jacente au modèle proposé réside dans le fait de partir des besoins de l'organisation pour trouver des outils 4.0 possibles. On décompose cette méthode en plusieurs étapes (Figure 6-2).

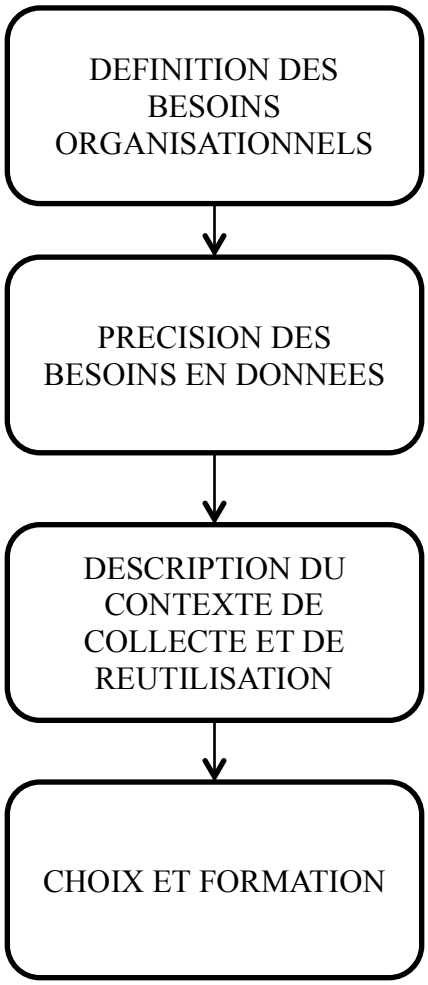


Figure 6-2: Méthodologie pour le modèle d'alignement

Premièrement, une définition des besoins de l'organisation est nécessaire, car cela va servir de base et de point de départ. Ces besoins sont toujours les besoins pour le retour d'expérience.

Par la suite, et à l'aide de la méthodologie présentée en 6.1.1 par exemple, l'expression des données nécessaires doit être effectué afin de savoir ce qu'il faut collecter en précision. Cette précision sur les données doit notamment exprimer la temporalité voulue pour celle-ci. Cela représente par exemple si on souhaite avoir un reflet en temps réel de la donnée réelle ou si, à l'extrême inverse, une mise à jour mensuelle suffit.

L'étape suivante consiste à décrire le contexte de collecte de la donnée en question dans le but de savoir par la suite si les outils disponibles sont adaptables à ce contexte précis. Il est aussi nécessaire de préciser le contexte de l'utilisation de la donnée, dans un second temps pour avoir une vision aussi sur la raison de la collecte de cette donnée.

La dernière étape est le choix d'outil technologique ou conceptuel du 4.0 pour répondre au besoin énoncé au début. Ce choix est évidemment complété par une formation à l'utilisation de cet outil toujours dans le but de standardisation. Il est à rappeler toutefois que ce n'est pas la technologie qui se rattache au 4.0, mais l'utilisation que l'on en fait est 4.0. En effet, la RFID n'est pas une technologie récente par exemple, mais son utilisation pour le monitoring de stock en temps réel est une utilisation 4.0.

Une remarque décisive sur cette méthodologie est qu'il faut l'appliquer pas à pas sur l'ensemble des besoins énoncés. En effet, cela pourrait permettre par exemple de combiner l'utilisation d'un outil pour plusieurs objectifs.

Cette méthodologie résulte en un modèle d'alignement entre les besoins organisationnels et les concepts du 4.0. Elle a pour but de construire des solutions pour le REX dans l'organisation, car le principe même de REX est le transfert de l'information et cette méthode permet de trouver des solutions pour une amélioration de cette transmission.

Ainsi pour la réutilisation des données et pour le rassemblement de celles-ci, les solutions de la littérature et des professionnels sont multiples et assez simples. En effet, comme précédemment mentionné, la difficulté réside dans la collecte et la création des données de projets.

6.2 Exemple de déploiement

6.2.1 Formalisation du Contexte

Prenons ici, comme exemple de mise en œuvre de la méthode proposée, le besoin le plus récurrent issu des entretiens : le Contexte. Enoncé par plusieurs répondants, le mot contexte, à première vue, peut avoir des sens légèrement différents selon les personnes interrogées, il s'agit donc de définir un consensus sur la notion de contexte, en incluant la location géographique, et la surface construite par exemple (Tableau 6-1). Deuxièmement, afin de cibler ces informations et de les formaliser, il s'agit de les catégoriser en plusieurs idées plus quantifiables. Ainsi, grâce aux idées des répondants et à des documents existants au sein de l'organisation partenaire malgré leur faible taux d'utilisation, une proposition faisant office d'exemple (non exhaustif) quant à la catégorisation d'un besoin qualitatif informel est présentée.

Tableau 6-1 : Proposition de catégorisation du besoin « Contexte »

Besoin	Catégories
Contexte	Type de sol
	Emplacement géographique
	Localisation
	Mode de réalisation
	Numéro interne du projet
	Type de projet général
	Type de projet spécifique
	Équipements spéciaux utilisés
	Nombre de travailleurs en force propre
	Nombre de sous-traitants
	Nombre total de travailleurs sur le chantier (moyenne)
	Technologies utilisées

Ensuite, pour assurer la codification de ce besoin, il faut standardiser les réponses à ces catégories. Il s'agit donc d'effectuer une classification pour chacune de ces catégories des

réponses attendues (Tableau 6-2). Pour certaines catégories cela se trouve être des choix de réponses, et pour d'autres un chiffre, ou une adresse par exemple.

