

Titre: Assistance à l'implantation du "Building Information Modeling" par évaluation de la maturité et gestion des facteurs critiques de succès
Title:

Auteur: Romain Morlhon
Author:

Date: 2014

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Morlhon, R. (2014). Assistance à l'implantation du "Building Information Modeling" par évaluation de la maturité et gestion des facteurs critiques de succès
Citation: [Master's thesis, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie.
<https://publications.polymtl.ca/1540/>

Document en libre accès dans PolyPublie

Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/1540/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Robert Pellerin, & Mario Bourgault
Advisors:

Programme: Génie industriel
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ASSISTANCE À L'IMPLANTATION DU « BUILDING INFORMATION
MODELING » PAR ÉVALUATION DE LA MATURITÉ ET GESTION DES
FACTEURS CRITIQUES DE SUCCÈS

ROMAIN MORLHON

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE INDUSTRIEL)

AOÛT 2014

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

ASSISTANCE À L'IMPLANTATION DU « BUILDING INFORMATION MODELING » PAR
ÉVALUATION DE LA MATURITÉ ET GESTION DES FACTEURS CRITIQUES DE
SUCCÈS

présenté par : MORLHON Romain

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

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

M. TRÉPANIER Martin, Ph.D., président

M. PELLERIN Robert, Ph.D., membre et directeur de recherche

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

M. ABOUKHALED Charles, M.Eng., membre

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier l'ensemble des personnes ayant contribué de loin ou de près à l'aboutissement de cette maîtrise, qui s'est avérée très enrichissante sur le plan personnel et pour mon avenir professionnel.

Je remercie chaleureusement Robert Pellerin, directeur de recherche, qui m'a encadré et accompagné tout au long de mon parcours à Polytechnique Montréal. La réalisation de la maîtrise a grandement gagné en intérêt grâce aux orientations préconisées par Robert et ses conseils judicieux. J'adresse également des remerciements à Mario Bourgault, codirecteur de recherche, qui a parfaitement su s'investir en cours de route et apporté son expérience et ses précieuses remarques.

Je tiens également à mentionner le nom de Nathalie Perrier, qui a pu m'assister à diverses occasions tout au long de mon travail. À ce propos, je suis également reconnaissant du cadre de travail offert par la chaire de recherche SNC-Lavalin/Jarislowsky.

Je souhaiterais grandement remercier l'ensemble des répondants au questionnaire mis en place pour valider le modèle, qui ont été d'une aide précieuse. Je remercie également les personnes ayant indirectement contribué aux rencontres avec ces derniers, notamment pour l'aspect de planification des entrevues.

Finalement, j'aimerais remercier l'ensemble des personnes, notamment Sonia et Georges, qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de cette maîtrise et surtout à apprécier l'aventure vécue à Montréal pendant ces deux années.

RÉSUMÉ

Le travail présenté dans ce mémoire porte sur la large problématique d'implantation du Building Information Modeling (BIM), un outil de gestion collaborative prévu pour le secteur de la construction. Dans une industrie composée de nombreux acteurs destinés à travailler de concert pour le bon déroulement des projets, la capacité à mettre en commun les ressources et à suivre ensemble et en temps réel l'avancement d'un chantier est cruciale. D'autant plus que, depuis plusieurs décennies, l'industrie tout entière souffre d'un manque de progrès et d'une stagnation de sa productivité, notamment dus à cet aspect morcelé.

Un modèle d'assistance à l'implantation du BIM basé sur la maturité de celui-ci dans l'organisation entretenant ce projet, les facteurs critiques de succès associés à l'adoption de cet outil et des actions concrètes a été élaboré et est proposé aux professionnels du secteur de la construction. Après une évaluation préalable de la maturité, un utilisateur du modèle pourra identifier des enjeux clés à cibler et dans lesquels investir ses efforts en priorité pour progresser, efforts qui seront alors matérialisés par la mise en place des actions.

Afin d'assurer la pertinence du travail accompli et le sens du modèle par rapport aux problématiques de l'industrie, une démarche de validation impliquant plusieurs professionnels chevronnés dans le BIM a été mise en place selon la méthode DELPHI. Le bien-fondé des facteurs et actions a ainsi pu être mis à l'épreuve. Cela a notamment souligné la prépondérance de la standardisation et de l'implication de l'ensemble des acteurs d'un projet dans la transition vers le BIM, en reléguant les enjeux liés à la réingénierie des processus à une position secondaire. En ce qui concerne les actions, la contribution la plus significative a été l'adaptation de nombreuses formulations afin de refléter au mieux les réalités d'une implantation dans l'industrie. Des ajouts et suppressions d'actions ont également été pratiqués selon le critère de la pertinence.

Bien que le modèle s'attache à prendre en compte les enjeux majeurs d'une implantation, il ne présente toutefois pas un plan de marche défini. Il se limite également à déterminer des activités à mettre en place, sans préciser les rôles liés à celles-ci ou les livrables produits. Construit selon la volonté d'offrir des solutions flexibles selon les contextes, des ajustements en fonction des situations peuvent finalement être envisageables.

ABSTRACT

This master project deals with Building Information Modeling (BIM) implementation and the large sets of issues that it carries with. BIM is a collaborative tool for projects management among the construction industry, which has struggled during the past decades to improve its productivity. Indeed, because of the many stakeholders that have to work together or the outdated practices sometimes still in use, the whole sector stagnates. As a result, interoperability, effective communication and real time lifecycle management are crucial in that context, and BIM provides a convincing answer to those needs.

A model designed to assist BIM implementation and based on its maturity, critical success factors and concrete actions has been developed and is proposed to professionals from the construction industry. The intended use is the following: after having the BIM maturity in the organization assessed, it is possible to identify some critical issues to consider as priorities and in which efforts, taking the form of actions included in the model, have to be invested first to progress.

In order to assess the relevance of the work accomplished and of the model with respect of the practical issues met by the AEC industry, several professionals that have a recognized expertise in BIM were involved in a validation approach conducted according to the DELPHI method. Every item in the model, factors and actions, has been subjected to the scrutiny of the panel. Standardization and stakeholders' involvement in the BIM transition have been highlighted and appear to be the priorities, whereas business process reengineering seems to be of secondary importance. As far as actions are concerned, the main improvement has been formulations adjustments, to best reflect implementation realities and to have more accurate activities. Some items also have been added or deleted according to a relevance criteria.

Although the assistance model tries to cover the main implementation issues, no precise roadmap is given and documented. It also stays focused on activities, without any consideration about roles or deliverables associated with them. As the model was built in order to assist implementation without taking into account the specific context of each firm, further reflections about how to integrate different cases could be led.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	III
RÉSUMÉ.....	IV
ABSTRACT	V
TABLE DES MATIÈRES	VI
LISTE DES TABLEAUX.....	X
LISTE DES FIGURES	XII
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	XIII
LISTE DES ANNEXES.....	XIV
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : MISE EN CONTEXTE DU BUILDING INFORMATION MODELING ..	3
1.1 Historique	3
1.2 Présentation du BIM.....	4
1.3 Opportunités d'application du BIM pour l'industrie AIC	6
CHAPITRE 2 : REVUE LITTÉRAIRE SUR LES MÉTHODOLOGIES D'IMPLANTATION DU BUILDING INFORMATION MODELING ..	8
2.1 Introduction	8
2.2 Analyse statistique des publications sur le Building Information Modeling et son implantation	8
2.3 Revue des parutions	10
2.4 Définition et caractérisation d'une méthodologie	20
2.5 Revue critique et objectifs de recherche	22
2.5.1 Revue critique	22
2.5.2 Objectifs de recherche	24
2.6 Conclusion.....	25

CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE.....	26
3.1 Introduction	26
3.2 Démarche d'étude de la littérature	26
3.3 Élaboration du modèle et principe de fonctionnement.....	28
3.4 Validation du modèle	30
3.5 Conclusion.....	32
CHAPITRE 4 : MODÈLE D'ASSISTANCE À L'IMPLANTATION DU BIM	34
4.1 Introduction	34
4.2 Capability Maturity Model (CMM)	34
4.3 Facteurs critiques de succès	36
4.3.1 Réingénierie des processus d'affaires et des flux d'informations.....	38
4.3.2 Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie	40
4.3.3 Implication des parties prenantes extérieures.....	41
4.3.4 Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet	42
4.3.5 Éducation technique	43
4.3.6 Sélection des outils formant le BIM.....	44
4.4 Actions	45
4.5 Fonctionnement du modèle	60
4.6 Conclusion.....	63
CHAPITRE 5 : VALIDATION DU MODÈLE	64
5.1 Introduction	64
5.2 Méthode DELPHI	64
5.2.1 Description de la méthode	64
5.2.2 Méthode DELPHI mise en place pour la validation du modèle.....	66

5.3	Questionnaire	68
5.3.1	Questionnaire du premier tour.....	68
5.3.2	Questionnaire du second tour.....	71
5.4	Résultats	71
5.4.1	Résultats du premier tour	71
5.4.2	Résultats finaux	74
5.5	Conclusion.....	78
CHAPITRE 6 : DISCUSSION SUR LES RÉSULTATS.....		79
6.1	Introduction	79
6.2	Remarques et enseignements généraux.....	79
6.2.1	Remarques liées au questionnaire et la lecture des résultats	79
6.2.2	Remarque sur la compréhension du BIM à travers le questionnaire.....	80
6.3	Discussions et enseignements sur les facteurs et actions du modèle	81
6.3.1	Facteurs de succès	81
6.3.2	Facteur de Réingénierie des processus d'affaires et des flux d'information.....	83
6.3.3	Facteur de Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie.....	86
6.3.4	Facteur d'Implication des parties prenantes extérieures	91
6.3.5	Facteur d'Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet	94
6.3.6	Facteur d'Éducation technique	97
6.3.7	Facteur de Sélection des outils formant le BIM	100
6.4	Modèle final d'assistance à l'implantation du BIM et retombées.....	102
6.5	Limites du modèle et pistes de recherches futures	107
6.6	Conclusion.....	110
CONCLUSION		111

RÉFÉRENCES	114
ANNEXES	119

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Critères abordés dans les modèles proposés dans la littérature	23
Tableau 4.1 : Critères du CMM (adapté de Smith et Tardif (2009) et BuildingSMART Alliance (2007))	35
Tableau 4.2 : Détail du critère Richesse des données (adapté de Smith et Tardif (2009) et BuildingSMART Alliance (2007))	36
Tableau 4.3 : Facteurs critiques de succès pour l'implantation et l'utilisation du BIM	37
Tableau 4.4 : Actions pour le facteur Réingénierie des processus d'affaires et flux d'informations	45
Tableau 4.5 : Actions pour le facteur Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie.	48
Tableau 4.6 : Actions pour le facteur Implication des parties prenantes extérieures	51
Tableau 4.7 : Actions pour le facteur Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet	54
Tableau 4.8 : Actions pour le facteur Éducation technique	56
Tableau 4.9 : Actions pour le facteur Sélection des outils formant le BIM	59
Tableau 4.10 : Relations entre CMM et FCS	60
Tableau 5.1 : Profil des experts retenus pour la méthode DELPHI	66
Tableau 5.2 : Visuel du questionnaire pour un facteur de succès	69
Tableau 5.3 : Visuel du questionnaire pour un facteur de succès adapté pour le second tour	71
Tableau 5.4 : Nouvelles actions destinées à être évaluées au second tour	73
Tableau 5.5 : Résultats finaux pour l'évaluation des 6 facteurs de succès	74
Tableau 5.6 : Résultats finaux pour le facteur Réingénierie des processus d'affaires et flux d'information	75
Tableau 5.7 : Résultats finaux pour le facteur Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie	76
Tableau 5.8 : Résultats finaux pour le facteur Implication des parties prenantes extérieures	76

Tableau 5.9 : Résultats finaux pour le facteur Éducation à la gestion de l'information	77
Tableau 5.10 : Résultats finaux pour le facteur Éducation technique	77
Tableau 5.11 : Résultats finaux pour le facteur Sélection des outils formant le BIM	78
Tableau 6.1 : Facteurs de succès dans l'état final du modèle	102
Tableau 6.2 : Actions associées au facteur de Réingénierie des processus d'affaires et des flux d'information dans l'état final du modèle	102
Tableau 6.3 : Actions associées au facteur de Standardisation dans l'état final du modèle	103
Tableau 6.4 : Actions associées au facteur d'Implication des parties prenantes extérieures dans l'état final du modèle	104
Tableau 6.5 : Actions associées au facteur d'Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet dans l'état final du modèle	105
Tableau 6.6 : Actions associées au facteur d'Éducation technique dans l'état final du modèle ..	105
Tableau 6.7 : Actions associées au facteur de Sélection des outils formant le BIM dans l'état final du modèle	105

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : BIM intégrant l'ensemble des données du bâtiment	5
Figure 2-1 : Évolution du nombre d'articles	9
Figure 3-1 : Évolution de la réflexion durant la construction du modèle	28
Figure 3-2 : Évolution de la réflexion durant la construction du modèle et du questionnaire	32
Figure 4-1 : Diagramme de fonctionnement du modèle d'assistance à l'implantation du BIM	63
Figure 5-1 : Aperçu d'une page du questionnaire	70

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AEC	Architecture, Engineering and Construction
AIC	Architecture, Ingénierie et Construction
BIM	Building Information Modeling
BPMN	Business Process Model and Notation
CIFE	Center for Integrated Facility Engineering
CMM	Capability Maturity Model
ERP	Enterprise Resource Planning
FCS	Facteur Critique de Succès
ICMM	Interactive Capability Maturity Model
IFC	Industry Foundation Classes
JMA	John McCall's Architects
NBIMS	National Building Information Modeling Standard
NIST	National Institute of Standards and Technology
PME	Petites et moyennes entreprises
UML	Unified Modeling Language

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A – QUESTIONNAIRE DE VALIDATION DU TOUR 1	119
ANNEXE B – QUESTIONNAIRE DE VALIDATION DU TOUR 2.....	132
ANNEXE C – CAPABILITY MATURITY MODEL (TIRÉ DE SMITH ET TARDIF, 2010; [9])	155

INTRODUCTION

L'industrie de la construction, composée de multiples acteurs amenés à collaborer étroitement sur des projets complexes et de grande envergure, fait aujourd'hui face à une évolution de ses pratiques. Habituelles notamment jusqu'au milieu des années 2000 à une communication basée sur un format bidimensionnel, les entreprises de ce secteur doivent maintenant composer avec l'introduction progressive d'un nouvel outil pour gérer leurs chantiers et mener à bien leurs projets : le Building Information Modeling (BIM¹). Intégrant des maquettes tridimensionnelles et permettant diverses analyses typiques pratiquées lors de la construction d'un bâtiment, cet outil, ou plateforme, promet une optimisation du travail et des économies, notamment en termes de coûts et de temps. En outre de ces considérations techniques, le BIM s'accompagne d'une philosophie propre de gestion de projets et de cycle de vie du bâtiment. La transition vers le BIM est amorcée, et certaines firmes avant-gardistes tirent dès à présent ses pleins bénéfices. Cependant, les changements drastiques engendrés par son adoption sont loin de pouvoir être supportés par l'ensemble des entreprises du marché, et une large part de celles-ci connaissent des difficultés pour appréhender et utiliser le BIM correctement, voire n'envisagent absolument pas son intégration.

Dans ce contexte de modification de paradigme, la recherche scientifique œuvre pour caractériser les bénéfices potentiels du BIM, ses enjeux technologiques et son impact sur les processus d'affaires des entreprises, mais peine toutefois à apporter un support convaincant et profitable aux professionnels du secteur. En effet, l'apparition récente des nouvelles problématiques liées au BIM n'a pas laissé un délai suffisant à leur exploration approfondie par les chercheurs. Il a été possible d'établir ce constat grâce à une revue de littérature sur le sujet conduite au début du projet de recherche. A partir des lacunes recensées, le choix de se porter sur les défis liés à l'implantation a été fait, ceux-ci manquant sévèrement d'approche conceptuelle structurée. Les objectifs sont alors d'apporter de rationnaliser la masse d'informations recueillies et d'apporter

¹ Un terme en français existe pour désigner le BIM, à savoir Modélisation des données d'un bâtiment (Office québécois de la langue française, s.d.). Cependant, l'acronyme anglais étant entré dans l'usage courant, son usage a été jugé préférable.

une aide concrète aux entreprises souhaitant mener un projet d’implantation du BIM. L’opportunité s’est par la suite présentée par l’élaboration d’un modèle d’assistance à l’implantation, examiné et validé par des experts du BIM. Ce modèle incorpore et crée des liens logiques entre différents éléments : la maturité du BIM dans une organisation, des facteurs de succès des projets d’implantation BIM et des activités pratiques à mettre en place dans une entreprise dans un contexte de transition BIM.

Au final, le modèle possède trois organes intervenant d’une manière logique les uns après les autres, et est censé autoriser une amélioration de l’implantation et de l’utilisation du BIM dans l’entreprise s’essayant au modèle. En plus de cette production, diverses conclusions et leçons ont pu être tirées.

Le premier chapitre de ce mémoire présente plus en détail le BIM, son historique et les enjeux qui l’accompagnent pour le secteur de la construction. L’ensemble des éléments pertinents rencontrés lors de la revue de littérature ainsi que l’analyse qui a pu être faite par rapport à leurs lacunes sont exposés dans le chapitre 2. Le mémoire se poursuit avec une description de la démarche de recherche ayant conduit à la production du modèle, que ce soit durant la revue de littérature, la construction du modèle ou sa validation. Ces considérations débouchent sur le chapitre 4 et l’explication complète du modèle et de ses composants, à savoir l’outil d’analyse de la maturité employé, les facteurs de succès, les actions ainsi que les liaisons établies entre ces trois entités. Finalement, les deux derniers chapitres concernent la validation du modèle, établie en collaboration avec des experts du BIM issus de l’industrie. Le chapitre 5 détaille la méthode employée pour obtenir les résultats ayant conduit à la validation, ainsi que les résultats en eux-mêmes, alors que le chapitre 6 contient les discussions nécessaires suite aux commentaires et évaluations des experts. Le modèle dans son état final est alors présenté.

CHAPITRE 1 : MISE EN CONTEXTE DU BUILDING INFORMATION MODELING

1.1 Historique

Afin d'introduire le sujet d'intérêt de ce mémoire, il est dans un premier temps pertinent de placer le BIM dans son contexte historique et de chercher à comprendre comment l'on en est venu à étudier ce genre d'outil, pour combler quelles lacunes et répondre à quelles attentes de la part des professionnels du secteur.

Le BIM s'inscrit par nature dans la large catégorie des outils collaboratifs autorisant l'interopérabilité des données et le suivi en temps réel de ces dernières lors de leur cycle de vie. L'intérêt pour la gestion intégrée de l'information dans une entreprise et l'intégration des processus d'affaires s'avère relativement récent. La problématique est apparue dans ses états initiaux dans les années 1970, avec par exemple la création de l'entreprise aujourd'hui internationale SAP, fournisseur de logiciel de gestion. Parallèlement, et voire déjà dès les années 1960 (Eastman et al., 2011), l'étude de la modélisation en trois dimensions se développe et son potentiel est perçu comme prometteur, notamment dans l'industrie de l'aéronautique. Alors que cette dernière place ses efforts dans l'approfondissement des recherches dans la conception assistée par ordinateur et ses possibilités d'analyses intégrées, l'industrie AIC (Architecture, Ingénierie et Construction ; dans l'anglais AEC : *Architecture, Engineering and Construction*) néglige cette piste et préfère se tourner vers des outils conventionnels fonctionnant en deux dimensions (Eastman et al., 2011).

La recherche sur les applications de la modélisation 3D persistant malgré le manque d'enthousiasme des professionnels à son égard, le premier livre présentant les concepts et technologies de ce domaine paraît en 1999 (*Building Product Models : Computer Environments Supporting Design and Construction*, C. Eastman). Suite aux progrès constatés dans les industries s'étant efforcées d'intégrer le développement collaboratif de projet à leurs manières de procéder, la question est relancée dans le monde de la construction. C'est en 2004 que l'appellation Building Information Modeling fait son apparition officielle dans le vocabulaire utilisé en entreprise par les professionnels du milieu. Cela s'explique notamment à cause des nombreuses déficiences caractéristiques de l'industrie AIC et des obstacles rencontrés lors de la réalisation de projets dus

à la nature de cette dernière. Le BIM semble alors pouvoir apporter certaines solutions convaincantes à ces problèmes.

1.2 Présentation du BIM

Le BIM, comme l'indique son nom, s'attache dans un premier temps à modéliser les bâtiments par l'intermédiaire de différents outils ayant cette vocation. La représentation des infrastructures en trois dimensions est une première étape. Comme décrit dans la partie précédente, les problématiques liées à la modélisation tridimensionnelle et l'intérêt pour cette pratique ne sont pas récents. Une raison de la pertinence du besoin d'évoluer vers cette manière de travailler réside dans l'utilisation d'objets paramétriques pour construire les bâtiments virtuels. Un objet paramétrique, par définition, est un objet n'ayant pas une géométrie fixée (Eastman et al., 2011). En outre, il correspond précisément à l'objet qu'il représente dans la réalité. Il existe ainsi des familles d'objets, murs par exemple, et ces dernières ne demandent aucune interprétation humaine pour se définir, comme c'est en revanche le cas pour le cas d'un dessin planaire. À l'inverse d'une forme tracée sur un plan d'architecte totalement déterminée par l'échelle que l'on associe à ce plan, ce genre d'objets se définit par un ensemble de paramètres régissant l'adaptation de l'objet à des modifications géométriques, de règles déterminant son comportement dans l'espace et par rapport aux objets voisins et de caractéristiques, comme le matériau constituant l'objet. Des informations additionnelles sur le matériau, son fournisseur principal et son prix standard sur le marché par exemple, peut être également insérées. Il est donc possible d'obtenir des représentations dynamiques des bâtiments, au sein desquelles les modifications apportées à un sous-ensemble se répercutent automatiquement sur son entourage, dès lors que les objets paramétriques ont été adéquatement créés. Une importante quantité d'information peut également être encapsulée dans les modèles du bâtiment, autorisant par la suite la conduite de certaines analyses, rompant avec les laborieux examens de plans bidimensionnels.

La représentation ne se limite toutefois pas seulement à des considérations spatiales, puisque des dimensions supplémentaires sont susceptibles d'être intégrées aux modèles. Typiquement, la quatrième dimension qui se joint aux trois de l'espace est la dimension temporelle. Il devient alors possible de lier maquettes tridimensionnelles et planification de projet et de visualiser virtuellement l'avancement d'un chantier au niveau de détail souhaité. Les avantages sont multiples, notamment en termes de suivi de projet, d'organisation des tâches et de coordination

des intervenants. De nombreux conflits souvent invisibles par le biais de plans d'architecte peuvent également s'anticiper et être gérés avant même de survenir, autorisant ainsi des économies en temps et coûts immédiates. Traditionnellement, la cinquième dimension ajoutée aux modèles du bâtiment correspond à des travaux d'estimation des coûts. C'est par conséquent une dimension qui s'identifie à des analyses. L'emploi d'objets paramétriques et leurs caractéristiques offrent cette possibilité.

Au-delà d'une simple évolution technologique comme il pourrait transparaître dans les propos précédents, le BIM se définit également et de manière de plus en plus prépondérante selon des aspects de gestion de l'information. Les modèles du bâtiment représentent en effet un formidable moyen de collecter, rassembler et organiser les données associées à un projet, et ainsi de fluidifier la communication entre les intervenants. Le BIM permet, selon Smith et Tardif (2009), de maintenir un « dossier documentaire de l'information du bâtiment plus précis et complet tout au long des processus de design et de construction ». Pour ce faire, l'ensemble des documents produits par les parties prenantes aux projets sont intégrés dans le BIM, qui devient alors une base de données unique et exhaustive, comme présenté à la figure 1-1. La centralisation de l'information permet de suivre conjointement l'avancée des projets avec l'ensemble des acteurs, et donc de favoriser la collaboration et la coordination de ces derniers (Arayici et al., 2012). La fluidification du flux d'information et de la communication est susceptible d'engendrer de nouvelles économies majeures. Le BIM prend alors un statut multiple : plateforme collaborative, système d'information intégré aux projets, outil de gestion de projet et de cycle de vie.

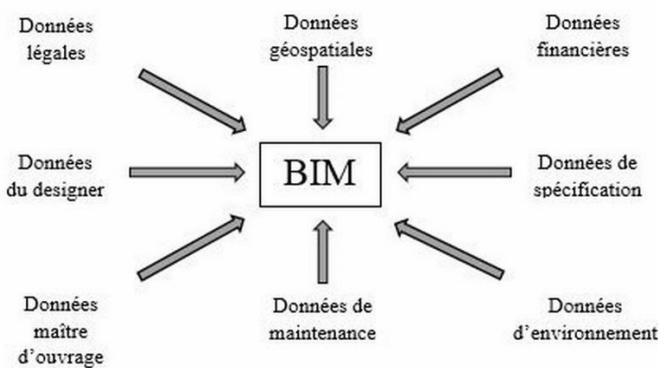


Figure 1-1 : BIM intégrant l'ensemble des données du bâtiment

Pour conclure ce paragraphe d'introduction sur la nature du BIM, il est possible de citer Eastman, qui considère le BIM comme un ensemble indissociable de technologies, de processus

associés et d'un environnement et d'une culture d'entreprise favorisant son expansion. Il est par conséquent très imprudent de limiter le BIM à des modèles multidimensionnels, puisque son intégration dans une organisation impacte les processus d'affaires, la manière de gérer ses projets, d'impliquer ses partenaires d'affaires et notamment la perception de l'information reliée au bâtiment.

1.3 Opportunités d'application du BIM pour l'industrie AIC

Un indicateur marquant et révélateur des difficultés du milieu à progresser au cours du temps en s'adaptant aux évolutions techniques et technologiques correspond aux résultats de l'étude menée par le *Center for Integrated Facility Engineering* (CIFE), qui a comparé les productivités de l'industrie de la construction et celle des autres industries non agricoles. Étonnamment, alors que la productivité de ces dernières a plus que doublé depuis 1964, la productivité de l'industrie AIC est restée approximativement constante et a même connu une baisse de l'ordre de 10% par rapport à 1964 (Eastman et al., 2011, adapté de Teilchoz, 2004). Ce chiffre peut en partie trouver des explications, comme par exemple le fait que ce domaine dans son ensemble comprend un grand nombre de très petites entreprises ne pouvant se permettre d'investir dans les nouvelles technologies et s'adaptant donc très lentement aux évolutions du secteur, ou encore que les projets de construction impliquent de manière ponctuelle différents acteurs, n'ayant pas d'intérêt particulier à améliorer leurs pratiques avec des partenaires précis puisque ces derniers changent régulièrement. Il paraît dès lors intéressant d'analyser les causes de cette stagnation en détail afin d'apporter des solutions efficaces, qui permettraient notamment de systématiser la collaboration entre parties prenantes d'un projet.

Par ailleurs, le *National Institute of Standards and Technology* (NIST) a étudié les coûts supplémentaires moyens engendrés par une mauvaise gestion des données lors d'un projet de construction, pouvant se caractériser par des entrées redondantes d'information par exemple, et finalement une interopérabilité inexistante ou très partielle. Il en résulte que cette interopérabilité déficiente provoque une hausse des coûts de construction de 15,8 milliards de dollars en 2002 aux États-Unis (Gallaher et al., 2004), quand l'on prend en compte les nouvelles construction ainsi que la maintenance des bâtiments déjà en place. Cette année-là, 374 milliards de dollars ont en tout été investis dans ce domaine, le surcoût représentant par conséquent 4,2% du coût total.

Dès lors, ayant constaté les différentes lacunes dans les pratiques du milieu de la construction, dont deux conséquences marquantes sont présentées plus haut, le BIM apparaît comme un outil capable d'apporter des réponses et des solutions aux problèmes rencontrés. Grâce à une amélioration des pratiques d'affaires et à la réingénierie des processus d'affaires dans une organisation, des économies en termes de coûts et de temps peuvent être réalisées, ainsi que l'obtention de modèles de bâtiments de meilleure qualité, un flux d'information logique et clarifié, une collaboration plus effective, etc (Eastman et al, 2011). Le fil conducteur du BIM réside en effet dans une communication fonctionnelle en tout instant entre les différents acteurs d'un projet, basée sur un modèle en plusieurs dimensions du chantier à réaliser pouvant inclure, en plus des dimensions spatiales classiques, des dimensions telles que le temps afin de pouvoir suivre l'avancée des travaux et d'effectuer des simulations selon différents scénarii, ou une dimension financière autorisant des analyses de coûts selon les matériaux choisis par exemple. Des considérations de faisabilité, d'analyses énergétiques ou encore de gestion des demandes de changement sont également des caractéristiques pouvant être rattachées au BIM. Les bénéfices de ce dernier sont palpables durant l'ensemble des phases d'un projet, depuis la phase de préconception et de design jusqu'à la post-construction, où les données dûment collectées durant l'intégralité du projet pourront être utilisées à des fins d'exploitation ou de maintenance.

D'apparence prometteuse, le BIM n'a toutefois pas encore pu délivrer à l'intégralité de l'industrie AIC la totalité de son potentiel, car son utilisation demande aux entreprises une adaptation souvent importante et présente de nombreux défis à surmonter. Parmi ceux-là, la gestion du changement est un point pour lequel une attention accrue doit être portée, car les habitudes de travail, les façons de faire et plus globalement les processus d'affaires sont nécessairement modifiés, voire complètement refondus pour s'orienter selon une philosophie collaborative. Une transition dans la mentalité d'entreprise est donc nécessaire. Un autre point est prépondérant et porte sur l'implantation du BIM dans son ensemble, et les stratégies ou méthodologies à employer pour effectuer une adoption réussie. En effet, la complexité et les facettes multiples du BIM ne permettent pas un changement radical de représentation en passant des deux dimensions souvent utilisées jusqu'alors à des modèles en n-dimensions. Les processus d'implantation du BIM se déroulent plus aisément et ont de plus grandes chances de succès s'ils sont encadrés et guidés. C'est sur cet aspect particulier que porte le présent projet de maîtrise.