Tableau 6-2 Proposition de classification des catégories du besoin « Contexte »

Catégories	Eléments de réponses
Type de sol	□ Marécageux □ Rocheux □ Argileux □ Autre:……
Emplacement géographique	(Adresse)
Localisation	□ centre-ville □ Quartier résidentiel □ Hors villes
Mode de réalisation	□ PPP □ Design-Build □ Gérance □ Forfait □ Clé en main □ Autre:.....
Numéro interne du projet	(numéro de projet dans le logiciel centralisé)
Type de projet général	□ Bâtiment □ civil
Type de projet spécifique	□ Construction neuve □ Agrandissement □ Rénovation fonctionnelle □ Mise aux normes □ Démolition □ Autres:…….
Equipement spéciaux utilisés	□ Grue □ Barge □ Autres:……
Nombre de travailleur en force propre	(nombre)

Tableau 6-2 Proposition de classification des catégories du besoin « Contexte » (suite et fin)

Nombre de sous-traitants	(nombre)
Nombre total de travailleurs sur le chantier (moyenne)	(nombre)
Technologies utilisées	□ Drones □ Arpentage Laser □ RFID □ LIDAR □ Réalité Virtuelle □ Autre:…….

L'objectif dans ce cas précis reste de pouvoir construire un outil de type base de données à l'aide de ces informations permettant aux acteurs de projets qui recherchent ce type de données. Avec une base de données, on pourrait retrouver à partir de celle-ci tous les projets ayant pour contexte, un projet partenariat public privé (PPP) en démolition dans un centre-ville. Le Tableau 6-1 et le

Tableau 6-2 n'ont pas la prétention d'être exhaustifs et sont construits dans le but d'illustrer le propos de la méthodologie proposée, pour essayer de formaliser les besoins énoncés qualitatifs. Ainsi, pour chacune des catégories du besoin, il y aurait une (mode de réalisation) ou plusieurs (Équipements spéciaux utilisés) réponses.

6.2.2 Outils 4.0 envisageables

Un exemple d'utilisation de la méthodologie complète pour l'alignement n'est pas testé ici, car les contextes de collecte des données nécessaires, par exemple, n'ont pas été relevé en détail lors de la recherche à cause de leur manque d'uniformité.

Un outil simple et accessible serait, par exemple, la création d'une base de données dans laquelle tous les besoins codifiés sont stockés. L'idée, de manière générale, est de pouvoir systématiser l'accès à ces informations en tout temps pour guider les acteurs de l'organisation avec des données de projets pertinentes et accessibles. Dans l'état actuel des choses, il a été relevé que l'organisation dispose de nombreuses plateformes et logiciels différents qui ne communiquent pas forcément entre eux. Une solution, qui ne bouleverserait pas trop le système en place qui est

déjà difficile à utiliser pour les employés, serait de lier les informations en base de données (comme c'est déjà le cas pour le département d'estimation, qui récolte lui-même les données nécessaires et les stocke sur un même fichier Excel). Cependant il faudrait que ce soit accessible (sous contraintes des informations sensibles, inquiétude de l'organisation) avec des droits règlementés pour chacun des acteurs de l'entreprise dépendant de données de projets. Pour les informations dites qualitatives, il faudra trouver des solutions codifiables à la manière de l'exemple du

Tableau 6-2. En effet avec une simple base de données, il suffirait d'un outil de recherche performant lié pour que ces informations soient faciles d'accès par tous.

6.3 Discussions

Pour la collecte et la création (à distinguer, car la nuance vient de l'origine de l'information, respectivement une situation et un humain), les défis à relever sont la fiabilité des données et la temporalité. Outre les raisons énoncées plus haut notamment par les acteurs de l'organisation partenaire, on retrouve ici des enjeux du 4.0. D'une part, les technologies de l'industrie 4.0 comme les puces RFID ou des opérations de LIDAR par drones par exemple, sont des solutions permettant de récolter des données en temps réel pour les utiliser par la suite. Cependant de telles technologies dont aucune liste ne sera faite ici, ne sont pas instantanée à utiliser. Il faut, en effet, des investissements dans le matériel et les compétences. La question ici, est d'utiliser le contexte organisationnel existant avec les outils et les usages. Une hypothèse de départ étant de trouver des solutions à court ou moyen terme pour l'entreprise partenaire, le but est de rattacher des concepts du 4.0 aux besoins actuels et le contexte. Ainsi, il s'agit ici pour la récolte et la création de données, le temps réel dans la construction n'est pas le même que dans un processus industriel et répétitif, et donc la temporalité nécessaire pour les chantiers oscille entre la demi-journée et le mois suivant les chantiers. Dans la mesure où (d'après les entretiens effectués) certains projets sont suivis quasiment à l'heure près avec des techniques et technologies que l'on attribue au 4.0 comme l'arpentage laser (pour le contrôle d'avancement des fondations), contrairement à d'autres qui ne disposent pas de planification de projet et où un état des lieux est fait chaque mois sur l'avancement. Il faut donc composer avec l'hétérogénéité du cas de l'entreprise. Cela revient

à la remarque sur le manque de fiabilité des données causé par la disparité des formations à ces fins. L'identification et la formalisation concrètes des données sont donc la première étape pour être capable de passer à des concepts plus technologiques nécessitant plus d'investissements. Les bases doivent être établies pour introduire des pratiques plus optimisées.

Pour aller plus loin, il faut une vision extrêmement précise de l'état des systèmes d'information. Car il n'est pas possible de conclure à ce sujet, même avec les entretiens, notamment celui du responsable de la coordination du développement TI, qui ne permettent pas de construire une représentation du fonctionnement. On peut rajouter que le caractère informel des utilisations des systèmes rend ce travail d'autant plus compliqué. L'étape suivante serait par conséquent d'analyser ces pratiques relatives au TI, dans le but de les faire correspondre à des objectifs du 4.0.

La recherche sur ce sujet est donc encore limitée par des obstacles. D'une part les technologies dites 4.0 ne sont pas encore assez matures pour pouvoir être utilisé à court terme par une organisation novice en la matière. D'autre part les besoins changeants et peu définis de l'organisation liés au manque d'expertise en 4.0, compliquent la tâche de standardisation des données collectées. De plus la disparité des contraintes des contextes de chantiers favorise le manque d'uniformisation, en fournissant une excuse face à la difficulté d'une standardisation généralisée au sein de toute l'organisation.

Une hypothèse du REX qui se trouve être critique réside dans le fait que les acteurs des projets apprennent des expériences de la même manière. Or, les protagonistes ne sont pas égaux face à l'apprentissage par des données écrites. De plus, la disparité des résultats aux entretiens semi-structurés ne permet a priori pas de résultats réplicables surtout si d'autres répondants sont interrogés.

Le REX dans son état actuel , c'est-à-dire quasiment inexistant et inefficace, ne permet pas non plus de trouver des solutions à court terme évidentes. En effet, aussi belles soient les solutions et méthodes théoriques de la littérature, l'applicabilité réelle dans une organisation (et notamment en construction) nécessite plus qu'une structure théorique du REX. Cela s'apparente à d'autres systèmes de gestion comme les ERP, il faut penser le système en fonction de l'organisation comme ce travail de recherche le suggère pour construire un système unique.

En résumé le chemin est encore long pour arriver à l'idéal de l'utilisation du 4.0, cependant certaines pratiques logiques actuelles peuvent être poussées dans ce sens assez facilement par l'intermédiaire de formations à ce concept, mais aussi de standardisation des processus de projet dans toute l'organisation. Ainsi un retour d'expérience formel pourra être efficace dans le sens où il sera régi par les mêmes règles générales pour tous les projets. Les opportunités de recherche induites par ses limitations et cette recherche comptent la circonscription des données nécessaires au REX. Outre cette définition encore plus précise des besoins qui doit être effectuée et validée d'une certaine façon par l'organisation, une tâche plus théorique qui serait pertinente est la création d'une métaliste des utilisations possibles des technologies du 4.0 dans le contexte de construction. Ainsi le choix de technologies serait basé sur leurs possibilités dans le contexte cohérent. De plus une autre avenue de recherche serait la corrélation entre des types de données précises comme la localisation en temps réel de travailleurs sur un chantier et les technologies permettant cette collecte automatisée. Enfin pour compléter ces idées même si la faisabilité pour l'instant est improbable, il s'agirait d'établir toutes les données formelles pouvant être collectées sur un chantier de construction et de construire les combinaisons de données formelles qui expliqueraient tous les besoins organisationnels vis-à-vis du REX.

CHAPITRE 7 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'industrie de la construction accuse un retard technologique sur les industriels d'autres secteurs, cependant ce mémoire montre que des améliorations substantielles sont possibles pour franchir le cap de la 3ème et 4ème révolution industrielle. Malgré une littérature scientifique peu loquace à ce sujet, des acteurs industriels, dont le partenaire, ont compris les intérêts latents. Dans ce mémoire, la difficulté et la route pour accéder à un niveau comparable à l'industrie 4.0 sont mises en avant.

Les processus actuels de REX dans le contexte de projets et notamment en construction s'avèrent être informels. Pourtant, des méthodologies théoriques existent dans la littérature scientifique, mais ces méthodologies expriment peu la mise en place concrète dans le contexte organisationnel. Certains points clés mis en avant ici, comme la récupération des données, sont des obstacles à la pratique réelle.

Notre analyse de la bibliographie et des bonnes pratiques suggère que pour pouvoir mettre en place des processus dans l'organisation, la nécessité consiste à ajuster sur les besoins de l'entreprise, un processus de REX unique à la manière du 4.0.

Une définition des besoins en données de projet, des utilisations de celles-ci et le fonctionnement actuels du REX ont permis d'exprimer ce dont a vraiment besoin l'entreprise partenaire, car il était impossible pour eux de l'expliquer autrement. Pour conserver la cible du 4.0, la concentration de la recherche se focalisait sur les besoins organisationnels, puis de pouvoir créer des liens avec des concepts issus de 4.0 sur ce constat.

La méthodologie proposée permet de résoudre le problème des données informelles qui représentaient une grande partie des besoins en données. Cette méthode permet de transformer ces données qualitatives en un nombre fini de données quantitatives pouvant être stockées et réutilisées plus simplement, et de faire correspondre les besoins du REX avec des outils 4.0 en partant des besoins. Alliée à la méthode d'alignement pour faire correspondre des technologies aux besoins organisationnels, cela permet de créer une ouverture pour l'introduction de concepts 4.0 dans un processus relevant de l'informel.