CHAPITRE 2 : REVUE LITTÉRAIRE SUR LES MÉTHODOLOGIES D'IMPLANTATION DU BUILDING INFORMATION MODELING

2.1 Introduction

Afin de positionner la problématique envisagée, à savoir l’élaboration d’une méthodologie d’implantation du BIM ou d’appuis pouvant être apportés afin de faciliter ce genre de processus, et afin de justifier sa pertinence scientifique et son originalité, il convient d’étudier précisément l’état de la littérature sur le sujet pour déterminer les champs de réflexion déjà traités et ceux qui, au contraire, n’ont pas attiré suffisamment d’attention pour le moment malgré leur caractère prometteur. Pour cela, la période de diffusion sera considérée dans un premier temps, avant de s’attacher aux parutions plus en détail. Une revue détaillée des travaux examinés lors des recherches entreprises est présentée ainsi que les enjeux notables d’une implantation BIM, avant de procéder à une revue critique des parutions afin de déterminer des angles potentiels de réflexion sur le sujet.

2.2 Analyse statistique des publications sur le Building Information Modeling et son implantation

Dans un premier temps, il est intéressant d’étudier l’évolution des publications sur le sujet dans la littérature, afin de déterminer comment mener les recherches et de savoir quoi considérer. La première interrogation à se poser dans ce contexte est de déterminer comment cibler au mieux les articles porteurs d’informations intéressantes, et donc d’identifier quelles expressions sont susceptibles d’apporter des résultats satisfaisants, utilisées dans différentes bases de données scientifiques. Cette étape a été révélatrice de la rareté d’articles traitant spécifiquement d’implantation du BIM, le nombre obtenu étant très faible, voire nul avec une recherche se focalisant sur cet aspect. Il a par conséquent fallu envisager un horizon de recherche plus large afin de cerner sous quels angles avait pu être auparavant étudiée cette problématique. Une recherche peu restrictive construite autour des mots « implantation » et « Building Information Modeling » s’est avérée productrice de résultats pertinents.

Un second questionnement nécessaire dans le cadre de la collecte d'informations et de publications scientifiques porte sur la période de diffusion. D'après les considérations historiques effectuées au chapitre précédent, il est apparu d'emblée légitime et pertinent de s'intéresser aux publications des dernières années. Afin de s'assurer de ne manquer aucune source pertinente, l'étude est effectuée à partir de l'année 2000. À titre d'exemple, l'évolution du nombre d'articles obtenus après recherche sur trois banques de données scientifiques reconnues, à savoir Compendex, Web of Science et ProQuest, ainsi que sur la base de données ScienceDirect de l'éditeur Elsevier, est présentée ci-après sur la figure 2-1. Afin de caractériser cette évolution, la période a été élargie d'année en année en partant de « Date la plus lointaine de la banque – 2000 ».

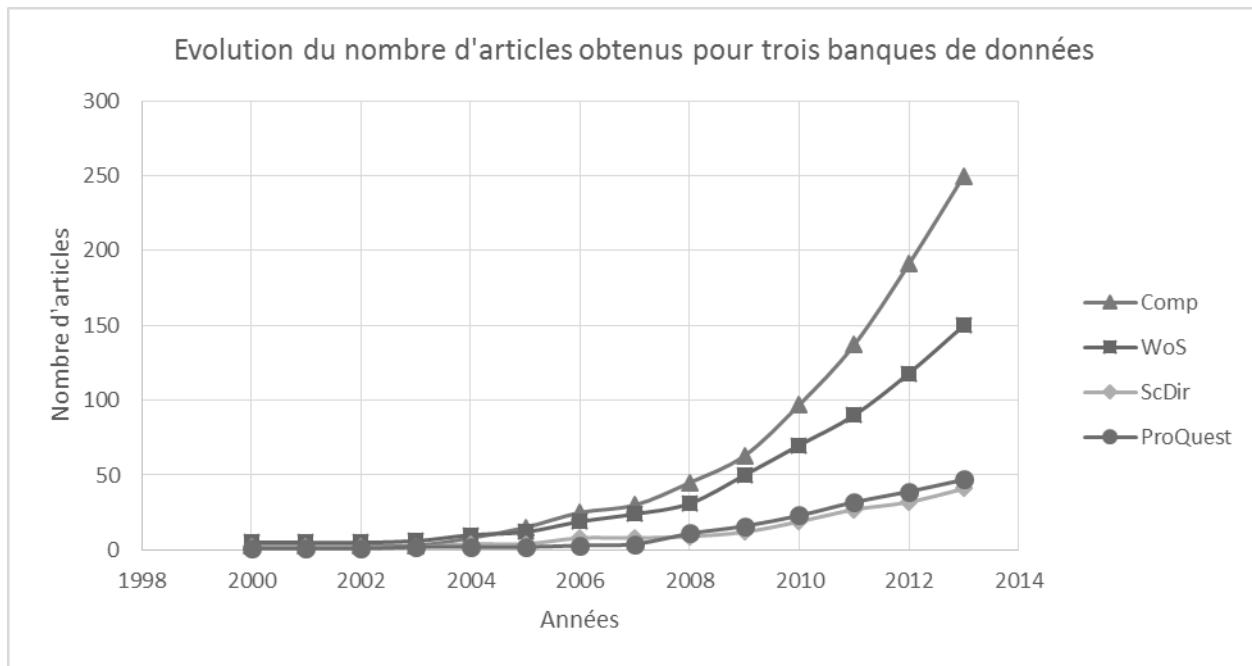


Figure 2-1 : Évolution du nombre d'articles

Comme il était possible d'imaginer, le nombre d'articles est en forte croissance depuis quelques années seulement. La date charnière de 2004, citée par Eastman et al, marque effectivement un début dans la hausse du nombre de parutions. Les deux versions du livre *BIM Handbook : A guide to building information modeling for owners, managers, designers engineers and contractors* de Eastman et al (2008 et 2011) viennent en outre appuyer ces constatations. Le besoin de rédiger un ouvrage présentant un condensé des travaux effectués sur le BIM s'est fait ressentir en 2008, puis 2011 pour une mise à jour, dates situées au cœur de la période de fortes publications.

Il est par conséquent possible d'en conclure que le travail de recherche effectué dans le cadre de la maîtrise entreprise va se situer au cœur d'un mouvement d'intérêt pour le sujet, et a le potentiel pour venir appuyer, compléter et discuter les travaux existants. Par ailleurs, il est dès lors intéressant de se focaliser sur les travaux parus à partir de 2005, pour ne pas dévier de trop du cœur du sujet.

2.3 Revue des parutions

Comme observée au travers des différentes recherches documentaires effectuées sur les banques de données, l'époque actuelle voit l'explosion du nombre d'articles traitant de l'implantation du BIM au sein d'organisations, selon des approches théoriques ou pratiques d'après les affinités des auteurs.

Quels que soient les points de vue choisis, constatant les lacunes des stratégies et méthodologies d'implantation du BIM, comme l'expriment Arayici et al (2010) en indiquant qu'il n'existe aucun guide ou meilleures pratiques servant à ces fins, un consensus général est logiquement adopté. Ce dernier porte d'une part sur le bien-fondé de la volonté de rationnaliser et de mettre au clair les techniques et méthodes d'implantation potentielles pour un outil de type BIM, ce qui amènera nécessairement une amélioration de son utilisation et une introduction plus vaste dans le milieu. Arayici et al (2010) complètent notamment leur première constatation par le fait qu'une adoption couronnée de succès implique nécessairement une stratégie d'implantation. Conséquemment, la communauté scientifique et les professionnels coutumiers du BIM s'accordent d'autre part sur les bénéfices en termes de suivi de projet, d'interopérabilité, de productivité de l'usage de ce genre d'outil. Hartmann et al. (2011) indiquent par exemple que l'utilisation accrue du BIM dans le milieu de la construction promet d'améliorer la communication et la collaboration entre les participants d'un projet, grâce à une meilleure interopérabilité des données. Migilinskas et al (2013) considèrent pour leur part que l'implantation d'une technologie de type BIM contribue à rendre l'industrie de la construction plus efficace, par le biais d'une collaboration accrue entre les parties prenantes d'un projet et moins de gaspillage grâce à la réduction drastique de répétitions dans le travail effectué.

Dès lors, en partant du principe qu'une « *successful BIM adoption needs an implementation strategy* » (Arayici et al, 2010), il est d'intérêt d'examiner les travaux réalisés cherchant à répondre à cette problématique, de considérer les angles sous lesquels les auteurs ont souhaité traiter le sujet

et de quelles manières ces contributions peuvent assister des professionnels souhaitant employer le BIM dans leur organisation. Il est par ailleurs aisément imaginable que l'implantation du BIM s'avère être une question extrêmement vaste, regroupant des enjeux de natures variées et pouvant être fortement décomposée en sous problèmes. Les supports fournis par la recherche scientifique et théorique sur le sujet peuvent par conséquent être multiples.

Hartmann et al (2011) recensent différentes « vues » possibles d'une implantation du BIM, suivant la facette de ce dernier que l'on privilégie. Il est ainsi envisageable de se centrer sur les aspects technologiques de l'implantation (Jung et Joo, 2010 ; Froese, 2010 ; Gu et London, 2010), sur les fonctions qu'une implantation doit permettre de remplir (Jung et Joo, 2010 ; Froese, 2010) ou encore sur la maturité d'une implantation (Succar, 2009). Hartmann et al (2011) poursuivent en précisant que malgré l'existence de ces vues, peu d'expériences pratiques viennent appuyer les raisonnements théoriques pouvant être menés par les chercheurs et que les réflexions restent fréquemment valables et sensées pour un haut niveau d'agrégation. Ces niveaux peuvent correspondre aux études effectuées lors de la phase de design ou aux problématiques de flux continu de d'informations de bonne qualité et non redondantes entre les différents décisionnaires d'un projet. Dans leur cas, les auteurs ont choisi de se focaliser sur les moyens possibles pour concilier au mieux le BIM avec les pratiques existantes de l'entreprise se dotant de l'outil, et ce à travers de deux études de cas présentées dans l'article. Ils tirent la conclusion que l'adoption doit s'effectuer en prenant d'abord en compte la technologie préexistante dans l'entreprise et les processus d'affaires à l'œuvre pour que le BIM viennent supporter ces manières de procéder et non tout modifier pour imposer des usages ne reflétant pas nécessairement la réalité de la compagnie. De cette façon, les barrières à l'implantation et notamment la résistance au changement habituellement rencontrée dans ce genre de projet peuvent être franchies plus aisément, comme en attestent les expériences réalisées lors des deux études de cas. Cette recommandation est d'ailleurs un classique des conseils prodigués lors d'une implantation d'un logiciel de type Enterprise Resource Planning (ERP), auquel le BIM peut être apparenté en de nombreux points.

L'idée que les niveaux opérationnels ne sont pas suffisamment pris en compte dans une implantation BIM et que ces derniers ne profitent pas des études effectuées pour des niveaux décisionnels plus élevés est reprise par les auteurs Davies et Harty (2012) dans leur article *Implementing 'Site BIM' : A case study of ICT innovation on a large hospital project*. À nouveau basée sur une étude de cas, la réflexion se porte sur l'utilisation du BIM sur les sites de construction

même et les bénéfices pouvant en être retirés, et ce, par la mise à disposition des travailleurs de moyens technologiques adaptés telles que des tablettes tactiles.

En adoptant une vision globale sur une implantation BIM et à un haut niveau stratégique, Khosrowshahi et Arayici (2012), s'inspirant de Succar (2009), décrivent des niveaux de maturité de l'utilisation du Building Information Modeling et des bénéfices extraits et prescrivent de prendre en compte l'aisance avec ce type d'outil pour construire des méthodes d'adoption. Trois étapes d'implantation sont mises en évidence par les auteurs :

- Étape 1 (Modélisation centrée objet), consistant au passage de la modélisation en deux dimensions à celle en trois dimensions, en utilisant des objets paramétriques typiques des technologies de type BIM. Les données restent essentiellement architecturales et l'ensemble des éléments d'un bâtiment peuvent être visualisés correctement. La coordination entre les parties prenantes n'est pas encore permise au travers du BIM.

- Étape 2 (Collaboration centrée modèle), marquant la transition de la simple modélisation à l'interopérabilité, l'information est partagée, des analyses temporelles et financières deviennent accessibles et les interférences entre disciplines peuvent être détectées. L'approche est collaborative.

- Étape 3 (Intégration centrée réseau), finalisant l'évolution vers la philosophie BIM. Le cycle de vie entier d'un projet et des constructions associées est pris en compte, ce qui permet aux parties prenantes d'interagir en temps réel. Des analyses poussées peuvent être effectuées, comme des considérations sur la constructibilité ou la durabilité.

Les entreprises et organisations dans le milieu de la construction s'étant orientées vers des démarches d'adoption du BIM peuvent donc se trouver dans une des trois situations suscitées, ou dans une transition d'un niveau vers un niveau supérieur.

Consécutivement, les considérations précédentes reflètent et font percevoir le caractère fragmenté et pluriel du problème de l'implantation du BIM, qui dépend de l'état actuel de l'organisation, de sa vision et qui ne peut trouver une solution applicable dans toutes les situations. Partant de ce principe, les travaux de plusieurs chercheurs peuvent être analysés afin de cerner les objectifs poursuivis et les conclusions profitables au domaine ayant été tirées de leurs études.

Khosrowshahi et Arayici (2012), auteurs de l'article *Roadmap for implementation of BIM in the UK industry* dans lequel est présenté le concept de niveaux de maturité expliqué plus haut, se basent pour leur part sur l'expérience engrangée par l'industrie de la construction finlandaise, réputée comme habile avec le BIM, afin de dégager trois enjeux majeurs à prendre en compte lors d'une implantation pour s'assurer de traiter correctement les problématiques technologiques, humaines et de réingénierie des processus d'affaires. Selon les chercheurs, la culture organisationnelle, la formation et l'éducation et la gestion de l'information sont les thèmes inévitables à aborder afin d'optimiser ses chances de succès. La culture organisationnelle englobe à la fois l'esprit d'entreprise préexistant dans cette dernière, le partage d'une vision commune et la capacité d'acceptation du changement, mais également des adaptations pratiques de la stratégie et des usages afin de s'aligner au mieux avec une philosophie d'interopérabilité. L'éducation et la formation complémentent ce premier point, dans le sens où toutes les personnes touchées lors de l'implantation « *require up skilling for successfull implementation* ». La gestion de l'information comprend quant à elle des questions de politique de haute qualité des données, d'évaluation des technologies utilisées avant implantation afin de déterminer quel produit est susceptible d'apporter le plus à l'entreprise et de sélection de produit. À partir de ces conclusions, les auteurs fournissent une base pour élaborer une stratégie d'implantation viable du BIM, sous la forme d'une feuille de route (*roadmap*), recensant les défis d'une démarche de la sorte, ainsi que les différents moyens de les traiter, les enjeux à prendre en compte et les obstacles à surmonter. Le document produit semble exhaustif, mais reste extrêmement conceptuel.

Également selon une vision globale, Migilinskas et al (2013) présentent à travers quatre études de cas l'état d'évolution du BIM au sein de grands projets de construction (usine, bureaux) ainsi que les tendances existantes dans le milieu. L'objectif de leur démarche est d'illustrer par le biais d'exemples pratiques les bénéfices, obstacles et problèmes rencontrés lors d'une implantation BIM. Le résultat est principalement une liste de bonnes pratiques et d'écueils à éviter lors de ce genre de projet.

L'éditeur de logiciels Autodesk inc., réputé pour ses logiciels servant le domaine de la construction, propose quant à lui un plan de déploiement du BIM (*BIM deployment plan*), prenant en compte de manière convaincante différents enjeux d'une implantation BIM, notamment en termes de sélection des outils répondant le mieux aux attentes de l'entreprise ou de gestion de l'information, et amenant des réflexions concrètes sur les bonnes pratiques à avoir lors d'une

adoption (Autodesk inc, 2010). Leur approche souffre tout de même de certains manques en termes d'exhaustivité, par exemple en ce qui concerne la gestion du changement, et présente le défaut principal de provenir d'un acteur majeur dans le secteur de développement de plateformes et logiciels BIM.

Le travail de Forgues et Staub-French (2014) s'avère également très pertinent pour son état des lieux des bénéfices, défis et barrières liés au BIM, ainsi que pour sa proposition concrète de guide de mise en œuvre du BIM. La parution très récente de leur résumé de recherche atteste de l'évolution des objectifs de travail sur le BIM pour les chercheurs et leur déplacement vers les problématiques d'implantation. Les deux auteurs profitent de trois études de cas pour établir un bilan des avantages du BIM par rapport aux méthodes considérées comme plus traditionnelles, des défis d'une adoption de cet outil et de la philosophie qui l'accompagne, puis des principales leçons à retenir suite aux implantations étudiées. L'apport essentiel par rapport à l'angle d'analyse de la littérature choisi pour ce chapitre consiste en l'élaboration d'un guide pour installer, implanter et utiliser le BIM, décliné en huit étapes. Ce guide est basé sur un cycle destiné à améliorer progressivement l'étendue de l'utilisation du BIM dans l'entreprise. Il inclut des actions concrètes à prendre en compte dans son plan d'intégration comme sur des sujets complexes et clés comme la constitution de l'équipe d'implantation. Le document se présente par conséquent comme un appui solide et pertinent pour les organisations souhaitant adopter le BIM, notamment par la grande variété des enjeux qu'il englobe. Il possède toutefois la faiblesse de s'adresser spécifiquement aux PME, et tire ses résultats de l'examen du cas de trois entreprises canadiennes. Son applicabilité peut selon ce critère être donc remise en cause, d'autant plus que les contextes d'affaires et les relations au sein de l'industrie AIC sont susceptibles de varier selon les pays.

Pour leur part, Coates et al (2011), choisissant de se placer à un niveau organisationnel, prennent en considération le cas de l'implantation du BIM dans l'entreprise britannique John McCall's Architects (JMA), et fournissent une référence à toutes les petites et moyennes entreprises (PME) projetant de l'adopter. Un processus itératif basé sur le concept général de la roue de Deming, préconisant d'avancer par étapes en standardisant systématiquement les améliorations mises en place pour conserver leurs résultats, a été utilisé dans le cas de la firme anglaise et peut être répété moyennant adaptations dans d'autres sociétés similaires à celle de l'étude. Egbu et Arayici (2012), également assistés au niveau pratique par l'entreprise britannique JMA, restreignent pour leur part le problème de l'implantation BIM selon un critère original, qui est celui

de considérer seulement les cas où l'implantation du BIM doit s'effectuer sur des projets prenant place dans des lieux éloignés, et déploient une stratégie similaire à celle présentée ci-dessus.

Basée sur le même cas que la recherche précédente, de manière plus précise et centrée sur une problématique donnée de l'implantation BIM, Arayici, Coates et al (2010) prennent le parti d'étudier l'adoption de la technologie et des outils au sein d'une organisation. L'article, bien que les chercheurs y ayant contribué présentent l'implantation comme leur motivation principale, se concentre plutôt sur la sélection et se révèle par conséquent être à la frontière de ce domaine. La sélection de logiciels et outils fait partie du processus d'implantation, puisqu'il s'agit bien évidemment de disposer d'une technologie à implanter avant de le faire. Cependant, les questionnements mis en jeu ne se recoupent que partiellement et les difficultés ne sont pas identiques. L'article tire néanmoins des conclusions pertinentes, qui rappellent au passage les problématiques de niveaux auxquels l'on souhaite appliquer le BIM, en exprimant le fait que l'implantation doit plutôt s'effectuer de manière ascendante que descendante, de manière à impliquer en premier lieu les strates opérationnelles pour comprendre leurs besoins et comment le BIM peut venir répondre à certaines attentes, tout en apportant ses propres usages pour travailler. Cette prescription est similaire à celle effectuée par Hartmann et al (2012), évoquée plus haut. Plusieurs cycles de réflexion successifs permettent une prise de conscience progressive des problèmes à résoudre et une adoption s'améliorant au fur et à mesure du temps. De cette façon, la gestion du changement est facilitée.

Pour illustrer les recherches portant sur des facettes précises de l'implantation du BIM, le travail de Pilehchian Langroodi et Staub-French (2012) sur la gestion du changement lors d'une implantation s'avère pertinent. Se basant à nouveau sur l'étude du cas de la construction d'un bâtiment pharmaceutique sur le campus de l'Université de Colombie-Britannique, les deux auteurs cherchent à comprendre les processus de gestion du changement à l'œuvre lors d'une implantation et les moyens de les gérer, avec l'appui de l'outil BIM mis en place. À partir d'observations dans le contexte du bâtiment pharmaceutique, les chercheurs élaborent une classification des caractéristiques possibles des changements afin de mieux cerner et comprendre ces derniers.

Cherchant à rationaliser et clarifier la masse de publications apparues ces dernières années, des livres présentant l'avancée globale des travaux sur le BIM ont été rédigés, comme expliqué lors de la brève analyse statistique des sorties d'articles. Le premier ouvrage d'intérêt est celui écrit

par Eastman, Teicholz, Sacks et Liston en 2011, avec la seconde édition de leur *BIM Handbook*. Comme l'expliquent les auteurs, ce dernier a pour motivation première d'apporter une référence solide et complète sur les enjeux que soulève le BIM, de confirmer les vérités sur l'outil tout en déboulonnant les idées reçues entravant son introduction dans le milieu de la construction. Pour atteindre l'objectif affiché qui est celui de démocratiser cette technologie afin de faciliter son arrivée et son expansion dans l'industrie AIC, le livre s'adresse à l'ensemble des acteurs du domaine, qui peuvent ainsi chacun trouver un appui dans leur travail, quel qu'il soit.

Dans cette optique, le contenu du manuel est généraliste et les approches restent globales. Des considérations très techniques comme il existe dans certains articles précédemment cités restent rares et ne font pas l'objet d'une attention particulière. Ainsi, après des explications sur les motivations ayant amené à imaginer un outil comme le BIM, sur les solutions que ce dernier peut apporter et sur les mécanismes de base régissant son fonctionnement, les auteurs déclinent leur travail par chapitres dédiés chacun à un type d'utilisateur potentiel, comme les clients, les architectes, les entrepreneurs ou les sous-traitants. Dans ce cadre, l'intention louable de correspondre à un public large laisse peu de place à un long débat sur l'implantation de l'outil. Cette problématique est cependant évoquée plusieurs fois et des réponses pertinentes sont apportées.

Des recommandations sont faites aux clients et maîtres d'ouvrage souhaitant voir le BIM appliqué à leurs projets. Une grande part de formation d'un réseau de partenaires qualifiés avec ce type d'outil entre en compte afin d'obtenir son utilisation systématique et sans accroc, ainsi que la mise en place d'une culture du projet collaboratif. Pour cela, l'inclusion dans les contrats de clauses concernant le partage d'informations, l'interopérabilité et dans sa globalité l'utilisation d'outils de type BIM est prépondérante. Par la suite, les auteurs présentent les principales barrières à l'implantation BIM ainsi que ce qu'ils nomment eux-mêmes les mythes sur ces dernières, par exemple que les sommes investies en formation sont nécessairement très importantes ou que le BIM ne peut servir que durant la phase de design du projet. Plusieurs études de cas viennent illustrer certains des concepts introduits théoriquement préalablement, comme l'adoption du BIM par l'*US Coast Guard*.

De manière bien plus centrée sur la problématique de l'implantation du BIM, l'ouvrage de Smith et Tardif (2009) *Building Information Modelling: a Strategic Implementation Guide for*

Architects, Engineers, Constructors and Real Estate Asset Managers, présente à un niveau stratégique les enjeux majeurs d'un projet de ce type. Bien que n'abordant pas dans ces pages comment faire en pratique pour adopter le BIM, c'est-à-dire quelles méthodologies suivre ou quelles procédures employer, la lecture attentive du livre apporte de nombreuses recommandations à propos d'aspects prépondérants à prendre en compte, comme la gestion de l'information ou la répartition de la responsabilité de la qualité de l'information par exemple. Il est par ailleurs pertinent de relever la description faite du BIM, qui est selon les auteurs une compilation de plusieurs modèles et outils, se différenciant de la conception initiale de la standardisation sur une seule et unique plateforme ou application.

Les auteurs s'attardent notamment sur le flux d'information transitant au cours d'un projet et comment permettre à ce dernier de sans cesse véhiculer des informations fiables, de qualité et en temps voulu. La propriété des données et la responsabilité de leur création, de leur réception, de leur manipulation et de leur transmission correcte sont des questions importantes à prendre en compte. Un principe simple pouvant illustrer ces propos est le suivant : les personnes ou entités ayant le plus besoin d'une information donnée sont les plus susceptibles d'effectuer adéquatement le travail de recueil de cette information. Il est donc intéressant et sécurisant pour le projet d'attribuer la responsabilité de récupération des données à cette personne ou entité. En appliquant ce principe aussi souvent que possible sur l'ensemble d'un projet, la qualité globale de l'information en est automatiquement améliorée.

Dans cette logique de traitement de l'information, Smith et Tardif (2009) fournissent également des condensés récapitulatifs de l'ensemble des informations requises tout au long du processus de construction ou tout au long du projet. Selon un angle de vue différent, les auteurs décrivent aussi les informations requises en fonction des participants au projet.

Les auteurs présentent également un outil d'évaluation de la maturité du BIM dans une organisation. Appelé le *Capability Maturity Model* (CMM, inspiré de l'outil du même nom CMM^{®23} élaboré par la Carnegie Mellon University) et développé par le *National Building*

² [®] CMM est enregistré au U.S Patent and Trademark Office par la Carnegie Mellon University.

³ Le CMM évoqué tout au long de ce texte est celui développé par le NBIMS.

Information Modeling Standard (NBIMS), le CMM fournit un index permettant de situer l'état d'utilisation du BIM et des processus d'affaires associés dans une entreprise. Cela peut être mis en regard avec les trois différents niveaux de maturité décrits par Succar (2009) et évoqués plus haut, mais avec une précision plus grande. La notation s'effectue selon onze critères dont certains exemples sont donnés ci-après : la richesse des données présentes dans le BIM, à savoir quelle quantité d'informations ces données englobent ; le support du cycle de vie du bâtiment, ou dans quelle mesure les acteurs sont susceptibles de trouver à tout instant et durant n'importe quelle phase du projet l'information dont ils souhaitent dans le BIM ; les rôles et disciplines associés au BIM, c'est-à-dire si l'organisation de l'entreprise en termes de compétences est orientée vers le BIM et l'intégration des données ou si au contraire très peu de personnes comprennent et se servent de l'outil. Les onze critères se voient chacun attribuer un score variant de 1 à 10, chaque valeur correspondant à un état d'utilisation du BIM dans l'entreprise selon le critère observé. Bien que le résultat obtenu ne puisse être considéré comme une note absolue indiquant la qualité d'emploi du Building Information Modeling dans une compagnie, le Capability Maturity Model fournit une évaluation poussée des pratiques d'une organisation en rapport avec ce dernier. Cela peut donc représenter un appui très pertinent lors d'une implantation, du fait qu'il est possible de mieux cerner la situation initiale de cette dernière quant à la gestion de l'information et éventuellement à des pratiques collaboratives mises en place préalablement, et par conséquent mieux planifier la marche à suivre pour progresser vers l'interopérabilité idéale pour les projets.

Dans le cadre de projets d'implantation, il est également pertinent de s'attarder, en plus des différentes méthodologies envisageables pour les mener à bien, sur les facteurs ayant un impact sur la réussite ou l'échec de tels projets. Connus sous le nom de Facteurs Critiques de Succès (de *Critical Success Factors* dans la littérature scientifique anglophone), ces éléments permettent de cibler certains domaines, disciplines ou points à considérer avec attention pour favoriser le bon déroulement d'une adoption du BIM dans une organisation. Étant donné les similitudes et parallèles pouvant être établis entre le BIM et les logiciels de type ERP, il est intéressant d'examiner scrupuleusement la littérature dédiée à ce genre d'outils et centrée sur les facteurs de succès. Motwani et al (2005), Umble et al (2003), Ngai et al (2008), Motwani et al (2002) et Françoise et al (2009) ont publié sur le sujet et présentent plusieurs facteurs ainsi que l'utilisation pouvant en être faite. De nombreux recouplements peuvent être effectués entre leurs différents travaux et il est aisément de dégager un consensus sur les paramètres déterminants pour la réussite d'une implantation

ERP. Il s'agit par exemple de considérer avec le plus grand soin la manière dont les processus d'affaires de l'entreprise réalisant la transition vont être affectés et transformés, pour répondre au mieux aux besoins de la compagnie ainsi qu'aux nouvelles exigences amenées par l'utilisation d'un nouvel environnement de travail, et ce pour tirer le meilleur profit du nouvel outil de gestion. La gestion du changement par la sensibilisation, le suivi et la formation des employés est également un pilier du succès d'un projet d'implantation ERP selon ces auteurs. Des aspects plus spécifiquement centrés sur la conduite du projet en elle-même peuvent en outre être cités, comme la composition et la coordination de l'équipe projet, la communication efficace et fluide ainsi que la capacité à impliquer les départements de Technologie de l'Information bénéfiquement. Il est par ailleurs intéressant de souligner les liens dressés par Françoise et al (2009) dans leur travail entre Facteurs Critiques de Succès et actions concrètes pouvant être effectués dans une entreprise. En partant du principe que la maîtrise des facteurs de succès engendre nécessairement et par définition une plus grande réussite du projet auxquels les facteurs se rapportent, la question naturelle de savoir comment les maîtriser se pose. En associant à chacun des facteurs identifiés pour un projet d'implantation ERP des actions à entreprendre, les auteurs fournissent leur réponse à cette interrogation légitime. À propos des projets d'introduction du BIM aux habitudes et manières de procéder d'une entreprise, le consensus observé précédemment pour les ERPs peine à se dessiner malgré des efforts communs vers cet objectif. Des analyses sur quels points ont pu fournir un avantage à des projets couronnés de succès et reconnus pour ce fait ont été menées (Tsai et al, 2013) ainsi que sur des facteurs déterminants (Jung et Joo, 2011) et des enjeux clés (Smith et Tardif, 2009; Gu et London, 2010).

Dans chacun des cas étudiés ci-dessus, les auteurs d'articles ou de livres évoquent quasi systématiquement le besoin de méthodologies précises d'implantation pour appuyer les démarches d'implantation. Comme il est possible de le lire dans l'ouvrage de Smith et Tardif (2009), « *it is becoming increasingly clear that the companies harvesting the most significant gains from their implementation of BIM are those that have exercised due diligence in their BIM implementation strategies* ». Ceux-ci complètent cette observation en insistant que les stratégies et méthodologies doivent être construites en fonction de l'état de fonctionnement de l'entreprise procédant à l'adoption du BIM, tant au niveau des processus d'affaires que sur le flux d'information existant entre les différentes parties d'un projet. Pour prolonger l'étude, il convient à présent de s'attarder

quelque peu sur la nature d'une méthodologie proprement articulée et ayant ainsi le potentiel attendu en vue d'aider et guider.

2.4 Définition et caractérisation d'une méthodologie

Comme débattu précédemment, l'industrie AIC et plus généralement l'ensemble des utilisateurs potentiels du BIM font face aujourd'hui à de nombreux défis dus à l'introduction récente de l'outil dans le milieu. Le besoin que l'ensemble des intervenants sur un projet se conforme aux règles et pratiques imposées par l'usage du BIM, et entretienne la philosophie associée en interne est par exemple une barrière, tout comme des problématiques typiques des implantations de logiciels intégrés que sont la formation et l'apprentissage au logiciel des employés (Eastman et al, 2011).

L'absence dans la littérature de méthodologie d'implantation exhaustive prenant en compte les principaux enjeux d'un tel projet peut également être mise en lumière et expliquer partiellement les doutes des entreprises à adopter le BIM, les faibles taux de réussite d'implantation totale et la sous-utilisation des pleines capacités de l'outil. Une revue critique sera développée ci-après afin de démontrer ceci. C'est ainsi que les usagers ou les entités ayant la volonté de tendre vers cet objectif doivent disposer de conseils clairs et précis, de formation et de support lors d'une implantation BIM (Khosrowshahi et Arayici, 2012).

Bien que des techniques applicables dans un contexte de réingénierie des processus d'affaires et d'introduction de nouvelles pratiques existent et soient décrites dans la littérature (Kettinger, 1997), il est souvent difficile pour les entreprises d'identifier des situations favorables à l'emploi de ces techniques, ni un ordre de marche spécifique, ce qui fait percevoir l'amélioration des processus comme une boîte noire complexe à comprendre (Zellner, 2011).

Selon l'objectif de construction d'une approche systématique de l'implantation du BIM, il est pertinent de s'attacher à spécifier la nature d'une méthodologie. Ainsi, une méthodologie est définie, selon Checkland (1981), comme un ensemble de techniques visant à résoudre des problèmes donnés, encadrées par des principes et une philosophie de résolution de problèmes. D'après Braun et al. (2005), différents attributs viennent définir le concept de méthodologie, ou méthode. Celle-ci est toujours orientée vers l'accomplissement d'un but, et met en place des règles et processus pour ce faire. Pour cela, une méthodologie doit être dotée d'une structure systématique

et de principes, pouvant s'apparenter à des stratégies. Finalement, la répétabilité est un critère clé d'une méthodologie efficace. Cet aspect est également évoqué par Winter et Schelp (2006) qui indiquent que référencer une méthodologie permet la réutilisation du savoir, ce qui débouche sur des économies en termes de coûts et à l'élaboration progressive de *best practices*, indubitablement souhaitables pour des entreprises cherchant à améliorer les manières de travailler.

En outre, d'après la revue de littérature menée par Braun et al (2005), une méthodologie est caractérisée par les éléments suivants :

- des activités incluses dans une procédure, impliquant une réalisation dans un ordre donné, produisant des résultats, généralement assimilables à des documents ou livrables, selon des objectifs fixés ;
- des rôles, identifiant le contenu d'une activité et les responsables et acteurs de sa réalisation ;
- des documents de spécification, ou livrables, contenant les résultats structurés des activités ;
- des techniques, apportant des instructions détaillées pour la réalisation de certaines activités ou la production de certains documents ;
- un méta-modèle, spécifiant le modèle des données pour les résultats et les éléments de la méthode, garantissant la cohérence de cette dernière.

Ces caractéristiques sont corroborées par un article de Winter et Schelp (2006). Autant ces derniers que Braun et al (2005) précisent par ailleurs que des outils spécifiques peuvent être employés pour appuyer les techniques. Kettinger (1997) fait également de son côté le lien entre méthodologies, techniques et outils. Il est donc important de prendre en considération les outils susceptibles d'être employés lors de l'élaboration d'une procédure précise d'implantation.

Comme il a été évoqué plus haut, la situation particulière de chacune des entreprises souhaitant adopter le BIM est prépondérante dans les choix d'implantation, et celles-ci doivent obligatoirement la prendre en compte. Il est donc primordial d'inclure en plus des critères vus précédemment une notion d'adaptabilité dans l'évaluation formelle des méthodologies. Une méthodologie adaptative pourra être appliquée indifféremment à une organisation ou à une autre, alors qu'une procédure issue d'une étude de cas par exemple et calquée sur le modèle correspondant au sujet d'étude sera moins flexible.

Il est en outre pertinent de relever la distinction qu'effectuent Winter et Schelp (2006) en considérant ce qu'ils nomment méta-méthode d'une part et les méthodes génériques de l'autre. Les méta-méthodes, également connues sous le nom de méthodes situationnelles, nécessitent une

configuration particulière dépendante du contexte de leur emploi afin d'être applicables. De telles méthodologies comprennent des principes de déploiement et des « fragments » de méthode, qui demandent à être assemblés selon un mode d'action particulier. La différence à noter avec les méthodologies génériques est que ces dernières englobent l'ensemble des situations potentielles par un système de procédures génériques et alternatives, et ce décliné pour l'ensemble des composantes de la méthodologie (activités génériques ou alternatives, etc). Il est dès lors intéressant de se questionner sur les valeurs de ces deux types de méthodologie et sur les bénéfices possibles dans le cas particulier du BIM.

2.5 Revue critique et objectifs de recherche

2.5.1 Revue critique

Après le rapide tour d'horizon des travaux existants sur le BIM et sur l'avancée de la recherche dans la matière, il est dorénavant possible de critiquer les résultats obtenus en rapport avec les observations précédentes sur le contenu d'une méthodologie.

De manière générale, la majorité des articles et publications rencontrés traitant de l'implantation du BIM ne répond pas entièrement aux attentes établies. Fréquemment basé sur des études de cas, le critère de l'adaptabilité est par conséquent d'emblée remis en cause dans une situation telle. En effet, les solutions fonctionnant pour une entreprise dans un contexte donné ne sont pas nécessairement transférables dans un autre contexte. Ce constat est toutefois à nuancer étant donné que certains articles présentent un concept plus générique avant de l'appliquer à un environnement donné, ou tirent des conclusions d'ordre général d'une situation appliquée. Des publications comme celle Arayici, Egbu et Coates (2012), *Building Information modelling (BIM) implementation and remote construction projects : issues, challenges, and critiques*, se focalisant quasiment exclusivement sur un cas précis, restent quant à elles moins profitables à une éventuelle entreprise extérieure souhaitant s'inspirer du cas pour elle-même.

En regard des critères décrits au préalable, aucun article rencontré jusqu'alors ne correspond au schéma de Braun et al. (2005). Des activités nécessaires à l'implantation du BIM sont fréquemment évoquées, selon une séquence plus ou moins ordonnée et couvrant seulement partiellement l'étendue d'un projet de construction classique. Le travail de Forgues et Staub-French (2014) semble très pertinent sur ce point en proposant un plan détaillé censé guider l'implantation

du BIM, mais possède l'inconvénient de s'attacher à un pays particulier et à un type d'entreprises spécifique. Attachées à la sélection d'un produit BIM, les étapes fournies par l'article de Arayici et al. (2010) s'organisent selon trois cycles incrémentaux de réflexion permettant d'aboutir à un choix éclairé. Également dans Arayici et al. (2012), des étapes très précises de réflexion et d'action sont exposées pour expliquer la démarche d'implantation chez *John McCall's Architects*. Cependant, pour les deux exemples cités ci-dessus, les rôles ou les livrables sont absents de la recherche, ce qui empêche les méthodes de se prétendre exhaustives. De manière ponctuelle, il est possible de trouver l'évocation de techniques et d'outils associés ayant servi à résoudre certaines problématiques d'implantation lors de cette dernière, mais aucune association systématique n'est faite, ni entre les deux ni avec les activités sous-jacentes. Il est à noter que le concept du méta modèle évoqué par Braun et al. (2005) est être fortement conceptuel et son utilité peu perçue en pratique étant donné qu'aucun article lu à ce jour ne soulève le besoin d'une documentation des données et de leur format. L'on retrouve toutefois cette idée, théorique, mais avec des vues appliquées, dans le livre de Smith et Tardif (2009) lorsque ces derniers traitent de la gestion de l'information dans une organisation, et de la nécessité de cadrer cette dernière. Un recensement concis des attributs détectés dans les articles issus de la revue littéraire est présenté ci-après :

Tableau 2.1 : Critères abordés dans les modèles proposés dans la littérature

Références	Activités	Rôles	Livrables	Techniques/ Outils	Méta modèle	Adaptabilité
Arayici et al., 2009	x		x	x		
Arayici et al., 2011	x			x		
Arayici et al., 2012	x			x		
Hartmann et al., 2012				x		
Davies et Harty, 2012		x				
Smith et Tardif, 2009	x			x		x
Eastman et al., 2011	x					x
Autodesk inc., 2010	x		x	x		x
Forgues et Staub-French, 2014	x					x

La volonté d'obtenir une méthodologie d'implantation exhaustive est toutefois à nuancer et son absence dans la littérature peut s'expliquer par le fait que la construction et la documentation d'un tel outil s'avèrent un travail extrêmement vaste et fastidieux et la limitation à certaines problématiques peut être bénéfique. Cela rejoint d'ailleurs la remarque de Smith et Tardif (2009) qui insistent sur le fait que le BIM est fragmenté et non unifié en une seule application. Une contribution pertinente peut alors être la clarification d'une problématique particulière liée au BIM, non traitée auparavant et apportant des réponses touchant potentiellement l'ensemble des acteurs de l'industrie AIC.

Dans ce contexte, et en regard des réflexions sur les Facteurs Critiques de Succès évoquées précédemment, un apport sensé et intéressant pourrait être la proposition d'une démarche détaillée d'assistance à l'implantation du BIM, incluant ces facteurs et les différentes recommandations récoltées grâce à l'étude de la littérature. La démarche adoptée par Françoise et al. (2009) dans leur article présente plusieurs avantages par rapport aux considérations précédentes et aux conclusions tirées de celles-ci. En effet, le manque d'activités concrètes et de solutions pratiques et applicables dans la majorité des situations est aujourd'hui une faiblesse répertoriée des travaux sur l'implantation du BIM, et l'idée de ces auteurs appliquée à cette problématique semble prometteuse et pouvoir apporter une réponse. Ayant par ailleurs à l'esprit l'accent mis par différents chercheurs sur le rôle et l'influence de la maturité du BIM sur la stratégie d'implantation, l'inclusion de cette dimension dans la recherche à mener paraît intéressante.

2.5.2 Objectifs de recherche

Le travail effectué dans le cadre de la maîtrise a pour ambition de répondre à la question de recherche suivante :

Quels sont les enjeux et défis principaux d'une implantation BIM et comment est-il possible d'assister une telle démarche?

Pour fournir une réponse pertinente à cette question, les objectifs généraux de recherche sont par conséquent :

- rationaliser et structurer les multiples données récoltées sur l'implantation, autour d'un outil formalisé, pour faciliter leur consultation, compréhension et assimilation ;

- fournir une assistance aux entreprises souhaitant implanter ou évoluer vers une meilleure utilisation du BIM ;
- établir une liste de facteurs de succès aux impacts majeurs sur la réussite d'un projet d'implantation BIM ;
- dresser une liste d'actions pratiques et concrètes issues de propositions de la littérature, d'études de cas ou de discussions avec des experts, susceptibles d'être mises en place dans un contexte d'implantation ;
- élaborer un modèle d'assistance à l'implantation du BIM, regroupant facteurs, actions et maturité du BIM dans une organisation, permettant la progression dans son utilisation.

2.6 Conclusion

Ce chapitre a permis de recenser l'ensemble des problématiques liées à une implantation BIM décelées dans la littérature, ainsi que d'envisager des pistes de travail pour la suite de ce projet de recherche. L'apparition récente des outils de type BIM dans le milieu de la construction laisse un nombre conséquent d'opportunités afin de contribuer à la recherche dans ce domaine et apporter un soutien nécessaire aux professionnels du secteur dans leurs élans vers l'adoption BIM. L'observation attentive des constituants d'une méthodologie a amené le constat de la faible représentation de plans à suivre ou méthodes précises pour utiliser le BIM. Compte tenu de l'étendue du travail pour obtenir une procédure exhaustive et adaptative d'implantation du BIM, la préférence s'est portée sur le développement d'un outil pour aider ces démarches, rationalisant notamment l'information disséminée dans la littérature. Pour clarifier les intentions guidant le travail exposé ensuite, la question de recherche ainsi que les objectifs associés ont été détaillés. La démarche de réflexion et ses orientations durant la revue de littérature et l'élaboration du modèle proposé sont expliquées dans le chapitre suivant, avant de concrètement détailler les productions du travail entrepris et les résultats obtenus.

CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

3.1 Introduction

Ce chapitre vise à expliciter et détailler la méthodologie adoptée afin de mener à bien le projet de recherche. Ayant une idée globale du domaine d'intérêt et du sujet général de ce projet de recherche, à savoir le BIM, une première étape a été une étude descriptive des travaux existants, afin de déterminer quels angles d'observation et de réflexion pouvaient être choisis. Une revue de littérature a ainsi été effectuée et sa démarche est expliquée dans un premier temps dans ce chapitre. Par la suite, l'idée directrice du modèle, ses origines ainsi que ses hypothèses et objectifs seront présentés, en même temps que les interactions entre la revue de littérature et le modèle survenues au cours de l'avancée du travail. L'évolution de la réflexion n'a en effet pas été linéaire, mais plutôt cyclique entre les possibilités envisagées pour le modèle et les informations trouvées dans la littérature scientifique. Finalement, ce chapitre traitera de la validation prévue pour la recherche effectuée dans le cadre de la maîtrise, son principe et son déroulement.

3.2 Démarche d'étude de la littérature

Le BIM, système d'information récent et prometteur pour l'industrie de la construction, et confrontant ses acteurs à des défis complexes, notamment son implantation, s'est présenté rapidement comme un sujet de recherche vaste, pertinent et possédant différents axes d'étude. Afin de clarifier l'état de l'art sur cet outil et l'avancée des recherches scientifiques sur ce dernier, la première partie du travail s'est trouvée être une étude descriptive de la littérature. L'objectif de la revue était à la fois de comprendre comment le domaine avait pu être abordé précédemment, de déceler d'éventuelles failles et lacunes des travaux existants et de recueillir du matériel en vue du la future proposition de recherche.

L'implantation, comme décrite précédemment, apparaissant comme une problématique majeure, a été le premier terme pour trouver des publications couvrant de différentes manières ce sujet. Des considérations généralistes présentant les bénéfices du BIM par rapport aux méthodes de travail et de suivi de projets plus anciennes ont pu être consultées, tout autant que des propositions beaucoup plus techniques sur les outils notamment ou des conclusions tirées d'études de cas. Ce premier volet de revue de littérature a permis de dresser un bilan rapide de l'état de l'art,

d'identifier des auteurs récurrents dans le domaine et de recenser les problématiques fréquemment abordées. Le manque de méthodologies se faisant ressentir, il a par la suite été possible d'orienter les recherches plus précisément en ce sens et sur comment assister l'industrie dans son effort pour intégrer le BIM à ses pratiques. La pertinence des parutions diverses trouvées précédemment a ainsi pu être évaluée selon cet angle et une nouvelle période de consultation de la littérature est arrivée, pour alimenter davantage la base d'articles obtenue, et ce grâce à l'affinement progressif des critères de recherche.

Après avoir récolté une quantité d'informations conséquente sur le thème de l'implantation du BIM dans différents contextes, le besoin de rationaliser celles-ci s'est fait ressentir. Une entreprise désireuse d'adopter un outil de type BIM et volontaire pour exploiter les prescriptions théoriques de la littérature aurait pourtant du mal à le faire à cause du morcellement des données. Comme décrit lors du chapitre précédent, aucune procédure claire et exhaustive n'existe.

Une façon efficace d'ordonner l'information a été de chercher à déterminer selon les exemples trouvés quels points ou facteurs offrent de manière répétée un avantage aux acteurs s'efforçant de les considérer. La notion de Facteurs Critiques de Succès (FCS) s'est ainsi dessinée d'après cette logique. Une attention particulière a par conséquent été portée aux options pour constituer une liste convaincante et réaliste de FCS dans le cas d'une implantation BIM, pouvant être un premier pas pour le modèle d'assistance souhaité. Les similitudes évidentes entre BIM et ERP au niveau des problématiques engendrées par l'adoption de tels outils de gestion ont mené à déporter quelques temps l'examen de la littérature sur les travaux traitants du cas des projets d'implantation ERP. Ces systèmes sont plus anciens que le BIM et reconnus comme propices à une meilleure gestion des affaires dans les organisations. Par conséquent, les articles à leur sujet sont nombreux et les FCS les concernant fortement étudiés. Il a ainsi été possible d'obtenir rapidement plusieurs sources d'information pertinentes. Par combinaison des résultats de cette recherche et des enjeux fréquemment évoqués dans les publications sur les implantations BIM, il a été finalement possible de dresser une liste de plusieurs FCS pour ces dernières, comme souhaité, formant ainsi une première entité du modèle à venir, décrit plus loin dans ce mémoire.

L'implication du cas des ERPs dans la réflexion et les recherches dans la littérature dédiée aura également eu le bénéfice d'ajouter aux résultats l'article de Françoise et al (2009), centré sur les FCS et proposant une approche pour transformer des concepts théoriques et globaux en des

activités concrètes. Ce travail a eu par la suite une influence conséquente sur le projet de recherche et a été une autre motivation importante pour établir une liste de facteurs propres au BIM. À partir de là, un nouvel objectif de l'examen des publications fut de recenser des activités ayant été réalisées sur le terrain ou conseillées par des experts pour alimenter le modèle prenant forme.

La revue de littérature a été au cours de sa réalisation logiquement de plus en plus influencée par les besoins spécifiques du modèle en construction. L'explication de l'élaboration progressive de ce dernier est présentée ci-après et vient compléter la démarche expliquée dans cette partie, étant donné les interactions évidentes entre travaux existants et propositions faites dans le cadre du projet de recherche.

3.3 Élaboration du modèle et principe de fonctionnement

Le modèle développé dans le cadre de cette Maîtrise a pour origine une combinaison d'éléments présentés de manière parfois éparse plus haut. Sa motivation principale prend source dans l'étude de la littérature et les besoins ressentis en explorant cette dernière, notamment en termes d'assistance pour implanter le BIM. Diverses influences et recommandations ont par la suite orienté les recherches et façonné le modèle final. La réflexion a été cyclique, avec des retours réguliers dans la littérature pour étayer les décisions prises lors de l'avancée du travail, comme présenté ci-dessous.

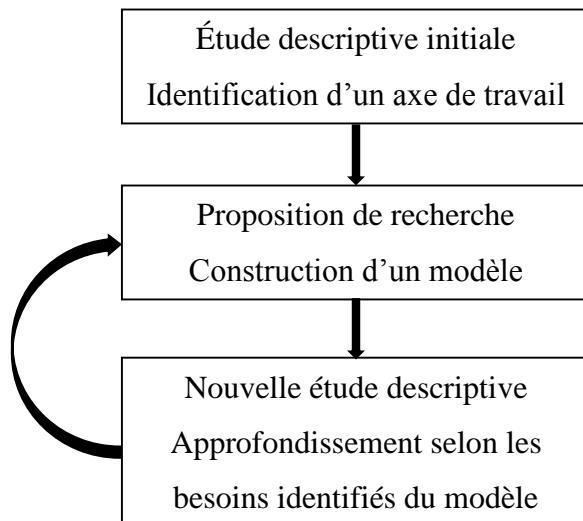


Figure 3-1 : Évolution de la réflexion durant la construction du modèle

Après des recherches généralistes sur l'adoption du BIM, le tâtonnement pour déterminer un moyen pertinent de travailler sur ce sujet et d'apporter une contribution susceptible de supporter

de réels projets a su trouver une réponse convaincante dans l'idée développée par Françoise et al (2009) dans leur article. Des objectifs plus précis ont alors été de dresser une liste de FCS et de recenser des actions ayant été réalisées dans différents projets ou conseillées plus globalement par des experts. L'exploration de la littérature a donc été adaptée en fonction de ces nouveaux besoins comme décrits dans la partie précédente.

Un élément supplémentaire découvert lors de la revue est venu par la suite influencer les orientations choisies pour le modèle et son principe : le CMM, décrit plus haut, outil servant à évaluer la maturité de l'utilisation du BIM dans une organisation. La maturité en question revenant régulièrement dans les discours des chercheurs comme un élément crucial pour améliorer l'introduction et l'emploi du BIM dans le secteur de la construction, l'indice de performance fourni par le CMM méritait considération. Le squelette initial du modèle composé de deux entités liées entre elles, à savoir actions et FCS, s'est donc enrichi d'un troisième membre. Les onze critères d'évaluation du CMM s'ajoutent et sont connectés aux facteurs de succès. L'ajout de cet outil ancre davantage le modèle dans la réalité de l'industrie de la construction, le CMM ayant été développé par un institut américain reconnu pour ses efforts vers la standardisation de l'industrie AIC et pour une intégration généralisée du BIM au sein de cette dernière. La logique peut alors être comprise comme suit, tout en pouvant être adaptée selon les points de vue : une entreprise désireuse d'employer le BIM va d'abord se baser sur une analyse de la maturité de son utilisation et identifier les critères dans lesquels sa performance est bonne ou mauvaise. Chacun des domaines du CMM étant ensuite relié dans le cadre du modèle à des FCS, il est possible d'identifier sur quels facteurs travailler en priorité pour améliorer globalement la maturité, et ce grâce aux actions proposées finalement.

L'ajout du CMM dans le modèle est venu par ailleurs renforcer une impression déjà ressentie lors de l'élaboration de la liste de FCS et au travers de l'étude de la littérature. En effet, les facteurs et plus généralement les enjeux d'une implantation n'ont pas tous la même portée. Quand certains se concentrent exclusivement sur le projet d'implantation à proprement parler, d'autres ont un effet plus persistant et influencent en plus l'utilisation du BIM, une fois adopté et à l'usage dans l'entreprise. Ces impacts différents imposent une certaine hiérarchisation des facteurs, certains apportant donc un retour sur investissement plus grand en apparence. Cette idée s'est retranscrite lors de l'examen des liens pouvant être établis entre CMM et facteurs de succès. En effet, en essayant de caractériser l'influence potentielle des facteurs sur les critères du CMM,

certains facteurs apparaissaient fréquemment alors que d'autres semblaient sans impact. Cela s'explique assez logiquement par le fait que la maturité d'un système le concerne directement alors que l'implantation fait entrer en compte des problématiques dépassant le système lui-même. De ces observations est venue la conclusion de conserver les facteurs impactant à la fois l'implantation et l'utilisation future du BIM, pour plus de cohérence et d'intérêt du modèle.

Le modèle dans son état final se compose de trois membres distincts et articulés entre eux afin de former une suite logique en vue d'aiguiller l'implantation et l'utilisation du BIM. Une ambition déclarée de ce dernier est de pouvoir concrètement aider des professionnels souhaitant planter le BIM, par la synthèse et l'organisation d'une grande quantité d'informations provenant notamment de la littérature. Le modèle n'est toutefois pas une procédure d'implantation clé en main. À noter que le détail du modèle sera développé dans le chapitre suivant, l'explication présente ici sert d'appui à la description de la démarche.

La procédure de validation du modèle, avec notamment quelques considérations sur l'applicabilité, est expliquée dans la partie suivante. Les résultats et les conclusions effectives de cette validation seront quant à eux présentés dans un chapitre ultérieur.

3.4 Validation du modèle

Après avoir mené à bien l'étude de la littérature et développé le modèle selon les objectifs fixés, la validation s'est avérée être le prochain enjeu majeur à prendre en compte dans le projet de recherche, pour confirmer la pertinence du travail réalisé.

Le modèle construit ayant des visées pratiques et l'objectif d'apporter des solutions à des problématiques rencontrées sur le terrain, la consultation d'experts de l'industrie de la construction, en contact avec le BIM lors de leurs missions, s'est naturellement imposée. Les liens de la chaire de recherche soutenant la réalisation de ce projet de recherche avec une entreprise québécoise de génie ont permis d'obtenir un contact privilégié avec des professionnels disposés à partager leur expérience pour aider le projet. Des possibilités de rencontres avec ces derniers ont été offertes par la compagnie, suivant leurs disponibilités.

Le questionnement s'est alors porté sur la structure de la procédure de validation du modèle. En effet, ce dernier implique différents éléments, soutenus par la littérature, mais agencés d'une manière innovante ou retranscrits selon les besoins du modèle mis en place. Les interrogations

peuvent alors porter sur les listes de FCS et d'actions élaborées, ainsi que sur les liens établis entre CMM et FCS et entre FCS et actions. Après réflexions et concertations, l'interrogation principale repose sur le contenu des listes. Les liens sont en effet quant à eux plutôt évidents et très simples à établir, les concepts mis en jeu étant aisément identifiables. En outre, il semble plus important de déterminer si une action donnée a du sens dans le cadre d'une implantation BIM, plutôt que de se focaliser sur le facteur auquel la relier. Une hiérarchisation entre ces deux questions existe dans le sens où si l'action est fondamentalement inutile pour assister une implantation, l'associer à un facteur est insensé.

Le choix de se concentrer sur la validation des facteurs et des actions introduits dans le modèle a donc été fait. De ce point, le déroulement de la validation et la conduite des entrevues proposées par l'entreprise partenaire ont pu être le centre du débat. Dans un premier temps, l'option de la discussion informelle sur les thèmes de l'implantation BIM et sur la pertinence des objets introduits par le modèle a été envisagée. Cependant, à des fins de rigueur scientifique et de solidité des résultats, l'encadrement de la validation par le biais d'un questionnaire s'est présenté comme une alternative plus attrayante. L'utilisation de ce genre d'outil semblait tout indiquée, étant donné que l'objectif de la validation était de passer au travers de l'ensemble des facteurs et actions pour déterminer leur intérêt. Une évaluation de la pertinence de chacun d'eux pouvait donc être mise en place de cette sorte.

À des fins de robustesse des conclusions destinées à être tirées du questionnaire, la méthode DELPHI a été par la suite sélectionnée. Cette méthode permet d'obtenir des résultats plus fiables que si le questionnaire était administré de manière indépendante et unique à un groupe d'experts possédant leur seule connaissance du domaine sur lequel ils sont interrogés, dans le sens où l'on va pouvoir dégager plus aisément des consensus et à l'inverse des désaccords sur les points demandant évaluation (Loo, 2002). L'origine, la structure précise et le fonctionnement de la méthode sont exposés au chapitre 5, ainsi que les outils concrètement mis en place pour mener à bien l'étude, notamment le questionnaire.

Ce questionnaire a été construit quasiment parallèlement à la clarification progressive des actions associées à chaque facteur de succès. La structure stricte imposée pour l'utilisation de la méthode DELPHI a permis de ciseler précisément chaque action, parfois un peu confuse lors de leur identification initiale pour alimenter le modèle. De plus, cette rationalisation a fait ressentir

certains besoins supplémentaires et a par conséquent servi à étoffer le modèle. De la même manière que précédemment, il est possible de définir des cycles de réflexion caractérisant l'évolution du travail sur le modèle et sa validation et de compléter la figure initiale, comme présentée à la figure 3-2.