En fonction des besoins exprimés en données, il a été défini que l'étape préalable à la construction d'outils précis consiste à formaliser ces données. Deuxièment, la standardisation doit s'appliquer également à la récupération de ces données quantifiées pour permettre une

analyse fiable. Finalement, une feuille de route pour atteindre l'objectif du 4.0 doit être équilibrée avec le contexte actuel de l'organisation. Et les technologies du 4.0 utilisées à long terme seront la réponse soit à la collecte d'une donnée, soit à sa transmission, soit à son stockage ou soit à sa réutilisation. Les prochaines étapes de recherche à mener suite à ce travail consistent à trouver les données nécessaires dont la collecte pourraient être automatisée depuis un chantier puis de faire correspondre des outils 4.0 le permettant.

BIBLIOGRAPHIE

Barbosa, F., Woetzel, J., Mischke, J., Ribeirinho, M. J., Sridhar, M., Parsons, M., . . . Brown, S. (2017). Reinventing construction: A route to higher productivity. *McKinsey Global Institute*.

Bell, L., Van Waveren, C. C., & Steyn, H. (2016). Knowledge-sharing within the project-based organisation: a knowledge-pull framework. *South African Journal of Industrial Engineering, 27*(4), 18-33.

Berg, S., Legnerot, C., Lindström, A., Nilsson, M., Bosch-Sijtsema, P. M., & Gluch, P. (2012). Knowledge transfer within and across organizational boundaries: A case study in the construction industry. Communication présentée à ARCOM 28th Annual Conference, Edinburgh, 3-5 September 2012.

Bled, A., Cousin, N., Roland, T., Perrier, N., Danjou, C., Pellerin, R., & Bourgault, M. (2019). Industry 4.0 in construction site logistics: a comparative analysis of research and practices. *International Journal of Managing projects in business*.

Buttler, T., & Lukosch, S. (2012). Rethinking lessons learned capturing: using storytelling, root cause analysis, and collaboration engineering to capture lessons learned about project management. Communication présentée à Proceedings of the 12th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies (p. 3).

Carrillo, P. (2005). Lessons learned practices in the engineering, procurement and construction sector. *Engineering, Construction and Architectural Management, 12*(3), 236-250.

Danjou, C., Pellerin, R., & Rivest, L. (2017). Le passage au numérique: Industrie 4.0: des pistes pour aborder l'ère du numérique et de la connectivité.

Drath, R., & Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or hype?[industry forum]. *IEEE industrial electronics magazine, 8*(2), 56-58.

Duffield, S., & Whitty, S. J. (2015). Developing a systemic lessons learned knowledge model for organisational learning through projects. *International journal of project management, 33*(2), 311-324.

Duffield, S., & Whitty, S. J. (2016). How to apply the Systemic Lessons Learned Knowledge model to wire an organisation for the capability of storytelling. *International Journal of Project Management, 34*(3), 429-443.

Eken, G., Bilgin, G., Dikmen, I., & Birgonul, M. T. (2015). A lessons learned database structure for construction companies. *Procedia Engineering, 123*, 135-144.

Fitsilis, P., Gerogiannis, V. C., & Kameas, A. (2006). Extracting and Maintaining Project Knowledge Using Ontologies. Communication présentée à Technologies for Collaborative Business Process Management (p. 72-83).

Henning, K. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0.

Kamara, J. M., Anumba, C. J., Carrillo, P. M., & Bouchlaghem, N. (2003). Conceptual framework for live capture and reuse of project knowledge. *CIB REPORT, 284*, 178.

Kärnä, S., & Junnonen, J.-M. (2005). Project feedback as a tool for learning. Communication présentée à Annual conference of the international group for lean construction (vol. 13, p. 47-55).

Li, J., & Yang, H. (2017). A research on development of construction industrialization based on BIM technology under the background of Industry 4.0. Communication présentée à MATEC Web of Conferences (vol. 100, p. 02046).

Lin, Y.-C., Wang, L.-C., & Tserng, H. P. (2006). Enhancing knowledge exchange through web map-based knowledge management system in construction: Lessons learned in Taiwan. *Automation in Construction, 15*(6), 693-705.

Mao, H., Liu, S., Zhang, J., & Deng, Z. (2016). Information technology resource, knowledge management capability, and competitive advantage: The moderating role of resource commitment. *International Journal of Information Management, 36*(6), 1062-1074.

McClory, S., Read, M., & Labib, A. (2017). Conceptualising the lessons-learned process in project management: Towards a triple-loop learning framework. *International Journal of Project Management, 35*(7), 1322-1335.

Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry, 83*, 121-139.

Oti, A., Tah, J., & Abanda, F. (2018). Integration of Lessons Learned Knowledge in Building Information Modeling. *Journal of Construction Engineering and Management, 144*(9), 04018081.

Perrier, N., Bled, A., Cousin, N., Roland, T., Danjou, C., Pellerin, R., & Bourgault, M. (2019). Construction 4.0. Part I: A survey of research trends.

Schieg, M. (2007). Post-mortem analysis on the analysis and evaluation of risks in construction project management. *Journal of business Economics and management, 8*(2), 145-153.

Schindler, M., & Eppler, M. J. (2003). Harvesting project knowledge: a review of project learning methods and success factors. *International journal of project management, 21*(3), 219-228.