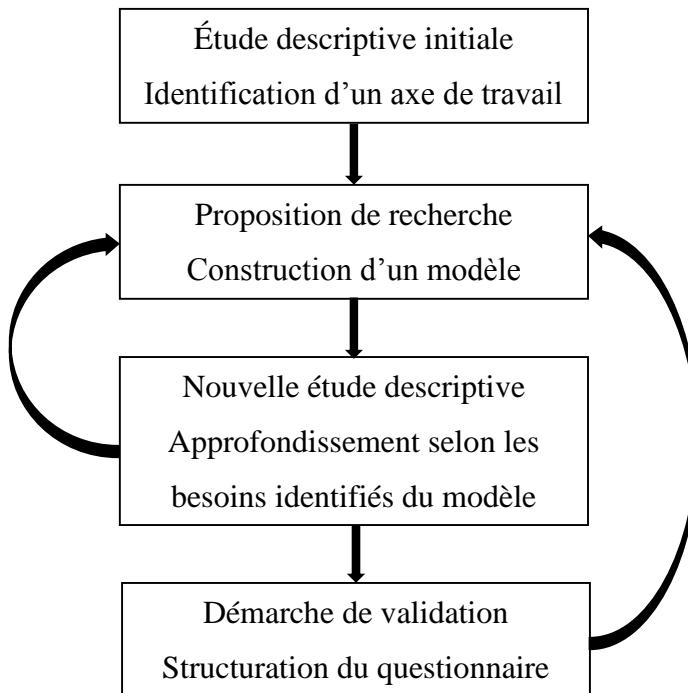


Figure 3-2 : Évolution de la réflexion durant la construction du modèle et du questionnaire

La démarche de validation, une fois le questionnaire construit dans une version initiale, a alors été poursuivie et complétée par la rencontre avec un expert seul. Cette rencontre devait permettre d'analyser la compréhension de cet expert face aux éléments du questionnaire et à recueillir ses commentaires quant aux points à améliorer. Cette étape a permis d'obtenir une version plus aboutie dans l'objectif de la validation du modèle. Similairement aux retours en arrière fréquents survenus précédemment, cette rencontre a permis d'alimenter le modèle, d'y apporter certaines modifications et concorde parfaitement avec le diagramme présent plus haut ainsi que le cycle entre l'élaboration du modèle et la validation.

3.5 Conclusion

Ce chapitre a permis d'expliquer la démarche employée pour avancer et mener à bien le projet de recherche, ainsi que certaines des étapes majeures de réflexion pour arriver aux

conclusions qui constituent actuellement les bases du modèle. Ce dernier prend sa source dans un besoin implicite présent dans la littérature et détecté lors de l'étude de celle-ci et repose grandement sur les parutions et travaux antérieurs à ce projet de recherche. La construction à proprement parler du modèle est intimement reliée à la revue de littérature. La validation a quant à elle apporté quelques ajustements importants. Ces deux points seront discutés dans les chapitres à venir, à savoir respectivement le modèle en lui-même dans le chapitre 4, puis la validation dans le chapitre 5.

CHAPITRE 4 : MODÈLE D'ASSISTANCE À L'IMPLANTATION DU BIM

4.1 Introduction

Ce chapitre s'attèle à la présentation détaillée du modèle développé dans le cadre de ce projet de recherche. Après avoir décrit la démarche ayant abouti à l'élaboration de ce dernier, l'examen plus précis des éléments présentés précédemment est entrepris dans les parties qui suivent. L'outil conçu par le NBIMS, à savoir le CMM, est d'abord approfondi afin d'en percevoir plus clairement l'intérêt, puis les FCS et les actions seront explicités. Les trois entités du modèle seront ainsi présentées dans un premier temps et son fonctionnement arrivera finalement à la fin du chapitre. Cet ordre de marche a été choisi, car il paraissait préférable de d'abord clairement identifier les constituants du modèle plutôt que d'introduire un concept théorique sans fond concret.

4.2 Capability Maturity Model (CMM)

Le CMM, outil d'évaluation de la maturité du BIM dans une organisation, a déjà été évoqué à plusieurs reprises lors des chapitres précédents. Il est détaillé ici afin d'apporter un éclairage supplémentaire sur l'intérêt du modèle et plus tard son fonctionnement, ainsi qu'une meilleure compréhension des enjeux entrant en compte.

Le CMM est décomposé en onze critères correspondant chacun à des domaines de compétences et d'activités relatifs au BIM. Ces onze critères s'évaluent chacun sur dix points, et chaque note décrit un état spécifique de l'entreprise pour le critère considéré. Ainsi, après avoir considéré tous les critères du CMM, il est possible d'obtenir une note globale sur 110 points, traduisant la performance de l'organisation évaluée. Le CMM, se présentant comme un modèle de par son nom, peut par conséquent être davantage considéré comme un indicateur de la maturité.

Le CMM a été mis à l'épreuve en tant qu'outil et a prouvé sa fiabilité, notamment en termes de variabilité des résultats en fonction de l'évaluateur. La note finale obtenue subit en effet très peu de changements entre différentes analyses séparées et indépendantes d'un même cas (Smith et Tardif, 2009). La confiance accordée en cet outil se traduit dans son utilisation pour divers travaux et recherches scientifiques. L'article de McCuen et al (2012) est un bon exemple : ces auteurs ont cherché à recenser plusieurs projets reconnus comme réussis et bénéfiques, à appliquer le CMM

sur ces derniers pour tirer des conclusions sur les domaines dans lesquels les organisations se montrent performantes, et ceux au contraire mal maîtrisés. L'étude apporte sans conteste un éclairage sur la situation des entreprises face à une implantation BIM, ayant des difficultés avec la gestion du changement par exemple, et permet de cibler des enjeux dans lesquels placer ses efforts en priorité. Cette étude expose également l'intérêt de catégoriser les défis engendrés par une implantation, ce qui permet d'extraire des points forts et faibles pour les utilisateurs du CMM. C'est en outre un premier pas vers la définition de FCS, comme réalisé dans le cadre du modèle.

Le CMM a connu plusieurs évolutions depuis sa création. La modification la plus importante consiste en la transformation du CMM en I CMM, I représentant le mot Interactive. Cette version permet d'impliquer l'utilisateur différemment et rendant l'évaluation évolutive. Pour le modèle, le CMM dans son état original a été employé, car découvert sous cette forme lors des recherches dans la littérature et pertinent ainsi.

Les onze critères présents dans le CMM sont présentés ci-après, d'après une adaptation de Smith et Tardif (2009) et de BuildingSMART Alliance (2007). Les termes étant initialement écrits en anglais et réfléchis pour comporter le plus de sens possible, la traduction entache la qualité et la précision des noms des critères. Les expressions ont été inscrites dans la langue originale pour éviter de déformer l'information.

Tableau 4.1 : Critères du CMM (adapté de Smith et Tardif (2009) et BuildingSMART Alliance (2007))

Critères du CMM
Richesse des données (Data Richness)
Gestion du cycle de vie (Life Cycle Views)
Rôles ou Disciplines (Roles or Disciplines)
Gestion du changement (Change Management)
Processus d'affaires (Business Process)
Réactivité/Temps de réponse (Timeliness/Response)
Méthode de transmission (Delivery Method)
Information graphique (Graphical Information)
Capacité spatiale (Spacial Capability)
Précision de l'information (Information Accuracy)

Tableau 4.1 : Critères du CMM (adapté de Smith et Tardif (2009) et BuildingSMART Alliance (2007))

Interopérabilité (Interoperability/IFC Support)

Pour plus de clarté, le détail des 10 niveaux de notation pour le critère Richesse des données (Data Richness) est décrit dans ce qui suit.

Tableau 4.2 : Détail du critère Richesse des données (adapté de Smith et Tardif (2009) et BuildingSMART Alliance (2007))

Niveau	Description
1	Le BIM a été introduit, mais il n'y pas ou très peu de données à y entrer.
2	Quelques données peuvent être entrées, mais l'outil est encore peu mature.
3	Le BIM est fiable pour des données de base.
4	Les données deviennent informations.
5	Les données du BIM font autorité et deviennent la source primaire d'information.
6	Des métadonnées sont introduites pour que l'information soit davantage disponible.
7	Les données du BIM sont perçues comme fiables et le contrôle de ces dernières devient de moins en moins nécessaire.
8	Les métadonnées sont complètement liées à l'information du BIM, qui est la source faisant autorité.
9	Des stratégies de gestion de la connaissance sont mises en place.
10	L'information est totalement synchronisée avec la gestion de la connaissance.

L'entreprise doit donc s'identifier par rapport à un des niveaux présentés au-dessus afin de connaître sa performance dans un critère donné. Il va de soi qu'un niveau englobe tous les niveaux inférieurs pour ce qui est des activités, compétences et outils mis en place. La description complète du CMM est fournie en annexe, afin de ne pas alourdir la lecture et l'exploration du modèle.

4.3 Facteurs critiques de succès

La logique du modèle implique à la suite du CMM les FCS, comme le veut le lien établi entre ces deux entités (cf 4.4). Ce lien traduit que chaque critère du CMM peut être influencé par

les FCS avec lesquels il est en relation. Ainsi, en identifiant des points faibles comme expliqués plus haut, il est possible de se concentrer sur les uniques FCS ayant un impact sur ces derniers.

Les facteurs considérés ici sont susceptibles d'influencer à la fois l'implantation et l'utilisation du BIM, d'après les observations effectuées lors de la revue de littérature et d'après la cohérence souhaitée entre CMM et FCS dans le modèle. D'une liste initiale d'une dizaine de facteurs, après réflexion et analyse des liaisons possibles avec le CMM, le nombre de facteurs a été réduit à six. Bien que pouvant paraître en quantité faible pour couvrir l'ensemble des enjeux d'une implantation, ces facteurs couvrent raisonnablement bien les défis majeurs de tels projets et permettent de se concentrer sur les obstacles principaux à l'adoption plutôt que de s'éparpiller.

Les FCS utilisés pour le modèle sont par conséquent les suivants :

Tableau 4.3 : Facteurs critiques de succès pour l'implantation et l'utilisation du BIM

Facteurs critiques de succès	Description
Réingénierie des processus d'affaires et flux d'informations	Ce facteur de succès concerne le travail effectué pour réinventer les pratiques et les manières de procéder dans l'organisation afin de les adapter au mieux au cadre et aux besoins du BIM, pour atteindre les objectifs fixés. Dans le cas d'une implantation BIM, une attention accrue est portée à la gestion de l'information par le biais des processus et à l'intégration du flux d'information au flux de travail.
Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie	Ce facteur caractérise les efforts pour maîtriser l'information produite au cours d'un projet par le biais de la standardisation, et la volonté de se mettre en accord avec les pratiques reconnues des professionnels du secteur travaillant avec le BIM.
Implication des parties prenantes extérieures	Un défi majeur pour tirer pleinement parti des bénéfices du BIM est l'intégration aux bonnes pratiques liées à ce genre d'outils et la collaboration de chaque intervenant indépendant de l'entreprise implantant le BIM, et cela afin d'éviter tout gaspillage.

Tableau 4.3 : Facteurs critiques de succès pour l'implantation et l'utilisation du BIM (Suite et fin)

Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet	Ce facteur concerne la sensibilisation et l'éducation de l'ensemble des membres de l'entreprise aux problématiques cruciales de gestion de l'information que l'implantation du BIM soulève.
Éducation technique	Ce facteur de succès prend en compte la formation fournie aux employés amenés à travailler avec le BIM, sur les outils composant ce dernier, et les manières de procéder effectivement avec les nouvelles pratiques imaginées en adaptant les processus d'affaires de l'organisation.
Sélection des outils formant le BIM	La sélection précise et éclairée du ou des outil(s) composant l'ensemble qui constituera le BIM dans l'entreprise est déterminante pour la réussite du projet

Une description plus détaillée de chacun des FCS envisagés pour le modèle est donnée à la suite de ce sommaire. Des justifications de leur intérêt issues de la littérature sont également apportées.

4.3.1 Réingénierie des processus d'affaires et des flux d'informations

La réingénierie des processus d'affaires est un facteur déterminant dans la réussite de projets d'implantation BIM, tout autant que dans une multitude de projets visant à modifier certaines habitudes de travail ou à mettre à jour les pratiques à l'usage dans une organisation.

Ce facteur est omniprésent dans la littérature concernant les systèmes ERP et la considération de celui-ci dans le cas du BIM a été influencée par cela. On en trouve la mention dans l'article de Motwani et al (2005), qui cherchent à identifier des facteurs déterminants pour le succès d'une implantation ERP à partir de plusieurs études de cas, ou encore dans l'article de Françoise et al (2009), lui-même inspiré de nombreuses publications pour proposer sa liste de FCS.

Dans le cas du BIM, les enjeux liés à ce facteur sont évoqués par Khosrowshahi et al (2012) dans leur « roadmap » pour l'adoption, en inscrivant les processus d'affaires comme des éléments clés dans ce plan de marche et en préconisant d'adapter les processus existants selon une orientation

Lean. Les auteurs associent effectivement le BIM avec le Lean Management dans leur article, et plus précisément le Lean Construction, version adaptée en centrée sur les problématiques de l'industrie AIC. Le Lean Management est une philosophie de production apparue au Japon dans l'industrie automobile dans les années 1960, basée sur la standardisation, la réduction des gaspillages et la livraison au client d'un produit à sa valeur juste, c'est-à-dire dénué de tout coût additionnel dû à des interventions sans valeur ajoutée sur ce dernier. Le Lean se base sur deux piliers qui sont la production juste-à-temps, c'est-à-dire synchronisée sur la demande client et non poussée comme les approches plus traditionnelles le font, et l'élimination au plus vite des erreurs dans la chaîne de production. La recherche de la perfection en termes de processus de production et la conviction que chacun peut être indéfiniment amélioré peuvent constituer des descriptions de la philosophie. La volonté d'amélioration se traduit par ailleurs par les programmes d'amélioration continue, autre fondamental du Lean, recommandant le contrôle régulier des processus et leur évolution progressive basée sur la standardisation. Plus concrètement pour l'industrie de la construction, la mise en place de processus d'affaires efficaces, productifs et ne générant pas de gaspillage temporel, financier ou humain s'inscrit dans une démarche Lean. L'attention portée aux résultats et à leur conservation à un niveau d'exigence élevé, allant de pair avec l'adaptation des processus selon les évolutions du marché et des technologies, se range également selon une perspective Lean. Le BIM, si utilisé de manière appropriée, permet des économies de temps et de moyens notamment grâce à la communication plus fluide qu'il apporte. Il représente en ce sens une amélioration considérable des méthodes de travail et une optimisation des ressources. Il s'intègre donc dans la lignée des outils Lean et peut être associé à cette philosophie, bien que les deux soient initialement indépendants.

Dans le cas de Khosrowshahi et al (2012), le défi relève donc de l'adaptation efficiente des processus antérieurs à l'implantation en des processus correspondant aux usages introduits par le BIM et autorisant une exploitation maximale des possibilités de l'outil. Une pratique courante dans ce genre de situation suggère de dresser un portrait des processus à l'œuvre avant l'implantation afin de parfaitement maîtriser la situation initiale, puis de définir les besoins de l'entreprise auxquels doit venir répondre le BIM et le fonctionnement optimal pour pouvoir y parvenir. Ainsi, deux états sont définis, antérieur et postérieur à l'implantation, offrant la possibilité de réfléchir à une stratégie pour passer de l'un à l'autre, notamment en termes de réingénierie des processus. Plusieurs techniques et outils peuvent être utilisés pour pratiquer cette réingénierie, et l'on peut

citer les nombreux langages de modélisation de processus d'affaires, comme UML, BPMN ou encore le langage spécifiquement développé dans le cas du BIM par Tsai et al (2013).

La gestion de l'information au travers des processus d'affaires est une problématique prépondérante liée à la réingénierie, comme le décrivent précisément Smith et Tardif (2009). La création et la récupération d'information doivent être synchronisées avec le travail réalisé lors des projets. La réflexion sur la réorganisation des processus doit nécessairement inclure cet aspect, à savoir comment intégrer au mieux l'information dans les processus et coupler le flux de travail et le flux d'information. Des recommandations fréquemment rencontrées sont également livrées par Smith et Tardif : assigner un récupérateur unique pour chaque donnée, récupérer l'information en une seule fois et à un seul endroit, etc. Cette dimension de la réingénierie est primordiale afin d'obtenir les bénéfices attendus du BIM et l'exploiter selon son usage prévu.

4.3.2 Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie

La standardisation des processus et des usages avec le BIM est un impératif pour supporter l'avancée vers une intégration plus grande de cet outil au sein de l'industrie AIC. Comme expliqué par Eastman et al (2011), de nombreux efforts sont fournis pour atteindre un plus grand niveau de standardisation à l'échelle du secteur de la construction. Le NBIMS, notamment responsable du développement du CMM utilisé dans le modèle d'assistance à l'implantation décrit dans ces lignes, travaille en ce sens en Amérique du Nord. Gu et London (2011) tirent eux aussi la conclusion de leur étude avec des professionnels du secteur que la standardisation est un enjeu majeur de l'implantation du BIM. L'interopérabilité est spécifiquement évoquée dans leur travail, comme accessible si appuyée par des normes et des conventions entre les acteurs d'un projet sur les manières de procéder.

Pour une entreprise, le défi réside à la fois dans la capacité à uniformiser ses pratiques pour mieux contrôler le travail et exploiter le BIM efficacement, ainsi que dans le suivi et l'assimilation des évolutions dans le secteur tout entier. Le BIM tend à mettre en commun la connaissance et les pratiques. Un morcellement de ces dernières entrave profondément son champ d'action. Smith et Tardif (2009) placent ce défi comme incontournable, déterminant pour une entreprise en transition vers le BIM, et insistent notamment sur l'importance des métadonnées dans un contexte de standardisation.

Autodesk inc. pousse clairement en ce sens dans son plan de déploiement du BIM en demandant à ses utilisateurs de définir des conventions de nom pour leurs fichiers, des ententes sur les contenus des modèles, les niveaux de détail... La standardisation est un classique de la philosophie Lean et autorise un meilleur contrôle des activités, une mesure plus précise de la performance et une plus grande productivité en général. Le BIM s'inscrivant dans la lignée des outils Lean, cette problématique l'accompagne. Par ailleurs, le milieu de la construction étant fortement divisé entre de nombreux intervenants, l'harmonisation des efforts passe nécessairement par l'acceptation d'un référentiel commun. Parallèlement, c'est justement le nombre élevé de parties prenantes qui a gêné au cours du temps la standardisation, puisque chacun travaille dans son intérêt propre.

4.3.3 Implication des parties prenantes extérieures

La description de la standardisation dans le paragraphe précédent a rapidement évoqué l'aspect morcelé de l'industrie de la construction et les grands nombres de partenaires d'affaires intervenant sur un seul et unique projet. La standardisation est freinée par cette caractéristique, qui de manière bien plus globale entrave la marche en avant et l'évolution du secteur tout entier.

Pour parvenir à ses objectifs de gestion du cycle de vie du bâtiment intégrée en temps réel, le BIM requiert l'harmonisation de l'ensemble des acteurs d'un projet ainsi que leur investissement commun vers l'adoption d'un tel outil. L'entreprise et ses membres sont naturellement embarqués dans la transition et doivent s'adapter selon les directives souhaitées. Des stratégies spécifiques pour gérer cette problématique peuvent être développées et mises en place. La difficulté est encore plus élevée en ce qui concerne les intervenants extérieurs, n'ayant pas forcément de démarche BIM en cours et non obligatoirement concernés par la volonté d'évolution de leurs collaborateurs.

L'importance de la synchronisation des acteurs en général et notamment des strates hiérarchiques les plus opérationnelles peut être perçue dans l'article de Davies et Harty (2013), qui décrivent l'utilisation sur le terrain de systèmes de capture de l'information connectés au BIM. Plus largement, la capacité à rassembler ses partenaires autour de la démarche Lean engendrée par le BIM et son implantation sont un facteur déterminant pour la réussite de cette dernière. Les ouvrages de Eastmann et al (2011) et Smith et Tardif (2009) insistent notamment sur ce point et ont favorisé la considération de ce facteur pour le modèle.

Ce facteur fait par ailleurs écho au besoin cité plus haut d'une standardisation et de l'introduction aux pratiques BIM du secteur tout entier. Chaque acteur majeur peut avoir un rôle déterminant s'il arrive à entraîner avec lui ses collaborateurs d'une importance moindre sur le marché. Différentes approches peuvent être choisies pour tendre vers cet objectif, notamment en termes de sélection des partenaires, ce qui revient à traiter le problème à la source en ne retenant que ceux aptes à s'adapter au BIM, et en haussant ainsi les exigences pour subsister dans l'industrie.

4.3.4 Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet

Les problématiques informationnelles sont, comme il a été possible de le constater au travers des trois premiers facteurs décrits ci-dessus, au cœur du débat lorsqu'il s'agit de l'implantation du BIM. La gestion de l'information et la culture d'entreprise qui l'accompagne sont des éléments récurrents parmi les enjeux à considérer pour mener à bien un tel projet.

La réflexion lors de la constitution du modèle a été intense sur la manière de découper les facteurs pour prendre en compte l'ensemble des thématiques considérées comme pertinentes après la revue de littérature et l'inventaire des points majeurs d'un projet d'implantation BIM. La culture et la philosophie de l'entreprise se lançant dans le projet sont déterminantes et sont régulièrement citées pour les ERP, sources d'inspiration du modèle. La capacité d'acceptation du changement représente également un élément en faveur du bon déroulement d'une implantation. D'autre part, ces caractéristiques sont grandement influencées par la formation, la sensibilisation et l'accompagnement des membres de l'organisation souhaitant utiliser le nouveau système. En effet, nombre de stratégies de gestion du changement impliquent l'inclusion des employés au processus de changement et leur participation active aux décisions d'adaptation. La culture d'entreprise peut, elle aussi, tout à fait être modelée par la vision que cette dernière se donne et les retombées concrètes en termes de formation.

En outre, comme la partie suivante en atteste, la formation des employés possède également un volet technique sur les outils constituant le BIM à proprement parler et sur les nouvelles pratiques introduites par la réingénierie des processus d'affaires. Il est donc possible d'envisager l'éducation et la formation comme un ensemble comprenant des aspects plus conceptuels de gestion de l'information et d'autres plus techniques. Cette option a dans un premier temps été préférée, avec deux facteurs : un pour la formation en général, et l'autre pour la culture d'entreprise et l'acceptation du changement. Cependant, cette voie est apparue comme inappropriée, avec le

sentiment grandissant au fur et à mesure du travail que la gestion de l'information méritait une considération indépendante à la vue de sa récurrence dans le cadre de l'implantation du BIM. Parallèlement, et dû à cette importance de l'information et son utilisation, le facteur d'éducation semblait trop large et écrasant par rapport à certains autres facteurs. Les propositions de Smith et Tardif (2009) et leur discours sur l'information et sa valeur ont poussé en ce sens.

La décision de découper différemment les facteurs a par conséquent été prise. La formation a été divisée en formation technique et formation à la gestion de l'information, facteur dans lequel ont été intégrés les aspects culturels liés spécifiquement à cette gestion. La capacité d'acceptation du changement reste quant à elle un FCS, mais a cependant été sortie du modèle, son impact étant essentiellement sur l'implantation en elle-même et peu sur l'utilisation du BIM.

Le facteur d'éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet renferme donc à la fois les besoins de sensibilisation et transformation de l'esprit d'entreprise vers une culture Lean, ainsi que les moyens pour arriver à ces résultats. Des principes inhérents au BIM comme celui d'intendance de l'information (*information stewardship*; Smith et Tardif, 2009) sont à mettre en avant et à intégrer dans les référentiels de pratiques de l'entreprise, tout comme la perception plus générale de l'information comme une ressource à grande valeur stratégique.

4.3.5 Éducation technique

Les changements engendrés par une implantation sont en premier lieu des modifications de pratiques et d'outils, pour améliorer les manières de procéder et de communiquer, grâce à une excellente gestion du cycle de vie des projets et la réduction des gaspillages selon la philosophie Lean dans laquelle s'ancre le BIM. Il convient par conséquent de se concentrer sur l'adaptation des employés à ces nouvelles pratiques et nouveaux outils, pour ne pas gâcher les efforts investis dans le projet d'implantation pour cause de méconnaissance ou manque de préparation des utilisateurs du nouveau système. D'autres problématiques entrent en compte et notamment l'assimilation de la philosophie Lean, comme décrite dans la partie précédente. Ces dernières, cependant, ne sont pas considérées dans le cadre du modèle comme des enjeux techniques et ont donc été séparées.

L'éducation technique comprend donc l'ensemble des efforts investis pour préparer les futurs utilisateurs du BIM à l'introduction de ce dernier. Ce facteur concernant l'éducation est très fréquent pour les ERP, qui sont à l'instar du BIM des logiciels intégrés de gestion des affaires. Sa présence dans le modèle s'est rapidement imposée, qui plus est avec les considérations

technologiques régulières dans les publications sur le BIM (Eastman et al, 2011; Arayici et al, 2011; Autodesk inc., 2010; Davies et Harty, 2013).

Ce facteur comprend à la fois les démarches entreprises durant l'implantation pour pallier aux besoins de formation des employés et les efforts déployés sur du plus long terme pour s'assurer que l'impact de la formation initiale subsiste et reste profitable à l'organisation. La bonne utilisation des outils est en effet une condition nécessaire pour la viabilité du BIM, sa tenue à jour et la confiance que l'on va pouvoir lui accorder pour travailler au quotidien. L'inexactitude des données et les informations incomplètes sont des facteurs discréditant extrêmement rapidement le bien-fondé du BIM, dus notamment à un usage mal renseigné de ce dernier. Une attention continue doit donc être portée à la tenue à jour des données grâce à la maîtrise technique des outils de la part des utilisateurs.

4.3.6 Sélection des outils formant le BIM

Une problématique cruciale de l'implantation et un questionnement débutant avant même toute opération d'installation et de transition correspond au choix des outils allant constituer le BIM de l'entreprise souhaitant l'adopter.

Cette considération est un lourd enjeu et se démarque des précédentes par son intervention en amont du projet principal. Une stratégie entière peut être dédiée au choix judicieux du BIM et des outils qui le composent. La constitution de « *short lists* » est un classique de la sélection de logiciels. Les critères permettant d'identifier les fournisseurs les plus prometteurs sont un aspect primordial pour mener à bien la sélection. Les coûts à engager participent au choix, mais se trouvent être d'une importance mineure par rapport aux fonctionnalités, aux réponses apportées par rapport aux besoins de l'entreprise ou encore au support fourni par les fournisseurs durant et après l'installation. Ces questionnements ont indirectement un impact sur l'utilisation future du BIM.

Par ailleurs, le BIM, initialement vu comme un logiciel concentrant l'ensemble des fonctions souhaitées pour l'entreprise, doit préférablement être vu comme un ensemble de plateformes et d'outils servant un même but de gestion en temps réel du cycle de vie des projets et des bâtiments. Les analyses sur les modèles du bâtiment peuvent être conduites par différents logiciels, la communication entre ces derniers devenant alors un critère de choix significatif. Davies et Harty (2012) écrivent en ce sens : « *The term 'BIM' has come to mean a wide range of related digital technologies and associated business processes used* ».

4.4 Actions

La troisième articulation du modèle se trouve être des actions concrètes à mener dans le cadre d'implantation BIM. Chaque action est connectée à un facteur de succès donné, dépendamment du domaine concerné par le facteur et des effets attendus de l'action. La mise en place d'une activité proposée dans le cadre du modèle doit amener une meilleure maîtrise du facteur auquel cette activité est reliée. Une explication complète de l'interaction entre facteurs de succès et actions est donnée dans la partie suivante.

Les actions sont majoritairement tirées de la littérature comme évoqué plus haut. Leur bien-fondé s'ancre donc dans leur utilisation antérieure lors de cas spécifique d'implantation BIM ou des recommandations d'experts. La validation de la pertinence de ces actions dans le cadre d'application particulier du modèle est toutefois nécessaire et sera décrite au chapitre suivant.

L'ensemble des actions proposées dans le modèle suivant les FCS est présenté dans le tableau 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, et 4.9. Les tableaux donnent un résumé des actions, tel qu'il est présenté plus tard dans le questionnaire pour valider le modèle. Des précisions et certaines références littéraires ayant conduit à inclure une action dans la liste sont également données par la suite.

Tableau 4.4 : Actions pour le facteur Réingénierie des processus d'affaires et flux d'informations

Réingénierie des processus d'affaires et flux d'informations
1. Modéliser des états "As Is" et "To Be" à la fois des processus d'affaires et des flux d'informations et fixer les objectifs en fonction de l'analyse des écarts.
2. Dresser un bilan de la structure de l'entreprise, en incluant un organigramme si besoin, puis un état souhaité pour permettre un fonctionnement optimal du BIM.
3. Lister les différents modèles du bâtiment récurrents dans le cadre de travail souhaité avec le BIM, afin de maîtriser l'information à produire.
4. Définir un fractionnement et une répartition des maquettes et modèles selon le niveau de détail dans le WBS.
5. Analyser l'information générée au cours d'un projet afin de déterminer la part créée à l'interne et celle issue de l'extérieur.
6. Dresser un bilan des occurrences de création d'informations lors d'un projet.

Tableau 4.4 : Actions pour le facteur Réingénierie des processus d'affaires et flux d'informations (Suite et fin)

7. Rationnaliser la production de données en assignant un créateur/récupérateur unique pour chacune, et ce au moment et à l'endroit les plus cohérents.
8. Veiller à ce que la création la masse d'informations recensées comme nécessaires au maintien à jour du BIM soient prévues dans les processus mis en place.
9. Veiller à ce que l'intégration des données au BIM s'effectue au moment de leur création.
10. Mettre en place un suivi des hôtes successifs des modèles et données, afin de tracer l'information et d'en assurer l'intégrité et la qualité.
11. Veiller à synchroniser le plus possible les rôles dans l'entreprise avec les processus et le flux d'information.

La première action pour le facteur de réingénierie, à savoir la modélisation des processus et l'analyse des écarts, correspond à la description faite plus haut sur le besoin d'une entreprise de connaître sa situation actuelle et d'avoir une vision de son fonctionnement futur pour s'adapter et adapter ses manières de travailler. À partir de ce constat, une analyse précise des efforts à faire en termes de modification des processus, d'allocation de la main d'œuvre et d'utilisation des systèmes de gestion peut être effectuée. Cette action est un classique des implantations ERP et de nombreuses transformations en général dans une organisation. Smith et Tardif (2009) en discutent dans le cas spécifique du BIM dans leur ouvrage. La synchronisation des flux se retrouve dans l'action **8** qui dicte de veiller à ce que toute information utile aux projets de l'entreprise soit prévue dans les processus lors de la réingénierie.