Wilkinson, R., Sherratt, F., & Farrell, P. (2015). Knowledge management on site: a case study project. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Management, Procurement and Law, 168*(mp2), 99-109.

Wong, P. S. P. (2015). To learn or not to learn from project monitoring feedback: In search of explanations for the contractor's dichromatic responses. Dans The Soft Power of Construction Contracting Organisations (p. 141-164): Routledge.

Wu, Y. N., & Chen, Q. Z. (2010). Research of knowledge management in the field of project management. Communication présentée à Advanced Materials Research (vol. 113, p. 42-46).

ANNEXE A — PROCESSUS CARTOGRAPHIES

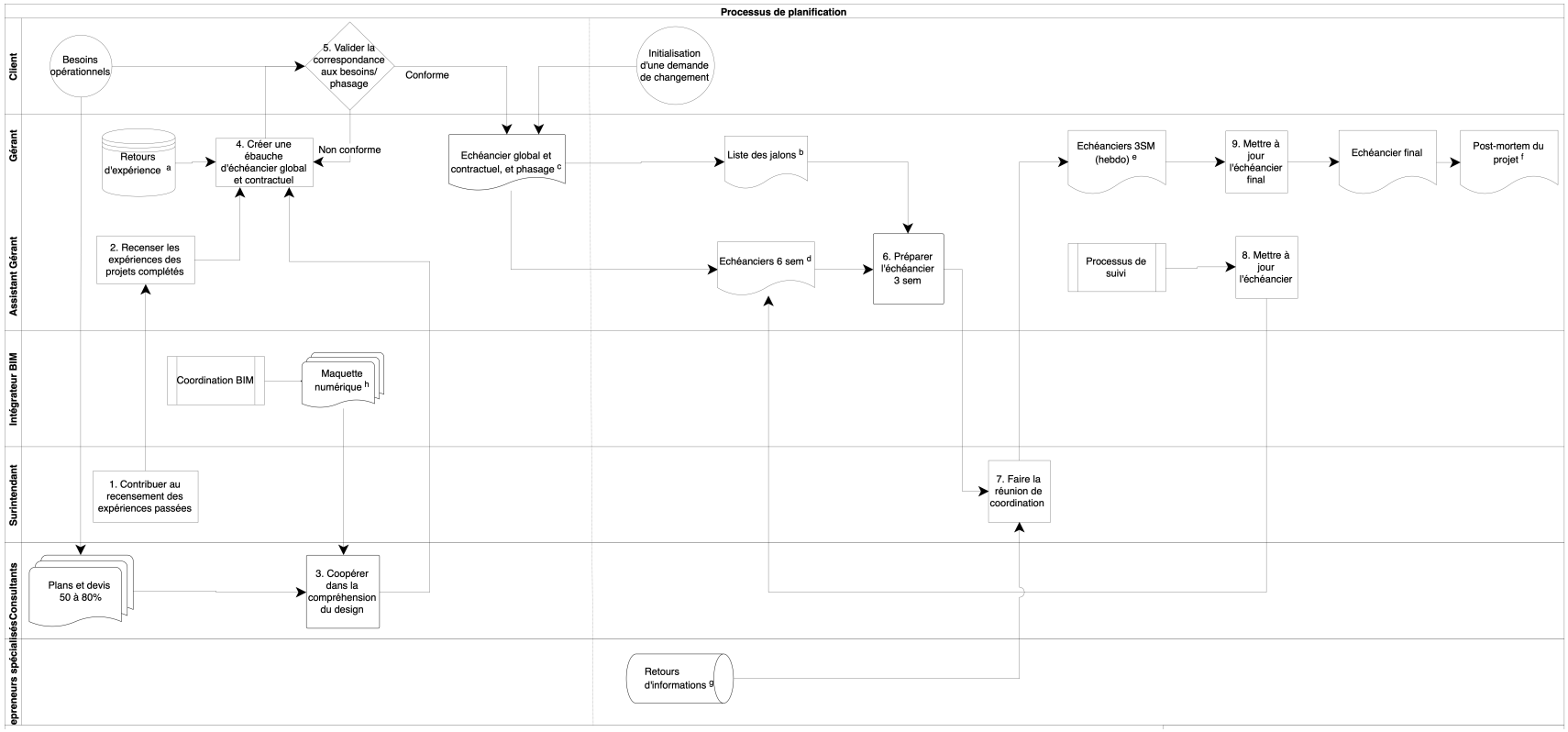


Figure A-1: Cartographie du processus de planification

Notes du processus de planification :

1. Cette activité s'effectue avec le gérant et l'assistant (activité 2) pendant laquelle tous discutent de points informels pertinents pour la création de l'échéancier de départ. Les expériences passées sont celles vécues par le surintendant et sont informelles et sans autre trace que dans son esprit.

2. Cette activité est réalisée en collaboration entre le gérant et l'assistant gérant, elle est informelle du fait de la nature de l'information.

6. L'assistant gérant prépare l'échéancier 3 semaines en mettant les post-its du tableau de coordination à jour (chaque semaine) en tenant compte de l'échéancier 6 semaines et de la listes des jalons.