L'action **2** constitue une extension de la première, dans le sens où l'analyse des écarts ne se porte pas sur les processus, mais davantage sur les personnes et l'organisation de l'entreprise au niveau de la main d'œuvre. L'adaptation des processus est fortement susceptible d'amener des modifications au niveau des rôles et des disciplines impliqués dans le travail avec le BIM. La gestion de l'information et ses obligations en termes de collecte de données et de synchronisation entre travail et information est également une source de changement des responsabilités des membres de l'entreprise. Tout ceci force à définir une nouvelle organisation en harmonie avec les exigences BIM. C'est ce que prescrit également l'action **11**, en demandant de veiller à synchroniser rôles dans l'entreprise, processus et flux d'information.

Cette exigence concernant l'information se traduit dans l'action suivante, qui préconise de faire un inventaire des modèles du bâtiment susceptibles d'être produits lors des différents projets. De cette manière, la masse informationnelle peut être connue et maîtrisée. La répartition de la récupération des données, leur création unique et la synchronisation des flux évoquée plusieurs fois précédemment ne peuvent être réalisées sans la connaissance précise et parfaite de quelles données existent au cours des projets. Le plan de déploiement BIM d'Autodesk inc. a amené l'idée des deux activités précédentes. L'action d'analyse de l'information pour connaître la part créée à l'interne et celle créée à l'externe participe à cet objectif de maîtrise de l'information dans le sens où l'on peut ainsi savoir sur quels éléments se concentrer pour la récupération et l'intégration au processus. De plus, les informations à provenance externe nécessitent une considération différente sur la manière dont elles vont être intégrées aux processus et finalement au BIM. La connaissance de ces dernières est donc cruciale.

L'action **4** a pour objectif de faciliter la construction des nouveaux processus d'affaires et plus tard l'élaboration des modèles du bâtiment en fonction des phases des projets. En effet, en connaissant le niveau de détails des modèles en fonction des éléments du WBS et de l'avancée du projet, il devient plus simple d'organiser la relation entre le travail et l'information et de fournir les données dans un état convenable au moment adéquat. C'est une nouvelle fois une manière de mieux maîtriser son information et de mieux construire ses processus. L'action provient d'une discussion avec un expert de l'entreprise partenaire, très au courant des problématiques du BIM et des difficultés rencontrées avec ce dernier.

Les activités suivantes proviennent essentiellement des recommandations de Smith et Tardif (2009) et des usages de réingénierie des processus existants pour les ERPs, évoqués plus haut. Les actions **6** et **7** se complètent dans l'objectif de récupérer l'information de manière unique et cohérente. En effet, un principe logique dicte que les personnes susceptibles d'investir des efforts pour récupérer une information de la meilleure qualité possible sont celles ayant le plus besoin de cette information pour leur travail. La valeur de celle-ci à leurs yeux justifie l'attention portée à sa justesse et à sa précision. De cette manière, il est pertinent de réfléchir à qui attribuer la récupération des informations produites durant les projets. Il est donc intéressant de dresser un bilan des occurrences de création de données pour organiser les processus futurs. Ainsi, il est théoriquement possible de déterminer des responsables uniques pour la collecte d'information, qui doit être effectuée au moment de la création. Ce dernier aspect garantit la plus forte probabilité de maintien

à jour du BIM, car l'information ne peut vivre qu'à travers celui-ci. Si la création et l'assimilation d'une donnée par le BIM ne sont pas simultanées, celle-ci va pouvoir évoluer et être modifiée dans le temps entre les deux. Cela crée un temps de latence génératrice d'incohérences, d'erreurs et d'obsolescence pour le BIM. Finalement, l'action **10** et sa recommandation de mettre en place un suivi des hôtes successifs des informations correspond à une manière complémentaire de visualiser le flux de données et assure à sa manière la qualité de l'information. En effet, l'exemple donné par Smith et Tardif est très révélateur et illustre ce fait : la certification de la fiabilité d'une œuvre d'art célèbre n'est pas due à l'œuvre en elle-même, mais plutôt à la connaissance précise des possesseurs successifs de celle-ci au cours du temps. De cette manière, il est possible de tracer l'œuvre et de déterminer si c'est effectivement une œuvre originale et fiable, ou non. La provenance d'une information va jouer un rôle similaire. Si la chaîne des utilisateurs d'une donnée et des personnes ayant une action sur celle-ci est connue, la confiance en la qualité de l'information va en être améliorée, chaque maillon de la chaîne se devant d'être responsable envers ce qu'il manipule. Les rôles doivent donc être également inclus selon cet angle de vue lors de la réingénierie.

Tableau 4.5 : Actions pour le facteur Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie

Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie
1. Introduire l'utilisation de métadonnées pour faciliter le référencement des documents et la maîtrise des données.
2. Standardiser les manières de nommer les fichiers et documents.
3. Intégrer aux métadonnées le niveau de maturité d'un document, pour informer les participants du projet le niveau de fiabilité de celui-ci.
4. Intégrer des standards de qualité par la gestion scrupuleuse des métadonnées.
5. Documenter la manière dont sont structurées l'information et les nomenclatures des documents, pour clarifier l'organisation autour de l'information, à des fins de transfert et de communication notamment.
6. Organiser son information de manière arborescente afin de contrôler les accès des utilisateurs aux documents et le champ des actions pouvant être effectuées par chacun.
7. Notifier automatiquement les utilisateurs concernés par des modifications dans les différentes sections composant l'information du projet.

Tableau 4.5 : Actions pour le facteur Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie

8. Réglementer la composition et construction des modèles du bâtiment. (Détails de modélisation, propriétés des objets de modélisation, conventions, etc.)
9. Éliminer les informations compilées dans des documents ne pouvant être intégrés simplement aux modèles du bâtiment, comme les fichiers texte, et préférer des tableurs (<i>spreadsheets</i>).

Les premières actions proposées pour le facteur de succès de standardisation se concentrent fortement sur l'introduction et la gestion de métadonnées pour gérer l'information dans l'entreprise au travers du BIM. Les métadonnées et leur importance pour tirer bénéfice du BIM sont fréquemment indiquées, comme par les inévitables Smith et Tardif (2009), qui inspirent plusieurs activités introduites dans le modèle, dans des études de cas (Davies et Harty, 2012) ou dans le plan de déploiement d'Autodesk inc. (2010).

De manière simple, les métadonnées sont des données sur des données (Smith et Tardif, 2009). La force de cet outil réside dans la gestion facilitée de grande quantité d'information et dans la clarification de la communication par rapport à celle-ci. Le développement de l'usage des métadonnées est suggéré par la première action, simpliste dans sa formulation et sujette à adaptation selon les organisations entreprenant la transition. La réflexion sur l'introduction de telles pièces d'information est une première étape vers une meilleure maîtrise des données qui peut être générée par l'action 1. Les activités suivantes proposent des pistes plus approfondies pour se tourner vers les métadonnées et les employer à son avantage. Un élément important se trouve être la standardisation des noms des fichiers et documents à l'usage durant les projets. Ainsi le référencement de l'information devient plus aisés, ainsi que le transfert, car les parties recevant l'information peuvent exploiter les standards en place pour la comprendre et l'assimiler plus rapidement. Un ajout intéressant aux métadonnées de base, par exemple la date de création, consiste en la description du niveau de maturité d'un document. Ainsi, avant même de prendre connaissance du contenu d'un fichier, un utilisateur peut d'ores et déjà savoir la fiabilité de ce dernier et des informations qu'il renferme.

Un élément crucial et bénéfique dans le cadre du partage de données amené par le BIM est la description précise de la structure de l'information : les contenus des documents, les inclusions et exclusions, ainsi que l'emplacement des documents, les répertoires, etc. La nomenclature associée aux noms des fichiers est également pertinente à documenter. Ces efforts sont fournis dans

un objectif de recherche plus rapide et efficace de l'information. C'est également un objectif établi des métadonnées, qui permettent de trouver avec une grande précision des données, modèles du bâtiment par exemple, à partir de quelques éléments précis apportant des renseignements sur ces données.

La rencontre avec les experts de l'entreprise partenaire a amené l'introduction dans le modèle de l'**action 4**. Les métadonnées revêtent également une dimension liée à l'assurance qualité. La documentation scrupuleuse des métadonnées pour une pièce d'information va permettre d'obtenir des éléments sur sa création, sur ses instigateurs, ses mises à jour, même éventuellement sur son niveau de fiabilité si les recommandations précédentes sont suivies. Les métadonnées interdisent l'information déconnectée des projets et prescrivent à l'inverse l'ancrage des données dans la réalité des processus à l'œuvre dans l'organisation. C'est en ce sens qu'elles permettent une certaine forme d'assurance qualité. Leur gestion va permettre de garantir la provenance et la construction de l'information selon certaines attentes. Il est également possible d'envisager un intérêt selon des perspectives légales. Cependant, cela n'influe pas directement sur le succès d'une implantation BIM ni sur son utilisation à proprement parler au sein de l'entreprise.

Les actions **6** et **7** sont centrées autour du même objectif de contrôle des interventions des utilisateurs sur l'information. Les accès sont définis selon les besoins, dépendamment des projets et peuvent par la suite être standardisés. Il est pour cela recommandé d'organiser l'information de manière arborescente, c'est-à-dire avec des ensembles et sous-ensembles de fichiers, répartis dans des répertoires accessibles ou non selon les personnes. Il est également possible de donner l'accès tout en différenciant les possibilités d'action : seule la visualisation peut être autorisée pour certains alors que la modification peut être une option supplémentaire pour d'autres, par exemple. Par suite, il est également possible de recenser l'ensemble des utilisateurs ayant accès à une section particulière, et de notifier ces derniers de tout ajout ou modification au sein de cette section. Ainsi, il est possible de tenir informé en temps réel de l'évolution de l'information, et donc du travail puisque les flux tendent à être synchronisés.

L'**action 8** vise plutôt à faire converger l'ensemble des participants à un projet vers une norme commune pour les modèles du bâtiment. C'est un standard essentiel afin de pouvoir par la suite efficacement intégrer l'ensemble des productions et modélisations et tirer profit du travail en commun et du partage d'information.

La dernière action est une recommandation relativement simple et pourtant marquant l'amorce d'un réel effort de transition vers des pratiques Lean et l'usage du BIM selon les valeurs qu'il véhicule. L'élimination des données contenues dans des documents non adaptables au BIM et ne pouvant pas facilement être intégrés à ce dernier lui laisse la voie libre pour se développer. C'est une activité qui peut paraître à faible valeur ajoutée dans un premier temps puisqu'il s'agit essentiellement de modifier le format des conteneurs de l'information. Cependant, l'intérêt apparaît clairement lors du déploiement du BIM puisque tout est alors formaté pour lui être associé.

Tableau 4.6 : Actions pour le facteur Implication des parties prenantes extérieures

Implication des parties prenantes extérieures
<u>Sélectionner ses partenaires</u>
1. Inclure comme prérequis et exigences nécessaires des compétences et une expertise BIM pour devenir un partenaire d'affaires.
2. Modifier les livrables à rendre par les parties prenantes extérieures au projet afin d'orienter le travail selon des pratiques BIM.
3. Définir le format de la documentation associée au projet, l'étendue et la précision des modèles, les analyses devant être effectuées à partir des modèles, pour en faire des impératifs à savoir fournir.
4. Evaluer le niveau de sensibilisation aux pratiques BIM des partenaires avant leur implication dans un projet.
5. Lister les modèles allant être intégrés comme livrables à des contrats décernés à des parties prenantes externes.
<u>Entretenir son réseau</u>
6. Structurer des canaux de communication fonctionnels et efficaces avec les acteurs extérieurs des projets.
7. Inviter les partenaires à participer à des réunions formelles ou informelles sur les concepts lean dans l'industrie du bâtiment, l'interopérabilité et la mise en application de ces principes.

Tableau 4.6 : Actions pour le facteur Implication des parties prenantes extérieures (Suite et fin)

8. Mettre en place des procédures de contrôle de la qualité des informations provenant de l'extérieur de l'entreprise.
9. Sensibiliser sur le principe d' « information stewardship », à savoir que celle-ci circule à titre de propriété du projet, et doit être maintenue intacte.

Les actions pour ce facteur ont été décomposées selon deux aspects qui caractérisent deux types d'effort qu'il est possible de faire pour travailler dans la direction suggérée par le facteur. Le premier point relève de la sélection adéquate des partenaires, avant même l'entame de la collaboration, alors que le second s'attache davantage à l'entretien de la relation avec ceux-ci et le développement du BIM.

La première section d'activités provient en majeure partie des commentaires d'Eastman et al (2011) et du plan de déploiement d'Autodesk inc. (2010). La sélection des partenaires d'affaires passe nécessairement par des appels d'offres. Dans ce cadre, des habitudes de travail BIM peuvent être introduites et explicitées sous la forme de compétences spécifiques recherchées, comme des analyses disponibles par le biais de tels outils (action **1** et **3**) ou de manière plus évidente par les livrables et documentations du projet orientés exclusivement BIM (action **2** et **3**). Afin de mieux cerner les exigences spécifiques à imposer aux partenaires d'affaires, il est utile et pertinent de se concentrer sur l'état des lieux des modèles sur lesquels ces derniers vont être amenés à intervenir, comme le dicte l'action **5**. Le bénéfice de cette action est également interne puisqu'une fois de plus, l'information va ainsi être mieux connue et donc maîtrisée. L'expertise BIM de l'action **1** est plus difficilement évaluable, mais mérite l'attention dans le sens où le partenaire peut être investi dans une dynamique Lean n'incluant pas nécessairement le BIM, mais pouvant clairement favoriser la collaboration. L'action **4** reprend ce point en conseillant d'évaluer le niveau de sensibilisation au BIM et ses pratiques d'un potentiel intervenant extérieur. Cela peut être effectué par des rencontres préalables avec celui-ci, des discussions autour de ses processus et manières de travailler et éventuellement des visites s'il y consent. Cette proposition peut paraître bénigne, mais prouve dans le même temps l'implication d'une compagnie pour entrer en affaires avec l'entreprise implantant et utilisant le BIM, ce qui maximise les chances de succès pour la suite.

Le second volet d'actions porte sur l'entretien de la relation avec les partenaires d'affaires après que ceux-ci aient été sélectionnés pour collaborer avec l'entreprise. La démarche Lean introduite en même temps que le BIM intègre une dimension d'amélioration continue classique et

récurrente pour des changements de l'ampleur d'une implantation de cette sorte. Les effets de l'amélioration continue ne se font pas ressentir immédiatement lors du projet d'implantation à proprement parler, étant donné que celle-ci se base sur les premiers résultats après l'adoption pour par la suite progresser étape par étape. Dans le cas de la relation avec les intervenants extérieurs, il est possible d'adapter ses liens avec les partenaires antérieurs à l'implantation. L'aspect d'entretien de la relation prend donc son sens dans ce contexte. Certaines actions de ce volet peuvent également être perçues comme des prérequis pour maintenir la relation en bon état par la suite, à déployer rapidement et notamment durant l'implantation.

La communication et la coordination sont des enjeux majeurs des projets de construction et un bénéfice attendu d'une transition vers un système de gestion BIM. S'assurer de bâtir des canaux de communication fonctionnels et s'entendre sur l'utilisation de ces derniers est un impératif contenu dans l'**action 6**. Ces canaux peuvent à la fois être basés dans le BIM si les partenaires sont capables de s'équiper pour travailler de cette manière, ou sur d'autres plateformes. Un point important est de veiller à ce que l'information ne soit pas dégradée sous forme papier, grande source de gaspillage (Smith et Tardif, 2009) et circule exclusivement électroniquement.

La sensibilisation des collaborateurs peut également avoir un impact positif sur leur manière de travailler et d'envisager la relation avec l'entreprise adoptant le BIM. Des réunions formelles comme des conférences, ou informelles comme des ateliers et des discussions autour de l'expérience des différents acteurs, à l'initiative de l'entreprise à l'origine de l'implantation BIM, peuvent être un bon moyen de générer une réflexion sur les problématiques Lean dans le secteur de la construction. Cela peut dans un même temps faire percevoir les avantages de tendre vers les habitudes prescrites par celles-ci, et donc l'intérêt du BIM. Un concept plus précis et important pour l'adhésion des partenaires se trouve être l'intendance de l'information, provenant du terme anglais *information stewardship*. Ce principe décrit le fait que l'information dans un environnement collaboratif et centralisé n'est pas une propriété individuelle, mais bien du projet dans son ensemble. De cette manière, aucune entité isolée ne peut revendiquer la possession d'une information, ce qui entrave durablement la transmission et la manipulation. L'information passe au rang de ressource du projet, considérée comme essentielle dans le pilotage de ce dernier, et donc à conserver à un niveau de qualité et de fiabilité maximal. Chaque personne disposant de données est considérée comme un intendant qui les héberge, les utilise pour servir ses besoins et les restitue au projet pour l'usage d'autres intervenants. Cette philosophie s'applique à la fois à l'interne,

comme ce sera décrit pour le facteur suivant, et dans la relation avec les partenaires extérieurs. C'est une barrière difficile à franchir que de faire accepter le partage de l'information au niveau présenté ci-dessus, d'autant que des inquiétudes légales peuvent entrer en compte. La responsabilité de la qualité d'une information incombe à l'ensemble des personnes ou entités étant intervenues sur celle-ci. Ce principe et cette philosophie sont grandement décrits et préconisés par Smith et Tardif (2009), qui traitent largement de la gestion de l'information.

Finalement, la dernière action de la liste recommande de mettre en place des procédures de vérification de la qualité des données provenant de l'extérieur de l'entreprise. Cela permet à la fois d'accroître la confiance envers les collaborateurs externes et la fiabilité de leurs données, dans un contexte où l'ensemble des gestionnaires de l'information sont responsables de sa qualité, et de conserver en tout temps le BIM à jour et comme source de données faisant autorité, en s'assurant qu'aucune incohérence n'y est introduite.

Tableau 4.7 : Actions pour le facteur Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet

Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet
1. Insuffler à l'ensemble de l'entreprise la culture de la gestion de l'information orientée BIM, à savoir que c'est une ressource synchronisée sur le cycle de vie d'un projet à ne pas gaspiller.
2. Mettre en place des procédures de vérification de la qualité des données et de leur tenue à jour.
3. Sensibiliser sur la responsabilité vis-à-vis de l'information, selon le principe d'« information stewardship » ou principe selon lequel l'information ne se possède pas, mais s'héberge le temps de l'utilisation, en gardant les maquettes intégrées.
4. Prohiber fermement la dégradation des données électroniques à des formats papier à des fins de transmission d'informations. Les données doivent être adaptées au transfert électronique
5. Définir un package d'accueil des nouveaux arrivants pour leur enseigner les principes de gestion de l'information.

Ce facteur comme expliqué plus haut dans ce texte est en lien avec la gestion de l'information, la philosophie liée à celle-ci dans un environnement BIM et son assimilation par les membres de l'entreprise. Les actions proposées pour ce facteur peuvent paraître pour certaines

évidentes et prônent la vertu. Ce sont toutefois des lignes directrices du discours à adopter pour favoriser l'adhésion à la culture Lean associée au BIM, en plus de l'acquisition des nouvelles pratiques introduites par l'arrivée de cet outil.

La première action reprend d'une manière plus conceptuelle la forte connexion entre flux de travail et flux d'information décrite pour le facteur de réingénierie des processus. La perception de la relation entre les deux par l'ensemble des utilisateurs du BIM facilite sa meilleure manipulation, car d'autant plus d'attention sera portée à sa tenue à jour et à la qualité des données qu'il renferme. Des activités d'explication de l'importance de l'information et de sa relation avec les travaux dans un objectif de pilotage du projet ainsi que de la sensibilisation sur les conséquences d'une négligence à ce niveau peuvent avoir un impact positif par la suite. La notion de cycle de vie d'un projet et d'un bâtiment peut être un appui dans l'explication, afin de mieux cerner les implications du BIM durant toutes les étapes d'un projet et les bénéfices potentiels de l'utilisation d'un tel système.

L'action **3** complète la première sur le plan de l'éducation et de la description des essentiels de la philosophie associée au BIM. Elle reprend un point discuté précédemment pour le cas des partenaires extérieurs : l'intendance de l'information, ou *information stewardship*. La propriété de l'information décernée au projet dans son ensemble s'applique également à l'interne entre les différents départements ou personnes amenés à la manipuler. Chacun peut utiliser le BIM et ses bases de données pour obtenir ce qu'il souhaite, le modifier selon ses autorisations, ses objectifs et le travail qu'il doit fournir, pour finalement restituer une information intègre et fiable au projet. Le producteur d'un élément d'information n'en est pas possesseur ni responsable selon l'idée du partage des données dans un environnement collaboratif. La présentation de ce principe à tous est fortement indiquée pour que le BIM puisse délivrer la totalité de ses bienfaits dans l'organisation, d'autant plus que les comportements vis-à-vis de l'information sont naturellement en contradiction avec cette idée d'intendance. En effet, chacun tend à s'approprier ses productions pour légitimer son travail, ce qui freine profondément la mise en commun des ressources et le travail collaboratif.

Inculquer la culture Lean et ses implications lors de l'implantation est une étape significative pour la réussite du projet et le fonctionnement optimal du BIM, mais à l'instar du focus choisi pour le modèle sur l'adoption et l'utilisation, il convient d'envisager la suite des évènements au niveau de la formation. L'action **5** prend en compte ceci en conseillant de réfléchir

et mettre en place une série de formations pour les nouveaux entrants dans l'entreprise, incluant les concepts décrits ci-dessus et permettant donc la meilleure intégration possible dans le contexte d'affaires de l'organisation.

Une méthode pour évaluer le niveau d'assimilation et d'adhésion à la culture BIM souhaitée par l'entreprise menant le projet d'implantation consiste en la mise en place de procédures de contrôle des données et de leur qualité. Cela constitue une base de détection de problèmes, qui peut par la suite s'en suivre par des réactions suivant les causes identifiées des problèmes. De ce fait, cette activité ne se trouve pas juste s'appliquer pour les enjeux de gestion de l'information, comme il pourra être constaté avec le prochain facteur. Connaissant certaines déficiences dans la qualité des données du BIM, dans sa réalité temporelle ou autre, il est ainsi possible de réfléchir aux causes primaires de ces déficiences pour y apporter des solutions. Des outils classiques de la détection de problèmes, comme l'analyse causale, peuvent être employés à ce moment-là. L'important dans cette situation, comme le recommande la mentalité Lean, est d'identifier le plus rapidement possible chaque problème, d'y apporter une solution puis de faire en sorte que le problème ne survienne plus. La pérennisation des correctifs apportés est une étape primordiale pour progresser au fil du temps et s'inscrire dans une démarche d'amélioration continue.

Finalement, la dernière action relève quasiment du sens logique, mais permet d'effectuer un grand pas en avant vers la dématérialisation des données et leur circulation fluide. La dégradation des données informatisées vers des états matériels, notamment papier, entrave durablement l'expansion des systèmes tels que le BIM. En effet, autour de cette pratique se greffent toutes les activités de communication et de transfert d'information. Les fonctionnalités du BIM voient donc leur impact grandement diminué.

Tableau 4.8 : Actions pour le facteur Éducation technique

Éducation technique
1. Lister les compétences actuelles et souhaitées dans l'organisation en vue d'une analyse d'écart. Ajouter le type de personnel possédant la compétence, le nombre pour chacun et le niveau de compétence moyen dans les deux cas.
2. Lister les besoins de formation, en précisant la compétence précise à acquérir, les personnes visées par l'apprentissage, le nombre et les heures allouées pour leur formation.

Tableau 4.8 : Actions pour le facteur Éducation technique (Suite et fin)

3. Procéder à une formation systématique des nouveaux arrivants dans l'entreprise afin de leur enseigner les compétences techniques nécessaires.
4. Lister les besoins éventuels de personnel supplémentaire pour réaliser la transition : type de personnel, nombre actuel, nombre souhaité et dates impératives du besoin.
5. Mettre en place des procédures d'évaluation de la qualité de l'information afin de suivre l'évolution de la masse informationnelle et l'acquisition de la philosophie BIM parmi les employés de l'entreprise, et appliquer des mesures correctives si nécessaire.
6. Motiver l'apprentissage des outils BIM et leur bonne maîtrise par un système de récompenses (incitatifs).

Les facteurs d'éducation à la gestion de l'information et d'éducation technique sont logiquement liés par leurs objectifs. Leur séparation en deux entités distinctes dans le modèle a suscité débat et sa raison a été motivée plus haut dans ce texte. Leurs racines communes amènent toutefois certaines similarités dans les actions proposées dans le modèle. Il faut garder en tête l'objectif final d'appropriation du BIM, simplement décomposé ici selon deux volets. Les actions **3** et **5** correspondent à ces propos, avec les propositions de constituer un ensemble de formations obligatoires à l'entrée de nouveaux membres pour les mettre à niveau et d'évaluer la qualité des données du BIM pour suivre l'efficacité de l'éducation apportée aux utilisateurs. Le programme de formations lors de l'arrivée dans l'entreprise doit donc porter à la fois sur la culture et les aspects techniques tels que l'usage des logiciels et outils du BIM. Les deux ne nécessitent pas forcément des explications déconnectées l'une de l'autre, l'apprentissage des nouvelles pratiques pouvant être générateur de débats autour de l'intérêt de travailler de cette manière, et plus globalement de la pertinence des principes ayant servi de cadres à la réingénierie. L'évaluation des données et de leur qualité peut être plus généralement comprise comme une recherche de problèmes, pour mener des stratégies de résolution et améliorer les pratiques, comme décrites dans la partie précédente.

Les actions **1**, **2** et **4** correspondent à ce que l'on pourrait identifier comme des analyses des écarts entre les états actuels et souhaités d'une entreprise implantant le BIM. Le but de cette approche est de comparer les besoins estimés pour le fonctionnement futur de l'entreprise par rapport à ce qui s'avère disponible et opérationnel dans l'état précédent l'implantation. Les listes

demandées dans les 3 actions sont inspirées du plan de déploiement d'Autodesk inc. (2010). L'activité **1** se concentre sur les compétences. La réingénierie entraîne en effet des modifications des rôles et disciplines, et par conséquent des compétences en jeu. Les projets sont également menés différemment et certaines nouvelles compétences peuvent entrer en compte. Typiquement, l'usage des dessins en deux dimensions n'est plus recommandé dans un environnement BIM, et les compétences liées à leur création deviennent obsolètes. Connaître ce que l'on sait et peut faire, puis ce que l'on a besoin de faire offre une meilleure visibilité et davantage de clarté pour l'évolution de l'entreprise. Les détails supplémentaires comme le personnel disposant d'une compétence précise ainsi que le nombre permettent d'obtenir une image complète de la situation.

L'action **2** prend la suite de la première puisqu'il s'agit, après avoir dressé un portrait des besoins de l'organisation, de subvenir à ceux-ci en établissant les formations à fournir pour combler les manques. Si l'action **1** peut consister en une cartographie des états antérieur et postérieur à l'implantation, l'action **2** symbolise le chemin à prendre pour se rendre de l'un à l'autre. Elle est complétée par l'action **4** qui demande d'établir les besoins éventuels en personnel supplémentaire. En effet, il est envisageable, plutôt que de miser sur la formation et l'adaptation des compétences des membres déjà présents dans l'entreprise d'acquérir directement certaines de ces compétences. La nature parfois très différente des savoir-faire introduits par le BIM peut suggérer la difficulté d'apprentissage de ceux-ci, et la pertinence de rechercher des personnes déjà habilitées à travailler comme le souhaite l'entreprise. De la même manière, il est envisageable de rendre obsolètes certaines techniques et éventuellement certaines fonctions occupées par des employés de l'entreprise. Toutefois, ce mémoire n'ambitionne pas d'entrer dans des considérations managériales, et préfère se concentrer sur la recommandation de synchronisation entre les rôles, les processus et les objectifs de l'entreprise.

La dernière action de la liste pour le facteur d'éducation technique dans le cadre du modèle propose de mettre en place un système d'incitatifs et de récompenses liés à la maîtrise des outils du BIM et au bon usage du BIM. De manière très simple, des certifications pour des logiciels apparentés au BIM existent, comme pour Autodesk par exemple, et les employés en possession de telles certifications peuvent obtenir des bonus salariaux. Cette suggestion est venue d'une rencontre avec un expert de l'entreprise partenaire. Plusieurs autres manières de motiver l'apprentissage peuvent être imaginées, comme l'association des employés au repérage des problèmes. Une

détection d'une erreur sur une donnée dans le BIM peut être reportée et successivement récompensée. De cette façon, l'investissement vers un système infaillible est maximal.

Tableau 4.9 : Actions pour le facteur Sélection des outils formant le BIM

Sélection des outils formant le BIM	
	1. Lister les logiciels et outils allant être utilisés, et ce pour quelles fonctions précises, ainsi que leur version. Pour différentes fonctions potentielles d'un BIM, des recommandations sont données ci-après. *
1.	1.a. Outil(s) de création de modèles : Capable(s) de créer et sortir des fichiers conformes au standard IFC et/ou JT.
	1.b. Outil d'intégration des modèles : Capable de combiner différents fichiers de design provenant de différents logiciels.
	1.c. Outil de détection de conflit : Capable de détecter des conflits (clash detection) et de générer des rapports, incluant une liste des conflits appuyés par des preuves visuelles.
	1.d. Outil de visualisation : Capable de donner une vue d'ensemble, de zoomer, de changer d'angle, d'examiner en détail et de parcourir le modèle.
	1.e. Outil d'annotation : Permet en plus de la visualisation de consulter des données techniques sur les maquettes, telles que des mesures, et d'annoter celles-ci pour une revue future.
	1.f. Outil de séquencement 4D (visualisation temporelle) : Doit pouvoir être utilisé pour visualiser l'avancement programmé des travaux et doit pouvoir se synchroniser avec des outils de planification comme Project ou Primavera.
	1.g. Outil d'analyse des quantités unitaires : Capable d'extraire des modèles 2D et 3D les quantités pour estimation des coûts et l'approvisionnement, et doit pouvoir s'intégrer avec des programmes d'estimation de coûts.
	2. Déterminer quel genre d'analyses l'entreprise veut réaliser avec ses outils BIM et lister les logiciels/outils à se procurer en conséquence.