7. La réunion de coordination est réalisée conjointement avec les contremaitres des entrepreneurs spécialisés et consiste à présenter l'échéancier aux 3 semaines. Cela sert aussi à repérer les possibles conflits spatiaux, car l'échéanciers est représenté par zone avec chacun des entrepreneurs qui y travaillera.

a. La base de données des retours d'expérience est informelle, elle est constitué des expériences des individus. Aucun document n'est utilisé, mais il devrait y avoir les journaux de chantier, les rapports mensuels, les rapports d'avancement et les bilan de projet (post-mortem).

b. La listes des jalons, est extraite de l'échéancier global et est composée de jalons, livrables et/ou documents; cette liste n'est pas forcement formalisée, elle peut simplement être extraite de l'échéancier.

c. L'échéancier est réalisé sur le logiciel MS project et est sous la responsabilité de l'assistant gérant.

d. L'échéancier aux 6 semaines est mis à jour toutes les 3 semaines et est une troncature de l'échéancier global. Il est imprimé et sert de base à l'échéancier 3 semaines.

e. L'échéancier 3 semaines est actualisé toutes les semaines par la réunion de coordination avec les entrepreneurs spécialisés. Il est visible sur un tableau et est composé de zones du chantier avec des post-its de couleurs qui définissent chacunes un entrepreneurs en particulier.

f. Le bilan de projet ou postmortem est requis par l'entreprise, mais en réalité, très peu de projet en dispose. Cependant des rapports internes d'avancement à 10 %, 50 % et 80 % d'avancement du projet sont produits.

g. Les retours d'informations des entrepreneurs spécialisés sont informels sous forme de conversation avec le surintendant pendant la réunion de coordination ou à tout autre moment.

h. La maquette numérique faite sous autodesk, elle est actualisée environ toutes les 2 semaines.

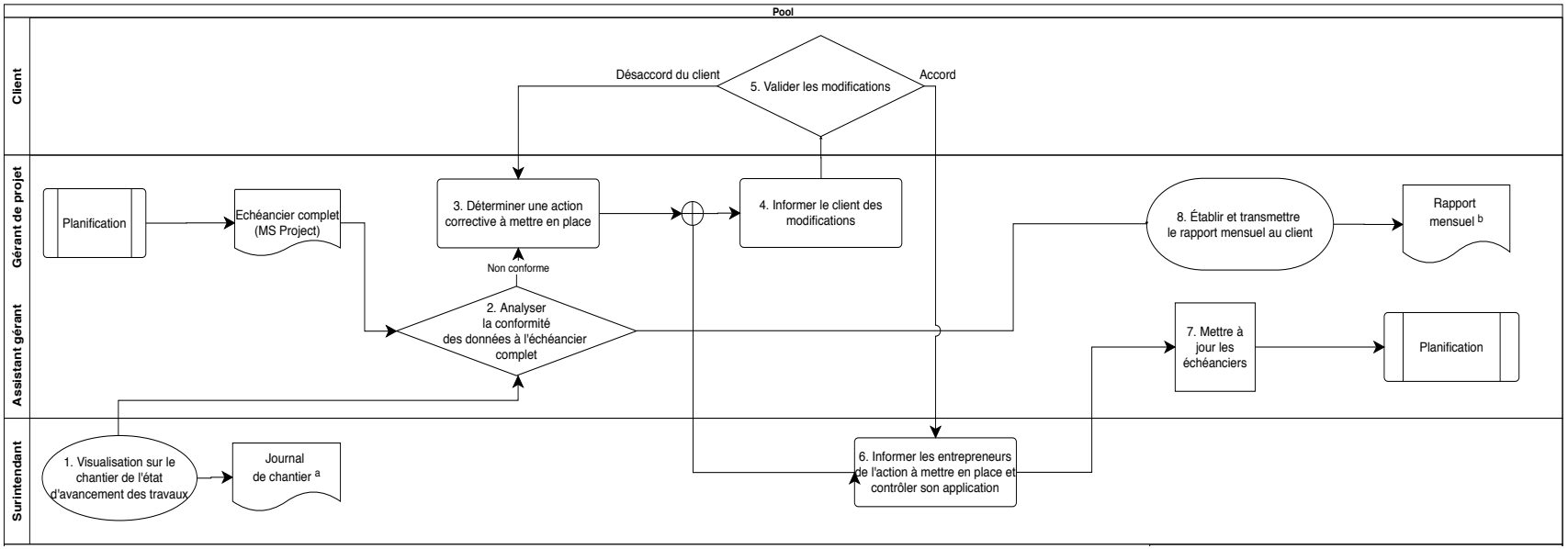


Figure A-2: Cartographie du processus de suivi

Notes du processus de suivi :

1. Cette opération s'effectue par déambulation sur le chantier quotidiennement. L'information récoltée est trnsmise au gérant et à l'assistant gérant de manière informelle de vive voix ou par téléphone.

2. Cette activité est réalisée de manière hebdomadaire.

3. Cette étape se fait en collaboration avec l'assistant gérant.

4. Cette étape peut être formelle ou informelle selon le type de modification, elle peut s'effectuer de vive voix, par téléphone ou email.

6. Cette activité est informelle et s'effectue par déambulation sur le chantier.

7. L'assistant gérant effectue les mises à jour sur MS Project de manière hebdommadaire.

a. Le journal de chantier contient les informations sur la météo, les activités du jour, le nombre d'heures travaillées et d'employés. Il est établit à partir d'un gabarit.

b. Le rapport mensuel contient un sommaire exécutif, le détail des activités de la période, les problèmes d'exécution et les solutions, les mises à jour apportées à l'échéancier et les jalons importants, le suivi des appels d'offre et l'octroi des contrats, le budget, les risques pour la période en cours, la progression des travaux, la gestion des changements, les visites de chantier, les données de santé et sécurité, une partie sur la coordination BIM et Lean. Le processus de suivi permet de remplir la partie consacrée à la progression des travaux, les problèmes d'exécution, les activités du mois.