Ce facteur est associé à seulement deux actions dans le modèle d'assistance à l'implantation construit. En effet, comme il a été dit dans la description générique du facteur, celui-ci renferme de nombreux enjeux à considérer en amont de l'implantation. L'impact sur l'utilisation du BIM après son adoption est limité dans ces circonstances. Les coûts investis pour l'achat des outils peuvent par exemple être difficilement liés à leur usage.

Le choix de prendre en compte les options technologiques lors de la sélection du BIM a ainsi été fait, comme il paraissait un des plus pertinents dans le cadre du modèle. Deux éléments ont alors été pris en considération : les outils susceptibles d'être utiles à l'entreprise et les analyses que cette dernière souhaite pratiquer avec le BIM. Dans les deux cas, déterminer précisément les intentions de l'organisation est essentiel. Les analyses guident le choix des outils. Pour chaque outil sur lequel l'intérêt peut se porter, le modèle inclut ici des recommandations sur la ou les caractéristique(s) principale(s) à posséder pour être un bon candidat.

4.5 Fonctionnement du modèle

Après avoir présenté les différents membres du modèle et situé le contexte par rapport à ces derniers, il convient dorénavant d'expliciter le fonctionnement du modèle et l'utilisation attendue de ce dernier.

Les liens entre les trois entités du modèle ont déjà été évoqués plus haut, une description plus formelle et complète s'ajoute à cela dans les paragraphes qui suivent. La première relation dans le modèle consiste à rapprocher les critères du CMM et les facteurs de succès imaginés et retenus pour le cas de l'implantation et de l'utilisation du BIM. Le CMM peut représenter à sa manière un ensemble d'éléments favorables à la réussite de l'utilisation du BIM. Cependant, son centrage sur la maturité a mené à traduire ces critères en FCS, s'attaquant plus globalement aux défis d'une implantation, et ce, d'une manière plus structurée. Le fait de constater qu'un critère du CMM pouvait être sans conteste lié à plusieurs facteurs a légitimé ce choix, dans le sens où différents enjeux durant l'implantation peuvent impacter les domaines du CMM. Ainsi, il est possible de progresser pour un critère donné en se référant aux FCS qui lui sont rapportés. Cette connexion a également permis de différencier les facteurs prévus initialement dans le modèle, certains ayant une influence beaucoup plus importante que d'autres sur le CMM. Dans un objectif de cohérence et de focalisation sur les enjeux prioritaires d'une implantation, seule une partie des facteurs a été conservée dans le modèle, comme évoqué plus haut. Les relations entre critères du CMM et FCS incluses dans le modèle sont présentées dans le tableau 4.10.

Tableau 4.10 : Relations entre CMM et FCS

Critères du CMM	FCS lié(s)
Richesse des données (Data Richness)	<ul style="list-style-type: none"> - Réingénierie des processus d'affaires - Implication des parties prenantes extérieures

Tableau 4.10 : Relations entre CMM et FCS (Suite)

	<ul style="list-style-type: none"> - Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet - Éducation technique - Sélection des outils
Gestion du cycle de vie (Life Cycle Views)	<ul style="list-style-type: none"> - Réingénierie des processus d'affaires - Implication des parties prenantes extérieures - Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet - Éducation technique - Sélection des outils
Rôles ou Disciplines (Roles or Disciplines)	<ul style="list-style-type: none"> - Réingénierie des processus d'affaires - Éducation technique
Gestion du changement (Change Management)	<ul style="list-style-type: none"> - Réingénierie des processus d'affaires - Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet - Éducation technique
Processus d'affaires (Business Process)	<ul style="list-style-type: none"> - Réingénierie des processus d'affaires
Réactivité/Temps de réponse (Timeliness/Response)	<ul style="list-style-type: none"> - Réingénierie des processus d'affaires - Implication des parties prenantes extérieures - Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet - Éducation technique
Méthode de transmission (Delivery Method)	<ul style="list-style-type: none"> - Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet
Information graphique (Graphical Information)	<ul style="list-style-type: none"> - Éducation technique - Sélection des outils
Capacité spatiale (Spacial Capability)	<ul style="list-style-type: none"> - Sélection des outils
Précision de l'information (Information Accuracy)	<ul style="list-style-type: none"> - Réingénierie des processus d'affaires - Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie - Implication des parties prenantes extérieures - Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet - Éducation technique - Sélection des outils

Tableau 4.10 : Relations entre CMM et FCS (Suite et fin)

Interopérabilité (Interoperability/IFC Support)	<ul style="list-style-type: none"> - Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie - Sélection des outils
---	--

Ce premier lien permet donc d'envisager l'utilisation par une évaluation initiale de la maturité du BIM pour une entreprise donnée, puis l'identification d'enjeux clairs à prendre en compte grâce à la liaison avec les FCS. La poursuite des opérations s'effectue avec la considération des actions introduites dans le modèle, ce qui constitue par conséquent le second lien du modèle, entre facteurs et actions. Connaissant les points sur lesquels s'attarder pour améliorer son utilisation du BIM, l'intérêt est de pouvoir alors bénéficier de directives concrètes pour obtenir ce résultat. Le modèle peut donc être lu selon une certaine hiérarchie : évaluation de la maturité, examen du lien avec les FCS et ciblage de points auxquels porter attention, puis actions et plan d'amélioration. Toutefois, chaque entité du modèle a également un sens en elle-même et peut présenter de l'intérêt en soi, au minimum à titre informatif sur le BIM et ses enjeux. La figure 4-1 reprend la structure générale du modèle et les relations entre ses éléments.

On peut trouver surprenant le fait d'évaluer la maturité d'un outil n'étant pas encore implanté, comme proposé dans le cadre de cette maîtrise. En guise d'explication, il est tout d'abord possible d'utiliser le modèle pour améliorer son implantation et non l'entreprendre depuis la base. En outre, même si aucun outil de type BIM n'est à l'usage dans l'organisation, des pratiques Lean et associables au BIM peuvent toutefois avoir été développées préalablement à l'implantation et l'évaluation prend du sens, même si le score final sera nécessairement faible.

En revanche, les actions proposées dans le modèle ne constituent pas un plan de marche précis et organisé selon une ligne temporelle. Ces actions peuvent être perçues comme un ensemble de leviers que l'on peut actionner pour améliorer sa maîtrise des facteurs auxquels elles sont liées. La situation des entreprises au sein de l'industrie AIC variant fortement par rapport au BIM et ses implications, il est difficile d'imaginer de prescrire un plan particulier selon une évaluation initiale de la maturité. Il est préférable d'envisager les activités décrites plus haut comme devant être adaptées en fonction des besoins précis d'une organisation et de sa volonté.

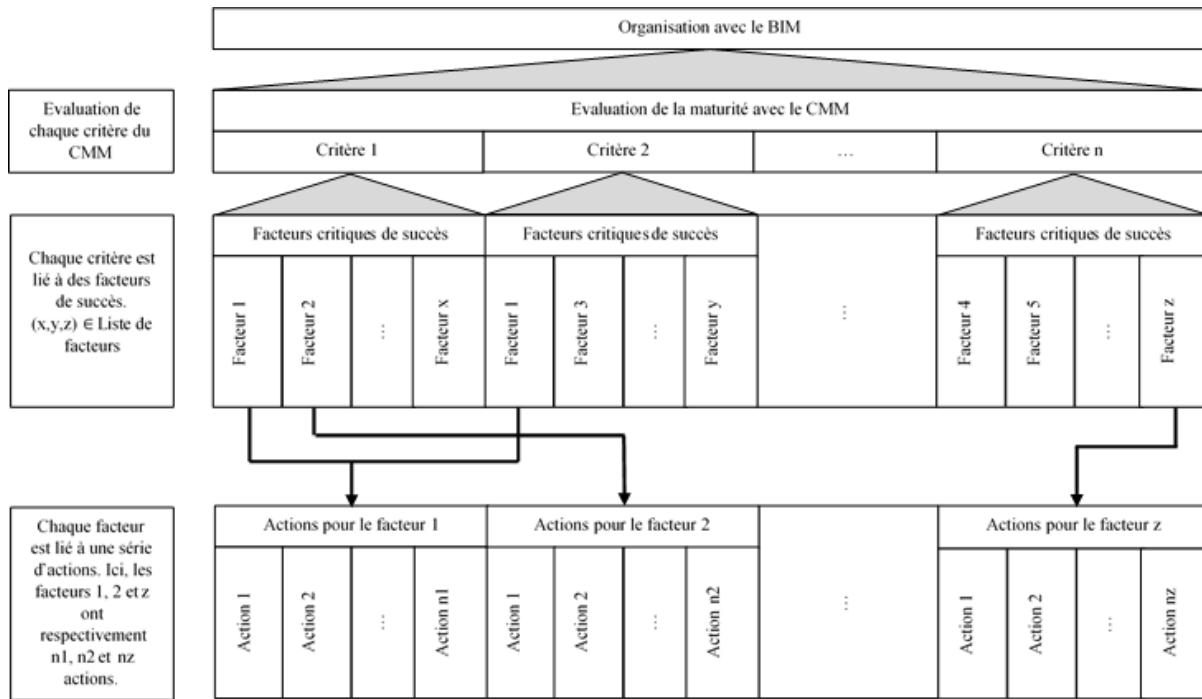


Figure 4-1 : Diagramme de fonctionnement du modèle d'assistance à l'implantation du BIM

4.6 Conclusion

Le modèle d'assistance à l'implantation du BIM comporte donc les éléments présentés ci-dessus et fonctionne selon les principes exposés. Le processus d'utilisation du modèle peut être différent selon les volontés et besoins. Les liens construits entre actions et facteurs de succès permettent d'appuyer l'adoption du BIM et les éléments du modèle considérés de manière isolée apportent également de l'information pertinente sur la question. Le modèle répond aux manques décelés dans la littérature de par la rationalisation de l'information sur les enjeux d'une implantation BIM et l'apport de solutions envisageables dans différents contextes et non dans des situations spécifiques. Afin de légitimer le modèle, la suite du travail sur ce dernier se porte sur sa validation. La démarche imaginée pour cette étape a été explicitée précédemment. Le détail de cette démarche, les productions concrètes concernant la validation et ses résultats sont exposés dans le chapitre qui suit.

CHAPITRE 5 : VALIDATION DU MODÈLE

5.1 Introduction

Ce chapitre vise à présenter les outils utilisés pour valider le modèle d’assistance à l’implantation du BIM, notamment le questionnaire élaboré dans cet objectif, ainsi que les résultats tirés de l’utilisation de ce questionnaire auprès d’experts en gestion de projets BIM. L’exposé qui suit prend la suite des explications données dans le chapitre 3 sur la démarche adoptée pour la validation, avec les choix qui ont mené jusqu’à cette procédure particulière. La première partie de ce chapitre approfondit la méthode DELPHI évoquée brièvement précédemment, puis présente le questionnaire et son contenu, et finalement les résultats et conclusions provenant de la consultation des experts.

5.2 Méthode DELPHI

5.2.1 Description de la méthode

La méthode DELPHI, originellement nommée Projet DELPHI des suites de son utilisation pour un projet militaire au milieu du XXe siècle (Rowe et Wright, 1999), a connu son expansion à partir des années 60.

Cette méthode est réputée pour sa faculté à tirer des consensus et à l’inverse, des divergences d’opinions, d’un groupe d’experts sur un sujet donné (Loo, 2002). Elle permet en outre de profiter pleinement des bénéfices d’un travail de groupe et de ses conclusions, sans toutefois subir les inconvénients typiques, comme l’influence d’opinion, de la mise en présence de plusieurs personnes amenées à débattre et finalement s’entendre sur des propositions précises (Keeney et al., 2001).

Il est possible de dresser une liste de quatre caractéristiques fondamentales de la méthode DELPHI originelle (Loo, 2002 ; Landeta, 2006 ; Rowe et Wright, 1999 ; Windle, 2004) :

- l’identité des participants n’est pas révélée au cours de l’étude,
- l’étude se base sur un questionnaire permettant de structurer les interrogations et de faciliter la compilation des résultats, communiqués au fur et à mesure de la méthode dépendamment des choix de son administrateur,

- l'étude se décompose en un certain nombre de tours, typiquement trois ou quatre, pendant lesquels les répondants sont invités à remplir le questionnaire avec s'il y a lieu un retour sur les résultats des tours précédents,
- les résultats sont synthétisés et analysés sous forme statistique, grâce à l'utilisation d'un questionnaire.

Ces caractéristiques sont soumises à adaptation selon les chercheurs sans perte significative de précision et de cohérence des résultats tant que le principe directeur d'interrogation structurée à plusieurs tours est respecté. Le premier tour peut par exemple être employé pour générer des propositions et limiter l'étendue du sujet d'interrogation. Si toutefois le chercheur détermine précisément ses objectifs, il est envisageable de passer directement à la distribution du questionnaire. Keeney et al. (2001) notent que l'on peut réduire le nombre de tours pour compléter l'étude plus rapidement.

La taille du panel de répondants au questionnaire est également un facteur important à prendre en considération lors de la réalisation de la méthode DELPHI. Celle-ci n'est pas imposée, mais certaines recommandations s'appliquent par rapport aux profils des experts. Loo (2002) préconise un échantillon de 15 à 30 personnes pour une population hétérogène, et conseille un effectif plus restreint pour une population homogène, de 5 à 10 répondants environ.

La méthode DELPHI et ses variantes présentent logiquement certains avantages et défauts. L'interrogation par questionnaire ne nécessite pas de déplacement et simplifie donc la logistique (Loo, 2002) tout en autorisant la collecte de points de vue d'experts aux expériences différentes. L'anonymat permet d'éviter toute forme de domination des débats par une partie restreinte du panel. A l'inverse, la faible implication personnelle due à cet anonymat peut être une barrière (Landeta, 2006). On peut également imaginer des limites provenant de l'aspect empirique des conclusions obtenues sur la base des consensus (Windle, 2004) : la variabilité dans la sélection des experts engendre possiblement des résultats différents selon les panels (Loo, 2002 ; Keeney et al., 2001) et il est difficile de caractériser spécifiquement les critères pour être considéré comme expert.

Les choix effectués pour mettre en place la méthode DELPHI dans le cas de la validation du modèle d'assistance à l'implantation sont expliqués au paragraphe suivant.

5.2.2 Méthode DELPHI mise en place pour la validation du modèle

Dans le cas du modèle d'assistance à l'implantation, le questionnaire envisagé pour sa validation s'associe parfaitement au besoin exprimé plus haut d'interrogation structurée, puisque chaque facteur et chaque action peuvent être séparément évalués selon le critère de la pertinence dans un contexte d'implantation du BIM. Il a ainsi été possible de se baser sur ce document pour procéder à l'étude sur le modèle.

Par la suite, il a été décidé de procéder en deux tours pour la réalisation de la méthode DELPHI. En effet, les actions et facteurs introduits dans le modèle proviennent essentiellement des recherches effectuées au sein de la littérature scientifique sur le sujet. Ainsi, aucune séance de remue-méninges préalable à l'élaboration du questionnaire n'était nécessaire. Sur ce point, l'option de proposer des actions dans le premier questionnaire pour qu'elles figurent dans le second et qu'elles soient évaluées a toutefois été laissée aux experts, pour ne pas totalement clore le débat sur le contenu du modèle. En outre, afin de s'assurer de l'implication des experts du début à la fin de l'étude, la limitation à deux tours était souhaitable.

Le panel d'experts obtenu est très homogène. Ces derniers sont tous affiliés à l'entreprise partenaire de la maîtrise, impliquée dans une démarche BIM et volontaire pour adopter ses pratiques au plus vite. Ils ont par ailleurs tous plusieurs années d'expérience sur des problématiques typiques du BIM. Il convient toutefois de préciser que les régions d'activité des experts sont le Canada et la France, permettant ainsi de ne pas se concentrer sur une seule approche du BIM dans un pays donné. Ce caractère homogène a donc conduit à interroger cinq personnes pour la validation du modèle. Leur sélection a été prise en charge par l'entreprise partenaire, mieux à même de connaître ses employés et leurs compétences. Une enquête très rapide incluse dans le questionnaire a permis de s'assurer de la bonne connaissance du BIM et de ses enjeux de ces derniers. Le tableau 5.1 recense les profils des experts ayant pris part à la validation du modèle. Ils sont nommés ici par des lettres dans un souci d'anonymat.

Tableau 5.1 : Profil des experts retenus pour la méthode DELPHI

Identifiant	Poste	Localisation	Expérience
A	Chef d'équipe – Systèmes de Conception BIM	Canada	9 ans

Tableau 5.1 : Profil des experts retenus pour la méthode DELPHI (Suite et fin)

B	Directeur Études et Conception	France	2 ans
C	BIM Manager	France	20 ans
D	Directeur de projet	Canada	6 ans
E	Administrateur des systèmes de design BIM d'Entreprise	Canada	4 ans

Les répondants sont chacun amenés à régulièrement côtoyer le BIM et ses problématiques et œuvrent au quotidien pour que cet outil soit utilisé de la meilleure manière possible dans leur organisation. Ils interviennent de différentes façons dans les projets où le BIM peut être employé. Les experts A, C et E sont en contact plus direct avec les modèles numériques du bâtiment, avec une vision hiérarchique qui diffère entre chacun. Le répondant A par exemple s'attache à introduire le BIM comme une culture globale d'entreprise sur l'ensemble des projets de cette dernière, alors qu'un BIM Manager comme l'expert C va plus fréquemment être impliqué sur un projet précis. Le participant B possède également une vision de haut niveau stratégique du BIM puisqu'il est chargé de promouvoir l'implantation du BIM sur l'ensemble du territoire français pour sa compagnie. Le membre du panel D voit le BIM s'intégrer aux projets sur lesquels il travaille et doit s'efforcer d'en assimiler les pratiques pour en exploiter les pleins bénéfices. L'expérience indiquée varie de quelques années à 20 ans. Elle inclue pour les durées les plus longues une pratique de la modélisation paramétrique et des maquettes 3D antérieure au BIM à proprement parler.

La méthode DELPHI prescrit donc de consulter une première fois ce panel d'experts avec l'aide du questionnaire, de rassembler les résultats, d'en tirer les tendances des réponses moyennes, puis d'envoyer ces résultats et analyses aux experts. Ces derniers sont alors invités à remplir à nouveau l'étude, avec possibilité de modifier leurs réponses par rapport à la première fois, et cela en prenant en compte les conclusions qu'ils ont reçues, provenant du premier tour. Certaines actions proposées par les experts eux-mêmes lors du premier tour, d'après leur vécu, font également leur apparition dans le questionnaire du second tour. Les répondants sont appelés à évaluer ces nouvelles actions. Ils ne peuvent cependant plus suggérer de nouvelles actions, le second tour marquant la fin de l'étude. Les résultats obtenus dans ce second temps correspondent donc aux

résultats finaux. Un rapport présentant ces derniers leur sera ensuite communiqué pour qu'ils obtiennent un retour pour leur participation à l'étude.

Comme mentionné dans la description de la méthode DELPHI, pour pouvoir mener à bien ce genre de pratique, il est nécessaire de disposer d'un questionnaire structuré autour de différents objets à évaluer indépendamment, pour pouvoir ensuite compiler la moyenne des réponses par objet et ne pas mélanger l'information. Ce questionnaire, dans ses deux versions correspondant respectivement aux deux tours mis en place, est détaillé dans le paragraphe qui suit.

5.3 Questionnaire

5.3.1 Questionnaire du premier tour

L'usage du questionnaire provient initialement du besoin ressenti d'examiner chacun des éléments pour déterminer leur pertinence dans le cadre d'une implantation BIM et selon le rôle que le modèle leur assigne. Ainsi, les actions et facteurs doivent être individuellement analysés pour déterminer leur degré d'intérêt.

Le questionnaire s'est donc construit autour de cet objectif. L'intégralité de ce dernier peut être trouvée en annexe. Celui-ci a été écrit à la fois en français et en anglais, certains pouvant être anglophones⁴. Les principes de construction et le rendu global sont présentés ci-après.

Le questionnaire n'inclut aucune mention du CMM. En effet, cet outil a été développé et testé indépendamment et est considéré comme fiable. L'objectif du modèle et du questionnaire n'est en aucun cas de remettre en cause le bien-fondé de ce dernier. Les répondants ont toutefois reçu des explications préalables à leur lecture du questionnaire, sur le fonctionnement du modèle et le rôle particulier du CMM, afin qu'ils puissent situer plus précisément l'objectif global du travail et le cerne exhaustivement.

Les liens entre CMM et facteurs de succès ne sont pas sujets à réflexion dans le cadre du questionnaire, tout comme les relations entre facteurs et actions. Ce choix a été justifié précédemment et provient de la limpide apparente des relations entre ces trois éléments.

⁴ Cela s'est avéré inutile en fin de compte, le cas ne s'étant pas produit.

Le remplissage du questionnaire débute par des renseignements sur le répondant, notamment son expérience avec le BIM et les projets sur lesquels il a pu travailler, ce qui a permis d'établir les profils apparaissant plus haut.

La première interrogation du questionnaire concerne les facteurs de succès. Afin d'estimer la pertinence de ceux-ci, une échelle à cinq points d'ancrage a été introduite. Le nombre de niveaux impair est souhaitable et usuel dans des cas comme celui-ci (échelles de Likert courantes). Le nombre en lui-même a semblé ici intéressant afin de pouvoir réellement différencier l'intérêt des différents éléments présentés aux répondants, tout en n'offrant pas un éventail trop large et confus de notes. Après une brève description des facteurs de succès et des enjeux qu'ils renferment, chacun est présenté sous le format du tableau 5.2 :

Tableau 5.2 : Visuel du questionnaire pour un facteur de succès

						1=aucun intérêt
						5=primordial
						1 2 3 4 5
<i>1. Réingénierie des processus d'affaires et flux d'informations</i>						

Un rappel de l'échelle d'évaluation est donné pour les facteurs, ainsi que pour les actions dans les pages suivantes. Les mentions « aucun intérêt » et « primordial » sont une manière non exclusive d'exprimer le sens des niveaux. Les répondants sont invités à passer au travers des six facteurs de succès. La possibilité de laisser un commentaire quant aux facteurs qu'ils viennent d'évaluer, sur le besoin d'autres facteurs dans le modèle ou des remarques plus généralistes liées à ce thème est donnée juste après le tableau de notation des facteurs.

Cette première page peut être quasiment perçue comme un témoin pour l'évaluation future des actions. En effet, les facteurs présentés proviennent de réflexions menées dans la littérature et dans le cadre de la maîtrise et regroupent des enjeux indiscutables d'une implantation BIM. Il est par conséquent difficile de remettre en cause leur intérêt. Il n'est cependant pas à écarter qu'un consensus quant au manque de pertinence de l'un d'eux puisse apparaître, d'où la présence des facteurs dans le questionnaire.

La suite du questionnaire concerne les actions et constitue le cœur de celui-ci. Chaque facteur de succès possède une page sur laquelle se trouvent les actions associées et celui-ci. La

même échelle d'évaluation est présente et invite les experts à estimer la pertinence de chaque action. L'espace prévu pour les commentaires est également présent sur chacune des pages. Un aperçu d'une feuille du questionnaire est donné à la figure 5-1.

Facteur no.4 :

Education à la gestion de l'information

Description du FCS : Ce FCS concerne la sensibilisation et l'éducation des membres de l'entreprise aux problématiques de gestion de l'information que l'implantation du BIM soulève.

5 actions proposées pour ce facteur	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
1	2	3	4	5	
1. Insuffler à l'ensemble de l'entreprise la culture de la gestion de l'information orientée BIM, à savoir que c'est une ressource synchronisée sur le cycle de vie d'un projet à ne pas gaspiller.					
2. Mettre en place des procédures de vérification de la qualité des données et de leur tenue à jour.					
3. Sensibiliser sur la responsabilité vis-à-vis de l'information, selon le principe d'« information stewardship » ou principe selon lequel l'information ne se possède pas mais s'héberge le temps de l'utilisation, en gardant les maquettes intégrées.					
4. Prohiber fermement la dégradation des données électroniques à des formats papier à des fins de transmission d'information. Les données doivent être adaptées au transfert électronique					
5. Définir un package d'accueil des nouveaux arrivants pour leur enseigner les principes de gestion de l'information.					

D'après votre expérience, voyez-vous, pour le FCS évoqué ci-dessus, d'autres enjeux à considérer et/ou d'autres actions à mener favorisant l'implantation et l'utilisation du BIM?

[Feuillet précédent](#)

[Feuillet suivant](#)

Figure 5-1 : Aperçu d'une page du questionnaire

5.3.2 Questionnaire du second tour

Le questionnaire du second tour ressemble fortement à celui du premier tour, étant donné que les évaluations de la pertinence doivent porter sur les mêmes objets. Toutefois, comme précisé plus haut, de nouvelles actions suggérées par les remarques des experts et les discussions autour du modèle sont présentes dans le questionnaire et demandent à être évaluées selon le même mode que les actions du premier tour.

Un ajustement a été fait pour les items demandant à être évalués de nouveau. En effet, les experts doivent disposer de la moyenne des notes du premier tour pour chaque facteur et action pour pouvoir prendre une décision quant à leur évaluation du second tour. Pour ce faire, le visuel a été adapté comme illustré par le tableau 5.3.

Tableau 5.3 : Visuel du questionnaire pour un facteur de succès adapté pour le second tour

Votre note ronde 1	
	X
Moyenne ronde 1	4,4
Votre note ronde 2	

1. Réingénierie des processus d'affaires et flux d'informations

Les experts disposent donc de la moyenne des notes, ainsi que de leur évaluation initiale pour pouvoir se situer par rapport à la moyenne. Ils ont alors le choix de conserver ou modifier leur évaluation.

L'intégralité du questionnaire construit pour le second tour est donnée en annexe, à la suite du premier questionnaire. L'observation des résultats constitue alors la prochaine étape dans la description de la validation du modèle d'assistance à l'implantation du BIM. L'analyse de ces derniers sera effectuée lors du chapitre 6.

5.4 Résultats

5.4.1 Résultats du premier tour

Le premier tour avait pour objectif, comme cité ci-dessus, de récolter une première vague d'évaluation des facteurs et actions du modèle par le panel d'experts, pour qu'ils aient ensuite l'opportunité de noter à nouveau ces items avec la connaissance des moyennes des scores. Ces derniers étaient également appelés à proposer de nouvelles actions tirées de leurs expériences

professionnelles. C'est sur ce point que ce paragraphe s'attarde, étant donné que les scores donnés au premier tour aux objets déjà présents dans le modèle n'ont pas d'intérêt en soi, la méthode DELPHI fournissant seulement des conclusions au bout de plusieurs tours.

À l'issue du premier tour, onze nouvelles actions ont ainsi été incluses dans le modèle et le questionnaire pour être évaluées. L'évaluation était prévue pour le second tour de remplissage du questionnaire selon le même mode qu'au premier tour, à savoir la notation sur cinq de la pertinence des actions. Le choix initial de procéder en deux tours pour la méthode DELPHI appliquée à la validation du modèle entraîne pour ces nouvelles actions l'impossibilité d'offrir une rétroaction aux experts sur les moyennes des scores. L'évaluation obtenue après le second tour est donc considérée comme définitive. Le consensus visé n'est par conséquent pas nécessairement atteint et une attention particulière sera portée aux variations entre les notes des experts. Cependant, l'avantage de la méthode DELPHI se présente ici dans le fait d'offrir l'opportunité au modèle d'être au final plus étoffé et abouti si une action proposée au premier tour recueille l'unanimité quant à son intérêt.

La possibilité de proposer des facteurs de succès était également offerte aux experts. Ces derniers n'ont d'ailleurs pas manqué de réfléchir activement sur ce point et ont amené dans les débats des propositions très pertinentes. Cependant, dans ce cas précis, la liste de facteurs qui a été intégrée au modèle avait été volontairement restreinte, et l'absence de certains enjeux clés aux yeux des experts n'était pas due à l'ignorance de ces derniers, mais plutôt au choix délibéré de les exclure du modèle. Ce choix a d'ailleurs été commenté dans les chapitres précédents et provient de l'intention d'incorporer des facteurs impactant à la fois l'implantation et l'utilisation. Le cas de la composition de l'équipe d'implantation a par exemple été soulevé, mais n'entre pas dans le critère exprimé précédemment. La cohérence globale du modèle a par conséquent été conservée en ne prenant en compte aucun nouveau facteur.

Cette décision a une conséquence notable. Certaines actions suggérées par les répondants auraient effectivement eu plus de sens si associées à des facteurs ne figurant pas dans le modèle. Pour parer à cela, ces actions-là ont été rattachées au facteur concernant la standardisation des procédés et manières de travailler. Ce lien comporte certainement un sens et peut être compris de la sorte : chaque action concernée par le cas décrit dans les lignes passées doit être vue comme une

bonne pratique à intégrer systématiquement aux habitudes de l'organisation et donc comme un standard à respecter.

Les actions intégrées d'après les propositions faites par les experts au premier tour sont exposées dans le tableau 5.4, rangées selon les facteurs auxquels elles sont associées.

Tableau 5.4 : Nouvelles actions destinées à être évaluées au second tour

Réingénierie des processus et flux d'information
Identifier les profils des personnes incluses sur un projet pour déterminer les éléments/niveaux susceptibles d'entraver le développement de l'utilisation du BIM.
Standardisation
Définir l'articulation de la plateforme BIM entre les différents intervenants (synoptique, documents, liens 2D et 3D).
Harmoniser et standardiser les manières de procéder et penser pour l'ensemble des projets, et ajuster par la suite pour chacun d'eux selon les exigences du client/du projet.
Effectuer un audit des réseaux informatiques avant le démarrage d'un projet et les calibrer adéquatement pour répondre aux besoins.
Sceller une étendue du projet clairement définie initialement et veiller à mettre en place une gestion des changements "client" scrupuleuse et réactive.
Impliquer l'ensemble des décisionnaires de l'organisation concernés par un projet dans les nouvelles pratiques (savoir manipuler Revit pour mieux comprendre les besoins par exemple).
Inclure impérativement dans l'équipe administrant un projet un BIM Manager et un Administrateur Réseaux et logistique informatique, tous deux experts dans l'utilisation de la base de données paramétriques et des logiciels.
Éducation à la gestion de l'information
Compléter la formation du package des nouveaux arrivants en fonction des projets sur lesquels ils vont intervenir.
Éducation technique
Privilégier les personnes ayant déjà une compétence reconnue dans leur domaine de spécialité pour la formation aux outils BIM.
Former/engager des "clashes leaders" pour revoir les maquettes et s'assurer qu'aucun conflit n'est présent.
Compléter la formation du package des nouveaux arrivants en fonction des projets sur lesquels ils vont intervenir.

5.4.2 Résultats finaux

Les résultats obtenus à l'issue du second tour d'interrogation sont fournis ci-après, sous la forme de tableaux recensant l'ensemble des évaluations des répondants. La moyenne pour chaque item à considérer, facteur ou action, est indiquée et permet de connaître sa pertinence globale selon les experts. La variance et l'écart-type ont été ajoutés à titre indicatif. Dans le cas ci-présent, le faible nombre de participants à l'étude entraîne des valeurs élevées pour ces deux indicateurs dès que l'on s'éloigne du consensus. Des moyennes par répondant et globales sont également présentes. Les actions en italique sont celles proposées lors du premier tour et incorporées au questionnaire par la suite. Des points d'interrogation peuvent apparaître dans certaines cases : ces cas correspondent à des incompréhensions clairement manifestées des experts face à l'item à évaluer et seront discutés dans le chapitre suivant.

Tableau 5.5 : Résultats finaux pour l'évaluation des 6 facteurs de succès

Items à évaluer	Evaluation du panel					Moyenne	Variance	Ecart type
	A	B	C	D	E			
Facteurs critiques de succès								
1. Réingénierie des processus d'affaires et flux d'informations	5	4	3	5	5	4,40	0,64	0,80
2. Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie	5	4	5	5	5	4,80	0,16	0,40
3. Implication des parties prenantes extérieures	5	5	5	5	5	5,00	0,00	0,00
4. Education à la gestion de l'information au cours d'un projet	5	3	5	5	5	4,60	0,64	0,80
5. Education technique	5	4	5	5	5	4,80	0,16	0,40
6. Sélection des outils formant le BIM	5	4	5	5	5	4,80	0,16	0,40
Moyenne	5	4	4,6667	5	5	4,73	0,15	0,39

Tableau 5.6 : Résultats finaux pour le facteur Réingénierie des processus d'affaires et flux d'information

Items à évaluer	Evaluation du panel					Moyenne	Variance	Ecart type
	A	B	C	D	E			
BPR								
1. Modéliser des états "As Is" et "To Be" à la fois des processus d'affaires et des flux d'informations et fixer les objectifs en fonction de l'analyse des écarts.	5	4	3	1	4	3,40	1,84	1,36
2. Dresser un bilan de la structure de l'entreprise, en incluant un organigramme si besoin, puis un état souhaité pour permettre un fonctionnement optimal du BIM.	5	3	5	1	4	3,60	2,24	1,50
3. Lister les différents modèles du bâtiment récurrents dans le cadre de travail souhaité avec le BIM, afin de maîtriser l'information à produire.	5	4	4	5	5	4,60	0,24	0,49
4. Définir un fractionnement et une répartition des maquettes et modèles selon le niveau de détail dans le WBS.	5	5	3	5	5	4,60	0,64	0,80
5. Analyser l'information générée au cours d'un projet afin de déterminer la part créée à l'interne et celle issue de l'extérieur.	5	4	4	5	4	4,40	0,24	0,49
6. Dresser un bilan des occurrences de création d'informations lors d'un projet.	5	4	4	5	4	4,40	0,24	0,49
7. Rationnaliser la production de données en assignant un créateur/récupérateur unique pour chacune, et ce au moment et à l'endroit les plus cohérents.	5	4	3	5	4	4,20	0,56	0,75
8. Veiller à ce que la création la masse d'informations recensées comme nécessaires au maintien à jour du BIM soient prévue dans les processus mis en place.	5	4	3	5	5	4,40	0,64	0,80
9. Veiller à ce que l'intégration des données au BIM s'effectue au moment de leur création.	5	3	1	5	4	3,60	2,24	1,50
10. Mettre en place un suivi des hôtes successifs des modèles et données, afin de tracer l'information et d'en assurer l'intégrité et la qualité.	5	3	5	5	5	4,60	0,64	0,80
11. Veiller à synchroniser le plus possible les rôles dans l'entreprise avec les processus et le flux d'information.	5	4	5	1	4	3,80	2,16	1,47
12. Identifier les profils des personnes incluses sur un projet pour déterminer les éléments/niveaux susceptibles d'entraver le développement de l'utilisation du BIM.	5	4	5	3	4	4,20	0,56	0,75
Moyenne	5	3,8333	3,75	3,8333	4,3333	4,15	0,22	0,47

Tableau 5.7 : Résultats finaux pour le facteur Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie

Items à évaluer	Evaluation du panel					Moyenne	Variance	Ecart type
	A	B	C	D	E			
Standardisation								
1. Introduire l'utilisation de métadonnées pour faciliter le référencement des documents et la maîtrise des données.	5	4	5	5	5	4,80	0,16	0,40
2. Standardiser les manières de nommer les fichiers et documents.	5	5	5	5	5	5,00	0,00	0,00
3. Intégrer aux métadonnées le niveau de maturité d'un document, pour informer les participants du projet le niveau de fiabilité de celui-ci.	5	4	5	5	5	4,80	0,16	0,40
4. Intégrer des standards de qualité par la gestion scrupuleuse des métadonnées.	5	3	5	5	5	4,60	0,64	0,80
5. Documenter la manière dont est structurée l'information et les nomenclatures des documents, pour clarifier l'organisation autour de l'information, à des fins de transfert et de communication notamment.	5	5	5	5	5	5,00	0,00	0,00
6. Organiser son information de manière arborescente afin de contrôler les accès des utilisateurs aux documents et le champ des actions pouvant être effectuées par chacun.	5	4	5	5	5	4,80	0,16	0,40
7. Notifier automatiquement les utilisateurs concernés par des modifications dans les différentes sections composant l'information du projet.	5	4	5	5	5	4,80	0,16	0,40
8. Réglementer la composition et construction des modèles du bâtiment. (Détails de modélisation, propriétés des objets de modélisation, conventions, etc.)	5	3	5	5	5	4,60	0,64	0,80
9. Eliminer les informations compilées dans des documents ne pouvant être intégrés simplement aux modèles du bâtiment, comme les fichiers texte, et préférer des spreadsheets.	5	3	5	5	3	4,20	0,96	0,98
10. Définir l'articulation de la plateforme BIM entre les différents intervenants (synoptique, documents, liens 2D et 3D).	4	4	5	5	5	4,60	0,24	0,49
11. Harmoniser et standardiser les manières de procéder et penser pour l'ensemble des projets, et ajuster par la suite pour chacun d'eux selon les exigences du client.	5	4	5	5	5	4,80	0,16	0,40
12. Effectuer un audit des réseaux informatiques avant le démarrage d'un projet et les calibrer adéquatement pour répondre aux besoins.	4	5	5	5	5	4,80	0,16	0,40
13. Sceller une étendue du projet clairement définie initialement et veiller à mettre en place une gestion des changements "client" scrupuleuse et réactive.	4	4	5	5	5	4,60	0,24	0,49
14. Impliquer l'ensemble des décisionnaires de l'organisation concernés par un projet dans les nouvelles pratiques (savoir manipuler Revit pour mieux comprendre les besoins par exemple).	5	5	5	5	5	5,00	0,00	0,00
15. Inclure impérativement dans l'équipe administrant un projet un BIM Manager et un Administrateur Réseaux et logistique informatique, tous deux experts dans l'utilisation de la base de données paramétriques et des logiciels.	5	4	5	5	5	4,80	0,16	0,40
Moyenne	4,8	4,0667	5	5	4,8667	4,75	0,12	0,35

Tableau 5.8 : Résultats finaux pour le facteur Implication des parties prenantes extérieures

Items à évaluer	Evaluation du panel					Moyenne	Variance	Ecart type
	A	B	C	D	E			
Implication des extérieurs								
1. Inclure comme prérequis et exigences nécessaires des compétences et une expertise BIM pour devenir un partenaire d'affaires.	5	4	3	5	3	4,00	0,80	0,89
2. Modifier les livrables à rendre par les parties prenantes extérieures au projet afin d'orienter le travail selon des pratiques BIM.	5	5	1	5	5	4,20	2,56	1,60
3. Définir le format de la documentation associée au projet, l'étendue et la précision des modèles, les analyses devant être effectuées à partir des modèles, pour en faire des impératifs à savoir fournir.	5	5	5	5	5	5,00	0,00	0,00
4. Evaluer le niveau de sensibilisation aux pratiques BIM des partenaires avant leur implication dans un projet.	5	4	5	5	4	4,60	0,24	0,49
5. Lister les modèles allant être intégrés comme livrables à des contrats décernés à des parties prenantes externes.	4	4	5	5	5	4,60	0,24	0,49
6. Structurer des canaux de communication fonctionnels et efficaces avec les acteurs extérieurs des projets.	4	4	5	5	5	4,60	0,24	0,49
7. Inviter les partenaires à participer à des réunions formelles ou informelles sur les concepts lean dans l'industrie du bâtiment, l'interopérabilité et la mise en application de ces principes.	4	4	5	5	4	4,40	0,24	0,49
8. Mettre en place des procédures de contrôle de la qualité des informations provenant de l'extérieur de l'entreprise.	5	5	5	5	5	5,00	0,00	0,00
9. Sensibiliser sur le principe d'« information stewardship », à savoir que celle-ci circule à titre de propriété du projet, et doit être maintenue intacte.	5	5	5	5	5	5,00	0,00	0,00
Moyenne	4,6667	4,4444	4,3333	5	4,5556	4,60	0,05	0,23

Tableau 5.9 : Résultats finaux pour le facteur Éducation à la gestion de l'information

Items à évaluer		Evaluation du panel					Moyenne	Variance	Ecart type
Education à la gestion de l'information		A	B	C	D	E			
1. Lister les logiciels et outils allant être utilisés, et ce pour quelles fonctions précises, ainsi que leur version. Pour différentes fonction potentielles d'un BIM, des recommandations sont données ci-après. *		5	?	?	5	5	5,00	0,00	0,00
1.	1.a. Outil(s) de création de modèles : Capable(s) de créer et sortir des fichiers conformes au standard IFC et/ou JT.	5	5	1	5	4	4,00	2,40	1,55
	1.b. Outil d'intégration des modèles : Capable de combiner différents fichiers de design provenant de différents logiciels.	5	5	5	4	4	4,60	0,24	0,49
	1.c. Outil de détection de conflit : Capable de détecter des conflits (clash detection) et de générer des rapports, incluant une liste des conflits appuyés par des preuves visuelles.	5	5	5	5	5	5,00	0,00	0,00
	1.d. Outil de visualisation : Capable de donner une vue d'ensemble, de zoomer, de changer d'angle, d'examiner en détails et de parcourir le modèle.	5	4	5	5	4	4,60	0,24	0,49
	1.e. Outil d'annotation : Permet en plus de la visualisation de consulter des données techniques sur les maquettes, telles que des mesures, et d'annoter celles-ci pour une revue future.	5	4	5	5	5	4,80	0,16	0,40
	1.f. Outil de séquencement 4D (visualisation temporelle) : Doit pouvoir être utilisé pour visualiser l'avancement programmé des travaux et doit pouvoir se synchroniser avec des outils de planification comme Project ou Primavera.	5	5	5	5	5	5,00	0,00	0,00
	1.g. Outil d'analyse des quantités unitaires : Capable d'extraire des modèles 2D et 3D les quantités pour estimation des coûts et l'approvisionnement, et doit pouvoir s'intégrer avec des programmes d'estimation de coûts.	5	5	5	5	5	5,00	0,00	0,00
	2. Déterminer quel genre d'analyses l'entreprise veut réaliser avec ses outils BIM et lister les logiciels/outils à se procurer en conséquence.	5	4	5	5	5	4,80	0,16	0,40
Moyenne		5	4,625	4,5	4,8889	4,6667	4,74	0,03	0,18

Tableau 5.10 : Résultats finaux pour le facteur Éducation technique

Items à évaluer		Evaluation du panel					Moyenne	Variance	Ecart type
Education technique		A	B	C	D	E			
1. Lister les compétences actuelles et souhaitées dans l'organisation en vue d'une analyse d'écart. Ajouter le type de personnel possédant la compétence, le nombre pour chacun et le niveau de compétence moyen dans les deux cas.		5	5	5	5	5	5,00	0,00	0,00
2. Lister les besoins de formation, en précisant la compétence précise à acquérir, les personnes visées par l'apprentissage, le nombre et les heures allouées pour leur formation.		5	5	5	5	5	5,00	0,00	0,00
3. Procéder à une formation systématique des nouveaux arrivants dans l'entreprise afin de leur enseigner les compétences techniques nécessaires.		5	4	1	4	4	3,60	1,84	1,36
4. Lister les besoins éventuels de personnel supplémentaire pour réaliser la transition : type de personnel, nombre actuel, nombre souhaité et dates impératives du besoin.		5	3	3	5	4	4,00	0,80	0,89
5. Mettre en place des procédures d'évaluation de la qualité de l'information afin de suivre l'évolution de la masse informationnelle et l'acquisition de la philosophie BIM parmi les employés de l'entreprise, et appliquer des mesures correctives si nécessaire.		5	5	1	4	4	3,80	2,16	1,47
6. Motiver l'apprentissage des outils BIM et leur bonne maîtrise par un système de récompenses (incentives).		5	3	1	3	3	3,00	1,60	1,26
7. Privilégier les personnes ayant déjà une compétence reconnue dans leur domaine de spécialité pour la formation aux outils BIM.		5	5	3	5	5	4,60	0,64	0,80
8. Former/engager des "clashes leaders" pour revoir les maquettes et s'assurer qu'aucun conflit n'est présent.		4	4	1	1	5	3,00	2,80	1,67
9. Compléter la formation du package des nouveaux arrivants en fonction des projets sur lesquels ils vont intervenir.		4	4	4	1	5	3,60	1,84	1,36
Moyenne		4,7778	4,2222	2,6667	3,6667	4,4444	3,96	0,55	0,74

Tableau 5.11 : Résultats finaux pour le facteur Sélection des outils formant le BIM

Items à évaluer		Evaluation du panel					Moyenne	Variance	Ecart type	
Sélection		A	B	C	D	E				
1. Lister les logiciels et outils allant être utilisés, et ce pour quelles fonctions précises, ainsi que leur version. Pour différentes fonction potentielles d'un BIM, des recommandations sont données ci-après. *		5	?	?		5	5	5,00	0,00	0,00
1.	1.a. Outil(s) de création de modèles : Capable(s) de créer et sortir des fichiers conformes au standard IFC et/ou JT.	5	5	1	5	4	4,00	2,40	1,55	
	1.b. Outil d'intégration des modèles : Capable de combiner différents fichiers de design provenant de différents logiciels.	5	5	5	4	4	4,60	0,24	0,49	
	1.c. Outil de détection de conflit : Capable de détecter des conflits (clash detection) et de générer des rapports, incluant une liste des conflits appuyés par des preuves visuelles.	5	5	5	5	5	5,00	0,00	0,00	
	1.d. Outil de visualisation : Capable de donner une vue d'ensemble, de zoomer, de changer d'angle, d'examiner en détails et de parcourir le modèle.	5	4	5	5	4	4,60	0,24	0,49	
	1.e. Outil d'annotation : Permet en plus de la visualisation de consulter des données techniques sur les maquettes, telles que des mesures, et d'annoter celles-ci pour une revue future.	5	4	5	5	5	4,80	0,16	0,40	
	1.f. Outil de séquencement 4D (visualisation temporelle) : Doit pouvoir être utilisé pour visualiser l'avancement programmé des travaux et doit pouvoir se synchroniser avec des outils de planification comme Project ou Primavera.	5	5	5	5	5	5,00	0,00	0,00	
	1.g. Outil d'analyse des quantités unitaires : Capable d'extraire des modèles 2D et 3D les quantités pour estimation des coûts et l'approvisionnement, et doit pouvoir s'intégrer avec des programmes d'estimation de coûts.	5	5	5	5	5	5,00	0,00	0,00	
	2. Déterminer quel genre d'analyses l'entreprise veut réaliser avec ses outils BIM et lister les logiciels/outils à se procurer en conséquence.	5	4	5	5	5	4,80	0,16	0,40	
Moyenne		5	4,625	4,5	4,8889	4,6667	4,74	0,03	0,18	

5.5 Conclusion

Après une description de la méthode d'interrogation employée pour mener à bien le processus de validation du modèle, à savoir la méthode DELPHI, le questionnaire ayant servi d'appui à la démarche a été présenté dans les lignes précédentes. Les rencontres avec les experts sélectionnés pour participer à l'étude du modèle ont toutes été très profitables et ont permis de rassembler les résultats, compilés dans les tableaux ci-dessus. Il est possible d'observer plusieurs tendances pour les actions évaluées, autant des consensus formels que des désaccords plus marqués. Chaque note moyenne de la pertinence des objets insérés dans le questionnaire se doit d'être examinée et interprétée, pour pouvoir *in fine* présenter un modèle d'assistance à l'implantation du BIM cohérent et pertinent. Les analyses et discussions sur les facteurs et actions suivent par conséquent dans le chapitre 6, qui permettra de clore la réflexion sur le contenu du modèle et d'envisager des pistes d'amélioration pour ce dernier.

CHAPITRE 6 : DISCUSSION SUR LES RÉSULTATS

6.1 Introduction

L'objectif de l'élaboration d'un questionnaire et des rencontres avec les experts en problématiques BIM était la validation du modèle construit dans le cadre de la recherche. Concrètement, il fallait pour ce faire obtenir l'aval des répondants quant à la pertinence globale du modèle et son ancrage dans les enjeux réels du BIM. Ceci passe par la confirmation que la majorité des éléments introduits dans le modèle possèdent un sens dans le contexte du BIM et vont réellement permettre une amélioration de son état d'utilisation. Naturellement, certains points spécifiques dans le modèle vont être sujets à débat et possiblement rejetés de celui-ci. L'ensemble de ces considérations et les conclusions tirées pour chaque item du modèle sont exposées ci-après, afin d'aboutir à ce qui sera considéré comme la version finale du travail proposé lors de cette maîtrise.

Le chapitre débute par des considérations d'ordre général issues des discussions avec les experts. L'approche adoptée par la suite s'effectuera par facteur, en détaillant les remarques pertinentes à faire sur les actions. Les limites et pistes pour des recherches futures viendront finalement.

6.2 Remarques et enseignements généraux

6.2.1 Remarques liées au questionnaire et la lecture des résultats

Certains constats par rapport au questionnaire et aux résultats qu'il permet d'obtenir et certains commentaires de la part des experts du BIM ne peuvent être attribués à des facteurs de succès ou actions particuliers. Ils s'identifient davantage à des généralités à prendre en compte pour affiner sa compréhension des conclusions qui vont être établies par la suite, ou simplement des éléments à garder en tête lorsque l'on aborde l'implantation du BIM et ses problématiques.

Tout d'abord, comme il a été évoqué précédemment, seul le premier tour a laissé libre les experts de proposer des actions supplémentaires. La contrainte délibérée de se limiter à deux tours est à l'origine de cette restriction. Toutefois, comme il était envisageable, de nouvelles idées sont apparues lors des discussions du second tour. Certaines suggestions se sont révélées très pertinentes

pour l'intérêt général du modèle, mais ne pourront donc être soumises à évaluation. Elles seront cependant intégralement mentionnées dans ces lignes.

De la même manière, la formulation des actions a parfois été sujette à débat. Les mots choisis pour décrire une réalisation concrète et précise dans un contexte d'affaires sont prépondérants et il est arrivé que des experts proposent d'adapter des énoncés pour optimiser leur clarté. Ces commentaires et conseils seront également pris en compte et intégrés dans la mesure du possible au modèle.

Selon un autre ordre d'idée, la question de comment interpréter les résultats peut se poser et amener à réfléchir. La méthode DELPHI tend à unir les opinions des personnes sondées, ce qui guide naturellement à apprécier la formation de consensus pour chacun des items à évaluer. Cependant, il convient de se poser des questions si les experts affirment unanimement qu'une action est primordiale. Outre la satisfaction de l'accord des répondants, cela peut aussi signifier que l'action en question est triviale. Dans ce cas, sa présence dans le modèle ne fait que l'alourdir et augmente nullement son intérêt. Ainsi, pour la suite de ce chapitre, il est sage de rester critique par rapport aux consensus. Dans le cas du modèle développé ici, l'association des actions à des facteurs permet de les lier à des enjeux clairement identifiés et protège en partie de ce risque. En effet, aucune proposition très générale et vague ne peut vraiment prendre place dans le modèle. Posséder des employés compétents pour parvenir à implanter le BIM relève de l'évidence et représente un exemple de la trivialité citée plus haut. Cependant, son manque de précision, et donc d'utilité pour un utilisateur du modèle, rend difficile sa classification dans le modèle. Il est aussi très intéressant d'évoquer le fait que, le BIM étant nouveau, les pistes de réflexion à son égard sont très nombreuses et le travail à abattre pour éclaircir la situation conséquent. Dans ce contexte, toute proposition d'actions à réaliser semble à considérer et susceptible d'être utile. L'enthousiasme des experts peut être dû à cela et il s'agit donc une nouvelle fois d'être prudent.

Au-delà des consensus, plusieurs actions sont susceptibles de recueillir des avis plus mitigés. La réflexion va alors se porter sur les raisons possibles des avis divergents et va pouvoir déboucher sur des conclusions dotées de tout autant de pertinence.

6.2.2 Remarque sur la compréhension du BIM à travers le questionnaire

Un commentaire important a été régulièrement fait par les experts lors des rencontres, sur la dimension de l'implantation du BIM. Le questionnaire aborde effectivement globalement la

question en parlant d'implantation pour une entreprise. La formation des membres de l'organisation en général est par exemple évoquée. Ces formulations proviennent de la volonté d'embarquer les compagnies au complet dans les transitions BIM, et par la conviction rencontrée à plusieurs reprises dans la littérature que le BIM ne peut être adopté sur un projet isolé. Cependant, dans les faits, implanter le BIM pour une entreprise passe nécessairement par son implantation à l'échelle d'un projet-pilote, puis de plusieurs autres projets. Les acteurs de l'industrie AIC sont en effet successivement associés à des chantiers et basent leurs activités sur leurs interventions sur des projets de cet ordre. Mentionner des actions à l'échelle de l'entreprise peut donc surprendre.

Il faut donc conserver à l'esprit ce fonctionnement par projets distincts lors de la lecture du questionnaire. Chaque initiative attribuée à une échelle globale d'entreprise suggère de manière sous-jacente qu'elle doit se décomposer selon chacun des projets. Les contextes différents de ces derniers, notamment aux niveaux des attentes du client et des partenaires engagés, entraînent également des besoins réguliers d'adaptation des pratiques selon ces contextes spécifiques.

Cette remarque est donc prépondérante pour la bonne assimilation des problématiques BIM et la lecture éclairée des actions du modèle. Pour une précision optimale, les formulations laissant planer le doute sur l'intention exacte des actions seront précisées dans les lignes qui suivent afin que la version finale du modèle puisse refléter au mieux les réalités d'une implantation BIM.

6.3 Discussions et enseignements sur les facteurs et actions du modèle

6.3.1 Facteurs de succès

Comme mentionné plus haut dans ce texte, la mise en place de l'évaluation des facteurs de succès peut être perçue comme un échantillon témoin pour la suite du questionnaire. En effet, les facteurs de succès proposés ont été sélectionnés parmi ceux recensés dans la littérature pour être les plus influents à la fois sur l'implantation et sur l'utilisation du BIM dans une organisation. Étant donné ce choix, la pertinence de ces facteurs semble difficilement pouvoir être remise en cause. Le lien établi avec les systèmes ERP renforce d'autant plus cette opinion, les problématiques d'implantation étant similaires. Le commentaire sur la possible trivialité des éléments proposés dans le cas de consensus formel peut donc ici être rappelé. Cependant, il n'est pas étonnant d'obtenir de tels résultats. Il faut également être conscient que les facteurs de succès constituent

des intermédiaires entre les deux autres éléments du modèle et ne sont à ce sens pas des fins en eux-mêmes.

Les six facteurs de succès du modèle obtiennent des moyennes variant de 4,4 pour la moins bonne (Réingénierie des processus d'affaires de flux d'information) à 5 pour la meilleure (Implication des parties prenantes extérieures). Ces scores sont excellents et l'ensemble des facteurs s'avèrent donc primordiaux, ou s'en approchent fortement, dans le cadre d'une implantation BIM. La pire note donnée par un expert est de 3, ce qui est loin de signifier que le facteur concerné est inutile.

La conservation des six facteurs semble donc tout indiquée suite à ces résultats. Cette constatation sera d'autant plus renforcée par la suite avec l'observation des notes moyennes des actions attribuées à chaque facteur. En effet, l'argument suivant peut être avancé : si de manière globale les actions associées à un facteur sont jugées pertinentes, alors le facteur en lui-même est pertinent. Le contre de cet argument peut être que l'association facteurs-actions est imparfaite. La nature des actions ne laisse cependant que peu de place aux doutes et la validité des relations entre les éléments du modèle ne sera pas remise en cause.

Il convient toutefois de rappeler pour les facteurs la remarque effectuée dans la première partie du chapitre, sur la distinction notable entre entreprise et projets. Tous les facteurs possèdent ici deux facettes. La réingénierie des processus peut se faire à un niveau stratégique élevé et conduire à l'adaptation des pratiques globales de l'entreprise au BIM, en plus de préconiser des méthodes pour les projets, sur les processus de modélisation par exemple, d'échange avec les parties prenantes sur les maquettes, etc. Idéalement, il existerait une répétabilité et une souplesse suffisantes des processus imaginés pour pouvoir les appliquer à tout projet. Ce cas n'est pas forcément atteignable et une certaine harmonisation des méthodes avec la réalité de chaque projet et les volontés des clients peut être nécessaire. La même logique s'applique avec la standardisation ou la sélection des outils du BIM. Le facteur d'implication des parties prenantes extérieures est moins sujet à cette dualité. La sélection de ces dernières sera liée à des projets spécifiques et la collaboration peut être entérinée à l'échelle de l'entreprise, mais les actions à mettre en place ne génèrent pas d'interrogation particulière quant aux moments et contextes d'application. Finalement, les facteurs d'éducation peuvent être perçus comme pertinents à l'échelle de l'organisation, pour générer une culture d'entreprise favorable au BIM et incorporer les

compétences techniques adéquates au savoir-faire des employés, mais sont davantage sensés dans le cadre d'une réflexion par projets. La majeure partie de l'éducation va concerner les pratiques spécifiques des projets.

6.3.2 Facteur de Réingénierie des processus d'affaires et des flux d'information

La moyenne globale des actions associées au facteur de réingénierie des processus s'élève à 4,15, ce qui atteste d'une bonne pertinence générale. Comme écrit ci-dessus, cela apporte également un argument supplémentaire en faveur de l'intérêt du facteur dans le modèle. Sur les onze actions proposées au premier tour, sept obtiennent une moyenne supérieure à 4 et tendent donc à être primordiales, alors que les quatre autres réalisent un score tout de même convaincant se situant entre 3 et 4. L'action ajoutée à l'issue du premier tour donne raison à ce choix puisqu'elle obtient de son côté une note moyenne de 4,2.

Les actions 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 et 12 sont donc celles qui soulèvent le moins de questions. Elles recueillent des notes élevées voire maximales de la part de l'ensemble du panel. Aucune n'affiche cependant un résultat parfait à 5. Les actions reliées à la connaissance et la maîtrise de l'information au sein de l'entreprise et lors des projets utilisant le BIM ont été particulièrement plébiscitées. Le fait de lister les modèles usuels du bâtiment a notamment obtenu la meilleure évaluation des actions de ce facteur avec un score de 4,6, tout comme la répartition des maquettes et modèles à produire selon le niveau de détail dans le WBS. Ces résultats ne sont pas surprenants dans le sens où il est nettement ressorti des entrevues qu'une des premières étapes pour se lancer dans la philosophie BIM et adapter son mode de travail est de savoir exactement ce que l'on fait et ce que l'on souhaite produire avec le BIM. De la même manière, comme il sera constaté dans les lignes à venir, la standardisation s'impose comme une condition nécessaire pour entamer une transition BIM.