ANNEXE B — MÉTHODOLOGIE D'ENTRETIENS SEMI-STRUCTURÉS

A) Objectif des entretiens avec les professionnels de l'entreprise partenaire

L'objectif des entretiens est de recenser les besoins en données relatives aux projets réalisés par l'entreprise partenaire. La démarche s'inscrit dans une réflexion corporative sur les retours d'expérience et les bilans de projet.

Concrètement, il s'agit d'identifier rigoureusement les données requises par un certain nombre d'acteurs-clés, ces données pouvant provenir de projets terminés ou en cours. Une fois toutes les données recensées, il sera possible d'en dégager une vision d'ensemble et proposer des recommandations vis-à-vis des besoins exprimés. En parallèle, une analyse des données existantes et différents outils existants est aussi issue des entretiens.

B) Démarche/méthodologie d'entretien utilisée pour les entrevues

1. Il s'agit d'abord d'introduire le contexte de l'étude : i) présentation du contexte de recherche, ii) le sujet spécifique de ce projet de maîtrise - retours d'expérience et construction 4.0, et iii) l'intégration de ce projet à l'initiative corporative d'amélioration des pratiques, notamment les recommandations touchant la refonte des bilans de projet.
2. Il faut ensuite expliquer le déroulement de l'entretien (deux parties). La **première partie** consiste à décrire la situation actuelle en termes d'utilisation des données, et ce, <u>dans le contexte spécifique de travail du répondant</u>.

   Les questions suivantes sont systématiquement posées pour tous les répondants:

   j) Dans ton travail, quelles sont les données issues de projets en cours ou terminés que tu utilises ?

   k) Comment les récupères-tu, par l'intermédiaire de qui ou de quel(s) moyen(s) ?

   l) Qu'est-ce que tu fais de ces données, pour les stocker, mais aussi pour les traiter ?

   En fonction des réponses apportées à ces questions, et puisque la situation des différents départements est spécifique, des questions additionnelles sont posées pour préciser la compréhension.

   Plus spécifiquement, pour les gérants de projet dont la situation est spéciale. En effet, ce sont la plupart du temps les émetteurs de données et ils ne cherchent pas d'éléments de leur propre projet.

   Le but est de savoir d'une part comment il accède aux données de projet autres que les siens (si besoin) et d'autre part, qui lui demande des données.

   m) Comment cherches-tu des données de projets antérieurs, si besoin ? Quelles sont ces données ?

n) Qui te sollicite pour te demander des données ? Quelles données ? Qui veut quoi ?

o) Quels sont les formulaires que tu remplis pour donner une information qui se trouve déjà accessible quelque part ?

Avant de passer à la deuxième partie de l'entretien, un résumé de ce qui a été discuté est présenté au répondant afin de vérifier que toutes les informations notées correspondent à ce qui a été dit, que rien n'a été omis.

La **seconde partie** de l'entretien vise à projeter une « situation idéale » touchant l'accès et la récupération d'information. Le but est donc d'essayer de voir quelles informations les personnes souhaiteraient avoir, même si elles ne sont pas forcément accessibles actuellement.

Pour atteindre cet objectif, les questions suivantes sont posées :

p) Si dans une situation idéale, tu avais à disposition toutes les informations que tu veuilles (et qu'il n'est pas possible d'avoir actuellement), quelles seraient-elles ?

q) Quelles données aimerais-tu avoir ?

r) Quels outils pourraient être plus adaptés pour faciliter ton utilisation/stockage/récupération des données de projet ?

De même que dans la première partie, des questions additionnelles sont posées pour préciser certaines idées et en fonction des réponses et des réactions.

C) Démarche de collecte et d'analyse de données

Les données issues des entretiens sont stockées sous une forme qui facilitera l'analyse.

Premièrement, <u>une matrice rôles/besoins</u>

- Rôles : catégorisation des répondants
- Besoins : données de projet utiles/nécessaires pour la réalisation de leurs tâches.

Deuxièmement, un fichier Excel des données disponibles dans les différents outils utilisés est produit.

Troisièmement, toutes les informations apprises lors de ces entretiens sont retranscrites dans des comptes rendus d'entretiens détaillés.

Livrables :

- Fichier Excel des besoins en données de projet en fonction des rôles des répondants aux entretiens
- Fichier Excel regroupant les données disponibles dans les outils utilisés par les répondants.
- Un fichier Word de compte rendu de tous les entretiens effectués.

ANNEXE C — BESOINS ÉNONCÉS EN FONCTION DES RÉPONDANTS ET DU TYPE DE DONNÉES

Tableau C-1 : Liste des besoins énoncés

Besoin en données	**Nom**	**Type donnée (1 pour formelle 0 pour informelle)**
Analyse des non-conformités ou déficiences, nombre, délais moyens pour les régler	A	0
Analyse des risques	Q	0
Avancement de l'utilisation du BIM	C	0
Avancement des activités de l'échéancier	P	1
Avancement du chantier dans le détails des activités	C	0
Avancement en date de fin prévue	D	1
Base de données des CV des gérants	B	0
Base de données projets	B	0
Besoins du chantier	J	0
Bons coups passés	E	0
Bons coups passés	F	0
Bon coup quand il arrive	E	0
Bons coups/mauvais coups de gestion	L	0
Bons coups/mauvais coups de l'estimation	L	0
Bons coups/mauvais coups sur les produits	V	0
Bons coups mauvais coups	P	0
Bons coups mauvais coups	N	0
Bons coups mauvais coups	H	0
Bons coups mauvais coups	M	0
Bons coups mauvais coups sur les méthodes d'exécution	I	0
Bons coups/mauvais coups par critère précis	U	0
Catégorie du projet	I	0
Certificat de fin substantielle	D	0
Check-list du projet	J	0

Tableau C-1 : Liste des besoins énoncés (suite)

Classements des sous-traitants par catégories	O	0
Client	E	0
Conditions/contextes projet	N	0
Contacts projet	E	0
Contexte	P	0
Contexte	Q	0
Contexte	R, S, T	0
Contexte	J	0
Contexte	L	0
Contexte	H	0
Contexte	M	0
Contrôle de coût	O	1
Contrôle des Coûts	E	1
Contrôle des coûts	Q	1
Contrôle des coûts par activité	R, S, T	1
Coûts par phase par dimension et par équipe	R, S, T	1
Coûts unitaires	H	1
Coûts unitaires	N	1
Coûts unitaires	M	1
Coûts unitaires	L	1
Coûts unitaires	V	1
Coûts unitaires finaux	U	1
Description travaux	E	0
Détails coûts/quantités	O	1
Détails réels des productions quantités	W	1
Données de chantier actualisé	F	0
Données environnement*	F	0
Écarts à l'échéancier	A	1
Écarts d'échéancier entre estimé et réel	W	1
Écarts de coûts	A	1

Tableau C-1 : Liste des besoins énoncés (suite)

Écarts de coûts entre l'estimé et le réel	W	1
Écarts de profitabilité	A	1
Écarts réels de l'échéancier par rapport au plan de référence de la soumission	R, S, T	1
Échéancier	E	1
Échéancier de construction de sous-ensemble	V	0
Échéancier de mise en service de sous-ensemble	V	0
Explication écart coût	E	0
Équipement utilisé en interne sur le chantier	J	1
Évaluation de la satisfaction client	A	0
Évaluation des matériels	J	0
Évaluation des produits	J	0
Évaluation des services achats	J	0
Évaluation des sous-traitants	D	0
Évaluation des sous-traitants	H	0
Évaluation des sous-traitants	L	0
Évaluation des sous-traitants	O	0
Évaluation sur l'équipe projet	L	0
Évaluations antérieures des sous-traitants	F	0
Exemple d'utilisation de technologies pour propositions/pédagogie	C	0
Explication de l'écart de profitabilité	A	0
Explication des écarts dans l'échéancier	A	0
Explication des écarts de coûts	A	0
Explication du délai en l'acceptation substantielle et finale	A	0
Explication écart échéancier	E	0
Facturations	F	1
Rétroaction d'estimation, négatif et positif	N	0
Rétroaction du client	B	0
Fiche de production	O	1
Fiches qualité des pièces	V	0

Tableau C-1 : Liste des besoins énoncés (suite)

Formulaire d'assurance	D	0
frais généraux ramenés à une base (quantité, temps,...)	O	1
Gabarits temporaires	I	0
Heures de travail par sous-traitants	G	1
Indicateur de santé du projet	Q	1
Informations générales du projet passé	B	0
Mauvais coup quand	E	0
Mauvais coups passés	E	0
Mauvais coups passés	F	0
Méthode logistique	E	0
Méthodes de construction	U	0
Méthodes de construction	I	0
Modèle 3D des sous-traitants	C	1
Noms des contacts ayant travaillé sur le projet	M	1
Photos des conditions chantier	H	0
Plans des chantiers	I	0
Plans d'action vis-à-vis des situations passées	N	0
Plans d'installation	I	0
Preuves de formation des travailleurs	G	0
Principaux travaux du jour	G	0
Prix des soumissions des sous-traitants	M	1
Prix du marché des sous-traitants	H	1
Prix réels des fournisseurs	V	1
Prix unitaires	U	1
Quantité mesurée sur le projet définie par la réunion de démarrage	N	1
Rapport de production	P	0
Rapport SST	F	0
Ratios de production	L	1
Ratios de productivités	N	1
Ratios par type d'activités	U	1

Tableau C-1 : Liste des besoins énoncés (suite et fin)

Répétitions de gestion	E	0
Résultat de soumission*	F	1
Retour des projets par rapport à l'estimation.	W	0
Retour sur les achats	J	0
Retour sur les fournisseurs	J	0
Retours des 3 souhaits des estimations de la réunion de démarrage	O	1
Retours positifs et négatifs des estimations coûts	O	0
Retours positifs et négatifs des estimations temps	O	0
Retours sur les points décidés en réunion de démarrage	R, S, T	0
Risques SST	G	0
Similitudes entre les projets	E	0
Sous-traitants	E	0
Statistiques de projet	M	0
Suivi de l'avancement des sous-traitants	U	1
Taux de production	V	1
Taux de productivité	H	1
Tendances	P	0
Tests de nouvelles technologies	C	0
Visiteurs du jour	G	0
Voir formulaire	B	0