L'action prescrivant de mettre en place un suivi des hôtes successifs des modèles du bâtiment s'est elle aussi vue attribuer la note de 4,6. L'exactitude de l'information est un enjeu clé de la réussite de l'utilisation du BIM dans une organisation. En outre, l'identification des intervenants sur l'information permet d'impliquer l'ensemble de ces derniers dans l'effort à fournir pour générer une information digne de confiance. À ce propos, il est utile d'apporter une précision quant à l'action 5, concernant la détermination de la part d'information créée à l'interne et celle reçue de l'extérieur. L'objectif de cette opération est de dresser un portrait exhaustif des sources

d'information potentielles, mais en aucun cas de pouvoir s'en servir par la suite pour attribuer des responsabilités en cas d'information erronée ou de manquements dans les obligations tenant chacun des intervenants. L'information doit pouvoir véhiculer à titre de propriété du projet et la crainte de devoir répondre d'une erreur commise entraîne le refus de s'impliquer dans le travail collaboratif BIM. C'est une barrière annihilant toute tentative de passage vers le BIM si elle vient à se dresser.

La nouvelle action proposée, à savoir l'identification des profils des personnes impliquées sur des projets, s'est vue attribuée une excellente note, justifiant ainsi sa présence dans le modèle. Elle a toutefois généré plusieurs commentaires dignes d'intérêt. Tout d'abord, la formulation peut être sensiblement modifiée pour prendre un sens plus pertinent et avoir des impacts plus significatifs. En effet, les profils peuvent être déterminés avant même l'inclusion des personnes sur les projets, pour ainsi pouvoir embarquer des éléments qui vont, de par leurs agissements au sein du projet, favoriser l'expansion du BIM et la réussite de son implantation. L'action se réalise donc plutôt à l'échelle de l'entreprise et la nuance prend tout son sens pour cette opération en particulier. Plus concrètement, il aurait été possible d'ajouter des activités comme l'engagement d'un « profiler » présent pour cerner les caractères des personnes, effectuer des bilans de compétences et connaître les volontés d'évolution des personnes.

Les actions suivantes ont pour leur part généré des avis moins unidirectionnels : 1, 2, 9 et 11. Les actions 1 et 2 sont très proches dans le message qu'elles véhiculent et ont reçu la note 1 de la part d'un même et unique répondant. Leur proximité vient de leur objectif commun d'établir des états de fonctionnement avant le BIM, sur le plan des processus pour l'action 1 et sur le plan humain pour la 2, puis les états souhaités avec le BIM. La mauvaise notation provient du fait que le répondant ne voyait pas l'intérêt de prioriser la modification des pratiques avant l'installation durable de l'utilisation d'une maquette tridimensionnelle. Cette vision est quelque peu réductrice par rapport à la philosophie BIM et ses implications. La description des états de maturité vue dans la revue de littérature au chapitre 2 peut être évoquée ici, car cette perception du BIM correspond à la maturité de niveau 1. Le poste du répondant impliqué dans ces réponses peut être une hypothèse pour expliquer ses notes. En tant que directeur de projet (répondant D), celui-ci ne perçoit pas réellement dans son travail l'intérêt des deux strates, entreprise et projets, évoquées avant. La réingénierie à un haut niveau stratégique n'entre pas dans le champ de ses considérations et les actions 1 et 2 perdent de leur sens. Il faut toutefois être prudent puisqu'il est également très souhaitable de modifier les processus à l'échelle des projets. Les états « To Be » doivent alors être

graduels, car l'évolution vers un projet géré intégralement avec le BIM ne peut s'effectuer en une étape. La précision de la formulation est susceptible d'être entrée en compte dans le choix de notes très faibles pour ces actions et l'ajout de la dimension projet peut être nécessaire.

L'action 2, par ailleurs, est sujette à un certain couplage avec la nouvelle action 12 puisque les deux concernent la dimension humaine, l'implication des membres de l'organisation et l'attribution des rôles. Les objectifs des deux activités peuvent paraître extrêmement proches et ne pas justifier la division en deux éléments. Le choix de conserver les deux actions dans le modèle est cependant préférable. Tout d'abord, malgré la présence de ces deux items lors du second tour, aucun commentaire n'a été fait à ce propos et les experts ont su déceler des différences entre ces derniers. La dualité entreprise-projets est une fois de plus présente et justifie certainement la présence des deux actions. L'ambiguïté est également apparue à nouveau pour le répondant D pour l'action 11 qui évoque des rôles dans l'entreprise et non au sein des projets. Les autres experts l'ont déjugé en notant deux fois 4 et deux fois 5 cette activité-là. Pour les mêmes motifs que précédemment, elle sera conservée dans le modèle.

L'action 9 concernant l'intégration des données dans le BIM au moment de leur création a également reçue le score de 1 de la part d'un expert (répondant C). Selon lui, l'effort ne doit pas être investi pour contrôler cela, mais plutôt pour responsabiliser les personnes produisant des modèles et créant des objets paramétriques afin qu'ils ne gaspillent pas de l'information. Cela passe également par le contrôle du débit de travail des projeteurs (personnes responsables de la modélisation), qui doivent modéliser en étant synchronisés sur la cadence à laquelle les informations externes parviennent à l'entreprise. On peut lier cette remarque avec la proposition d'engager un « profiler », qui sera responsable de détecter les personnes les plus à même d'intégrer ces bonnes pratiques de création d'information et de modélisation. Pourtant, il est également envisageable de mettre en place des procédures de contrôle pour vérifier si l'ensemble des objets créés sont bien répertoriés dans le BIM. Les autres répondants ont tous approuvé le sens de cette initiative en notant à 3, 4 et deux fois 5. La nuance est à garder à l'esprit, mais n'annule cependant pas la validité de l'action.

L'ensemble des actions pour ce facteur va par conséquent pouvoir être conservé dans le modèle. L'apport de certaines précisions dans les énoncés ou de commentaires mettant en garde contre les principaux risques liés aux actions sera fait pour parer aux points sensibles discutés ci-

dessus. Un nouvel ordre des actions sera également mis en place pour les regrouper et les hiérarchiser selon le sens et la pertinence.

6.3.3 Facteur de Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie

Le facteur concernant la standardisation des pratiques dans l'organisation lors de la transition vers le BIM est celui qui a obtenu les notes les plus hautes parmi tous les facteurs : la moyenne générale pour toutes les actions s'élève à 4,75. Cette note atteste de l'importance du facteur dans le modèle et de son aspect primordial pour réussir un projet d'implantation BIM. Aucune action n'a vu son score moyen descendre en-dessous de 4,2 et toutes ont été vivement approuvées par les experts lors des discussions. Ces résultats ne sont guère étonnantes dans le sens où la standardisation semble être la pierre angulaire pour toute démarche BIM. Le contrôle des documents et modèles créés durant les projets, de leurs contenus et des métadonnées qui les entourent, autorise une connaissance plus pointue des activités, un suivi plus efficace de leur efficacité et donc une productivité améliorée. Il est possible de faire le parallèle sur ce point avec les méthodes Lean dans les secteurs de production industrielle qui s'ancrent en premier lieu dans la mise en place de standards approuvés avant de se lancer dans des chantiers d'amélioration des processus.

Avant d'entrer dans des considérations détaillées sur les actions, une remarque sur le nom du facteur mérite d'être faite, en vue de la modification de ce dernier. En effet, le facteur tel qu'énoncé initialement traite la standardisation ainsi que l'adaptation aux standards de l'industrie. La seconde partie est digne d'intérêt et représente un enjeu clé pour pouvoir observer une progression généralisée de l'industrie AIC vers le BIM et la gestion des projets en format collaboratif. Des efforts communs dans l'harmonisation des pratiques, notamment les manières de gérer les projets et les normes de modélisation, bénéficieraient grandement à l'ensemble des acteurs du secteur. Cet aspect prépondérant a entraîné l'inclusion de cet enjeu dans le facteur. Toutefois, l'industrie n'est pas encore assez avancée pour avoir trouvé des actions concrètes liées à cette problématique dans la littérature. Le modèle ne répond donc pas réellement à ce point et l'adaptation du nom du facteur est nécessaire pour proposer un contenu cohérent.

Les actions liées à la gestion de l'information et à la standardisation des documents et modèles au sein d'un projet, comme l'établissement de règles pour les nommer ou la définition d'une structure précise de l'information, ressortent donc comme essentielles. L'action 2, qui

indique de standardiser les manières de nommer les fichiers, a notamment reçu la moyenne maximale de 5. Le cas ci-présent n'est pas étonnant et relève quasiment de l'aspect trivial de l'action. Cette action consiste effectivement en la plus basique démarche de standardisation lorsque l'on souhaite effectuer ce travail sur l'information. Maîtriser les noms des modèles et documents produits permet de rationaliser la masse informationnelle et d'optimiser grandement leur recherche et utilisation. C'est une évolution sommaire apportant pourtant des économies temporelles et d'intellect conséquentes. Cela participe également à la vaste tâche de gestion globale de l'information (*Knowledge Management*) qui s'attache à conserver les connaissances un jour acquises pour pouvoir les réemployer par la suite sans avoir besoin d'investir de nouveaux efforts pour les reconstituer. L'action 2 peut par conséquent paraître simpliste, mais cache des implications significatives. Pour cette raison, elle sera conservée dans le modèle et vue comme un point de départ de la standardisation.

Les opérations associées à la mise en place et l'utilisation des métadonnées sont également ressorties comme prépondérantes. Au-delà des noms des documents, toute l'information gravitant autour de ces derniers et renseignant les utilisateurs sur leur contenu, leurs dates de création, modification ou leur maturité (action 3) se révèle pertinente pour les gérer, les stocker, les distribuer, etc. L'action 4 s'est vu reprocher l'utilisation du mot « scrupuleuse » associé à la gestion des métadonnées. Ces dernières sont susceptibles de fournir des indices sur la qualité des modèles en fonction de leur(s) créateur(s), des dates auxquelles ils ont été manipulés, de leur localisation de stockage ou encore dans quels processus ils interviennent. La gestion en général des métadonnées permet ce genre d'analyses, et insister sur le mot gestion indique un effort supplémentaire à fournir pour traiter de qualité lorsque l'on en vient aux métadonnées. L'adjectif « scrupuleuse » sera donc retiré de la version finale du modèle.

La gestion de l'information grâce à sa structure au sein des projets et de l'entreprise est un autre aspect primordial qui est ressorti du questionnaire et des évaluations. Les actions 5, 6, et 7, orientées vers ce sujet, ont obtenu des notes excellentes. L'action 5, légèrement plus globale que les autres, qui prescrit de documenter la manière dont est organisée l'information, a reçu la note parfaite de 5. Cette action peut par ailleurs être mise en lien avec l'action 10 qui incite à définir une articulation précise de la plateforme BIM. Cette dernière action s'applique spécifiquement par projet : elle consiste même en une partie du rôle du BIM Manager sur un projet. En ce sens, sa place dans le modèle peut être contestée puisqu'elle ne consiste pas réellement en une tâche

permettant de mieux utiliser le BIM, mais plutôt en une tâche naturelle si les bonnes personnes sont appelées à travailler sur un projet. L'action pourrait se traduire en : « engager un BIM Manager », ce qui aurait une pertinence très limitée par rapport à son éclairage des enjeux du BIM. On peut effectivement considérer qu'une entreprise n'attribuant pas de ressource dédiée à l'implantation et l'expansion du BIM, et notamment un BIM Manager, ne peut pas honnêtement se déclarer comme volontaire pour l'adopter.

La définition d'une réglementation pour la composition et la construction des modèles du bâtiment (action 8) s'est vue, comme toutes les autres, extrêmement bien noter. Certains commentaires sur la difficulté de mettre en place un seul et unique standard pour gérer ces questions ont cependant été faits. Les exigences variables selon les projets n'entraînent des modèles ne contenant pas exactement les mêmes informations ni au même niveau de détails. L'action ne peut donc s'appliquer au niveau global de l'entreprise, mais plutôt projet par projet. Ainsi, une adaptation intéressante de l'action serait de préciser qu'il est possible de développer plusieurs types de standards pouvant répondre à différentes demandes classiques de la part des clients notamment. L'essence de l'action initiale est de cette manière conservée, tout en offrant plus de souplesse avec une nouvelle formulation incluant ce commentaire.

L'action 9 peut également subir une légère modification pour voir son impact augmenter en même temps que sa pertinence. Il est question initialement d'éliminer les documents ne pouvant être intégrés aisément aux modèles du bâtiment. Il est préférable de parler de supprimer toute forme d'information ne pouvant s'intégrer aux modèles du bâtiment utilisés sur les projets. Les documents texte servaient d'exemple à l'action du modèle initial. Cependant, il est aussi utile et profitable pour un BIM plus cohérent de supprimer les éléments modélisés à côté des maquettes servant réellement pour les projets. Ce cas de figure peut survenir si des personnes souhaitent expérimenter ou développer des objets indépendamment sans utilité finale pour le projet. Il s'agit cependant d'être prudent puisque l'on peut être confronté à un choix entre conserver les objets créés à côté à des fins de gestion de l'information, ou au contraire les supprimer. Le jugement humain entre alors en compte. La dimension humaine intervient également dans la responsabilisation des projeteurs, qui doivent savoir se concentrer sur les objectifs du projet.

Les nouvelles actions introduites à l'issue du premier tour ont également reçu des notes élevées et justifient leur présence dans le modèle. Elles sont, comme expliqué dans le chapitre

précédent sur les résultats, plus généralistes et moins orientées vers la définition de standards sur les modèles ou leur composition. Elles s'identifient davantage à des bonnes pratiques à instaurer dans l'entreprise ou sur les projets. L'action 10 a déjà été évoquée plus haut dans ce paragraphe.

L'action 11 a été fortement approuvée lors des entrevues et des discussions avec les experts. Cela est principalement dû au manque de distinction entre implanter le BIM globalement dans une entreprise et utiliser le BIM sur des projets qui existait dans le questionnaire. L'ajout de cette action a apporté un supplément déterminant pour intégrer cette dualité dans le questionnaire et chacun des experts y a reconnu un intérêt significatif. Il est également intéressant de préciser que l'adaptation des standards passe dans un premier temps par la conduite d'un projet pilote censé établir les impératifs à fournir pour faire fonctionner le BIM comme on le souhaite et les pratiques à mettre en place. Les pratiques et standards globaux vont provenir des conclusions tirées lors de la réalisation d'un tel projet-pilote.

Le problème soulevé par l'action 12, à savoir le calibrage adéquat des réseaux informatiques pour subvenir aux besoins des projets, est apparu dans les discours de tous les experts sans aucune exception. Logiquement, sa note est très élevée, égale à 4,8 en moyenne. C'est un enjeu prépondérant que la littérature n'aborde pas ou très peu, de par sa nature extrêmement pratique. Des soucis de lenteur de connexion, de chargement des logiciels et d'ordre informatique en général apparaissent systématiquement si aucune attention n'est portée au dimensionnement correct des réseaux. Les pertes peuvent être très handicapantes pour la rentabilité du projet. À titre d'exemple, un participant à l'étude a indiqué que pour un de ses projets, seulement dix projeteurs sur douze en moyenne peuvent travailler, alors que les deux autres perdent leur temps en chargement et lenteur de fonctionnement d'origines diverses. Le réseau seul n'est d'ailleurs pas nécessairement en cause. Il s'agit de prendre également en compte les logiciels, leurs versions, leurs extensions, etc. Des problèmes de mises à jour surviennent régulièrement. Une précision dans la formulation de l'action pour l'aspect logiciel est de ce fait vivement recommandée. Le lien avec l'action 15 peut en outre être fait ici, puisque celle-ci prescrit d'embaucher un administrateur réseaux et logistique informatique sur chacun des projets, ou tout du moins exclusivement en charge de ces problématiques sur un ensemble de projets. Pour poursuivre à propos de cette action, le rapprochement avec une précédente déclaration peut être fait quant au conseil d'embaucher un BIM Manager dédié. Cela paraît une nouvelle fois inutile de préciser ce point et seul l'administrateur réseaux peut être conservé dans la formulation.

L'action 13 est relativement généraliste, mais symbolise un phénomène pas forcément attendu survenant au sein de projets fonctionnant avec le BIM. Le fait de pouvoir visualiser les bâtiments par le biais des maquettes entraîne le client à demander davantage de changements pour le projet, que ce soit des modifications de conception, de plans, d'ingénierie, etc. La modélisation en deux dimensions nécessitait en effet de réellement construire le bâtiment et donc d'avancer le chantier pour pouvoir avoir un aperçu du rendu. À ce moment-là, les clients étaient conscients de leurs éventuelles volontés de changement pour l'agencement, ou autre. Avec la 3D paramétrique, il est possible d'être au courant du résultat final bien avant cela, d'où le constat précédent. Il est donc impératif pour mener le projet correctement de sceller une étendue initiale du projet très claire et précise, en mentionnant l'ensemble des tâches pour lesquelles l'entreprise s'engage, afin de pouvoir par la suite gérer aux mieux les demandes de changement. Une grande réactivité est nécessaire pour pouvoir s'adapter et répondre aux attentes du client en cours de projet. Cela implique également un autre point crucial dans un projet se déroulant selon la philosophie BIM. La modélisation va en effet servir pour fixer l'étendue du projet et la plateforme BIM va en quelque sorte servir d'interface d'échange entre le client et les parties prenantes pour fixer les objectifs et déterminer l'étendue du projet. Pour pouvoir parvenir à cela, les projeteurs doivent être grandement responsabilisés et être capables de réfléchir au-delà de la simple modélisation, de dépasser un rôle d'exécutants pour devenir acteurs de la maquette, proposer des arrangements en cas de conflits matériels, être proactifs... La définition du métier change donc drastiquement et les anciennes pratiques de modélisation 2D ne peuvent plus s'appliquer. La définition des caractères et des profils des personnes peut aider pour déterminer qui sera le plus à même d'adopter cette philosophie et de remplir les exigences dans un environnement BIM.

Pour conclure les considérations sur les actions de ce facteur, il convient de discuter les résultats obtenus par l'action 14 : cette dernière a reçu une note parfaite de 5/5. Ce score n'est absolument pas étonnant étant donné sa signification et ses implications. Elle prône d'impliquer les décisionnaires de l'entreprise dans la démarche BIM et de les mettre au courant des pratiques, des logiciels et du fonctionnement des modèles du bâtiment, même sommairement. Cela permet par la suite que ces derniers soient plus compréhensifs face aux besoins des projets et plus à même d'appuyer des demandes de fonds ou des décisions par exemple. L'excellente note attribuée par les experts n'est en rien une surprise car cette action s'apparente très fortement à un facteur de succès, préalablement écarté lors du choix des facteurs pour le modèle d'assistance à l'implantation. Il

s'avère en réalité qu'il aurait tout à fait été possible d'inclure un facteur Implication de la haute direction et des décisionnaires. Cependant, l'impact sur l'utilisation à proprement parler du BIM n'était pas clair à l'époque. Après les entrevues avec les participants à l'étude, l'avis sur la question peut être inversé. Toutefois, le modèle reposant sur des liens entre facteurs et actions, la préférence est allée à conserver les six facteurs initiaux, n'ayant aucune activité à proposer pour le nouveau facteur, pour maintenir une cohérence globale.

6.3.4 Facteur d'Implication des parties prenantes extérieures

Le facteur d'implication des parties prenantes extérieures a fortement attiré l'attention des experts, avec une haute moyenne de 4,6. La multitude d'acteurs de l'industrie de la construction et les difficultés pour les faire travailler de concert sur les projets poussent les entreprises souhaitant implanter le BIM à profondément se questionner sur l'approche à adopter avec ses collaborateurs. Une initiative BIM isolée va être difficilement viable, ou tout du moins fortement moins productive qu'une démarche commune. Utiliser le BIM sans entente avec ses partenaires implique une quantité importante d'efforts à investir pour adapter la documentation provenant de l'extérieur ou s'entendre sur des modes de communication admissibles par l'ensemble des parties. Cela représente des pertes handicapant le développement du BIM, minimisant son impact et amenant vers un retour sur investissement peu intéressant voire contreproductif. Cette problématique apparaît de manière très évidente sur un plan pratique et est par conséquent extrêmement présente dans le discours des experts. Logiquement, plusieurs actions ont été parfaitement notées par l'ensemble des experts : les activités 3, 8 et 9 obtiennent un score de 5. À l'inverse, une action a été fortement discutée et remise en question par les participants, sa formulation inadaptée ayant conduit à leur incompréhension.

Une remarque importante pour la bonne lecture des actions du facteur réside tout d'abord dans la définition du terme partenaires d'affaires extérieurs. La question a été soulevée à plusieurs reprises par les experts et a posé un problème sérieux à l'un deux. Sans réflexion superflue, l'intention de cette formulation était de désigner l'ensemble des intervenants sur un projet, hormis l'entreprise utilisatrice du modèle et à l'origine du mouvement vers les projets intégrés BIM. Tout collaborateur potentiel (sous-traitant, compagnie d'architectes, de génie, etc.) peut donc être inclus dans ce terme.

Le premier volet pour ce facteur incluait des actions portant sur la sélection des partenaires d'affaires. L'évaluation de la connaissance et de l'application de la philosophie BIM au sein de leur firme et la capacité à travailler avec des plateformes collaboratives basées sur les modèles du bâtiment sont des éléments cruciaux. Ils vont ajouter un degré de complexité puisqu'il va falloir être capable de correctement gérer et intégrer les informations provenant des acteurs extérieurs au BIM, en plus de s'assurer que la communication reste effective avec ce mode de fonctionnement. Les retombées dans le cas d'une collaboration réussie sont cependant très importantes et accélèrent l'avancée des projets. La première action proposée dans le modèle se portait sur l'inclusion d'une expertise BIM comme exigence à l'entrée en affaires de l'entreprise et d'une compagnie externe. Elle est secondée par l'action 3 qui adresse plus concrètement la documentation associée au projet et son orientation BIM obligatoire. Si l'organisation affirme son intention d'employer le BIM et ne déroge pas à cette contrainte, les collaborateurs doivent savoir s'adapter au mieux et il est préférable qu'ils soient eux-mêmes proactifs dans l'utilisation du BIM plutôt que suiveurs ou contraints. L'action 3 a par ailleurs reçu une note globale de 5 et symbolise l'importance de l'implication des partenaires extérieurs. La définition du format de la documentation et des modèles rappelle par ailleurs la prépondérance de la standardisation dans un environnement BIM et le contrôle de son information. Ces considérations mènent au problème posé par l'action 2. Celle-ci parle de modification des livrables à fournir par les parties prenantes extérieures. Le terme livrable est très problématique et a fait réagir plusieurs répondants. Le langage de l'industrie de la construction et de ses projets associe fréquemment au mot livrable le rendu final au client. Celui-ci prend notamment la forme de représentation bidimensionnelle du bâtiment (des plans), ainsi que les spécifications associées à ce dernier, à sa structure, etc. Selon ce sens, il n'est actuellement pas convenable de parler de modification des livrables puisque les clients réclament toujours ce genre de support. Il est également possible d'évoquer l'aspect juridique qui ne couvre pas les modèles tridimensionnels. Il n'est pour l'instant pas pensable de fournir aux clients des modèles du bâtiment car ils représentent d'une certaine manière le savoir-faire de l'entreprise. Un travail conséquent est à abattre sur la question pour pouvoir envisager de baser les rendus des projets sur des formats BIM. Attribuer une valeur marchande aux maquettes en limitant les accès des acheteurs aux contenus peut être une piste, mais elle reste largement inexplorée. Cette remarque s'applique également à l'action 5, qui traite elle aussi de livrables. Lors de la construction du modèle d'assistance à l'implantation, ce terme a été utilisé pour mentionner la documentation amenée à

transiter entre les partenaires. Une entreprise d'architecture contractée pour produire les plans d'un bâtiment va être soumise à l'élaboration de livrables, qu'elle va ensuite transférer à la firme commanditaire du projet. Dans ce contexte, il est adéquat de supprimer l'action 2 du modèle, ou plutôt de la fusionner avec l'action 3 moyennant une modification de la formulation. L'action 5 va être également sujette à changements pour éliminer le mot livrable de son énoncé et clarifier son intention.

Le second volet du facteur s'attachait quant à lui plutôt à l'entretien de la relation avec les partenaires d'affaires. Sa moyenne est plus élevée que la moyenne du premier volet. Cela favorise l'argument de l'effort continu à fournir pour implanter le BIM, qui ne consiste pas en une simple installation. Hors du contexte de la validation des actions, cela appuie également le choix d'avoir conservé des facteurs ayant un impact sur l'implantation et l'utilisation. La première action (action 6) était une candidate prédestinée à l'obtention de la note moyenne de 5. Sa formulation est très généraliste et demande de structurer des canaux de communication fonctionnels. Cela revient quasiment à statuer une évidence dans le contexte d'un projet collaboratif impliquant de nombreux acteurs. L'action n'était pas initialement énoncée de cette manière et avait été adaptée suite à la discussion destinée à calibrer le questionnaire. Insister sur l'importance de la communication ne peut toutefois être reproché. Son aspect très généraliste et peu concret a cependant conduit à ce que l'action en question ne reçoive pas la note parfaite. Pour pallier à cela et étoffer le modèle, une version hybride de l'action entre la formulation proposée dans le questionnaire et celle écartée auparavant peut être intégrée. Il sera ainsi précisé que la communication se base sur l'état des lieux des prochains besoins d'information dans le projet de la part des deux parties, sur les formats adéquats pour ces informations, les dates impératives pour les obtenir et les motifs de ces nécessités.

L'action 7 pouvait paraître légèrement naïve en demandant d'organiser des réunions pour traiter ouvertement des problématiques liées au BIM. Elle s'est avérée très pertinente à la lumière des notes des experts (4,4) et de leurs commentaires. Ce genre de rencontres permet de partager le savoir des différents participants et de miser sur un passif commun de résolution de problèmes associés au BIM pour progresser vers une intégration plus grande. Par ailleurs, une certaine forme de veille industrielle est possible par le biais de réunions avec des concurrents, actuels ou futurs.

Finalement, les deux dernières actions ont été notées à 5/5 en moyenne. L'action 8 parle du besoin de contrôler la qualité des informations provenant de l'extérieur de l'entreprise afin de conserver avec la meilleure chance possible une plateforme BIM intègre et faisant autorité. En plus de permettre cela, il est aussi possible de déterminer à quel niveau de confiance chaque collaborateur peut être situé et de tenter de pérenniser les relations particulièrement profitables à l'entreprise. Selon un même objectif d'intégrité du BIM et de qualité de l'information, l'action 9 préconise de sensibiliser au principe d'« information stewardship », qui dit que l'information est propriété du projet et non d'individu ou d'organisation. Cette notion est fréquemment évoquée dans l'ouvrage de Smith et Tardif (2009), et paraît essentielle au fonctionnement du BIM selon ses pleines capacités. Le terme anglophone employé dans la formulation aurait pu être une cause d'incompréhension, mais les discussions avec les experts ont prouvé que ces derniers étaient bien au courant de l'enjeu qu'il cache et soucieux de ses retombées. La responsabilité envers l'information est donc commune et chacun doit prendre garde à la conserver au meilleur niveau de qualité possible, tout en apportant sa contribution au projet et donc en enrichissant les modèles du bâtiment. La cohérence de l'action est en outre supportée par le commentaire évoqué plus haut concernant le bannissement de l'attribution des responsabilités en cas d'erreur sur un modèle ou sur une pièce d'information en général. Le travail collaboratif demande une mise en commun poussée de l'information et ne peut supporter un retrait des acteurs dû à leur manque de confiance en leurs partenaires. Le principe d'« information stewardship » correspond exactement à cela. Les deux actions évoquées ci-dessus se présentent donc comme des incontournables selon les experts et ne sont pas triviales pour autant.

6.3.5 Facteur d'Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet

Le facteur d'éducation à la gestion de l'information est au milieu du classement si l'on regarde la moyenne générale obtenue. Avec un score global de 4,37, il est fortement approuvé par les experts et confirme l'impression ressentie lors de l'étude de la littérature : les problématiques de gestion de l'information et de philosophie de management de celle-ci sont prépondérantes dans un environnement BIM. Le choix précédemment motivé de créer un facteur uniquement dédié à cet enjeu se justifie donc ici par les résultats. Comme il était prévu, plusieurs actions ont été comparées avec le facteur suivant concernant l'éducation technique sur les outils du BIM, et certains rapprochements peuvent être effectués. La majeure partie des actions, cinq sur six, voient

leur score final dépasser 4, et une action reçoit la note parfaite de 5. L'action restante a en revanche fortement déçu avec une des moyennes les plus faibles de l'étude à 3,2, due notamment à deux notes 1 attribuées par les répondants. L'action ajoutée à l'issue du premier tour performe pour sa part très bien, essentiellement grâce au fait qu'elle compense les faiblesses de l'action évoquée juste avant.

Les énoncés de certaines des actions peuvent paraître prôner la vertu, comme il a été dit lors de la présentation du facteur au chapitre 4. La volonté d'insister sur cet aspect de gestion de l'information et de culture d'entreprise avait poussé à faire ce choix. L'impression initiale est confirmée avec l'action 1, qui demande d'insuffler à l'ensemble de l'entreprise la culture de la gestion de l'information orientée BIM. Cette action a obtenu la note maximale de 5/5 et n'a généré aucune hésitation chez les experts. Cela est renforcé par le caractère légèrement moins concret que la plupart des autres actions du modèle. Plus conceptuelle, la pertinence de l'action peut difficilement être remise en cause. Sa suppression du modèle pour conserver un focus très pratique pourrait être envisagée. Cependant, le défaut de cette action avait été pressenti dès son inclusion dans le modèle, avant les discussions avec les experts, et sa présence était donc due au souhait de mettre l'accent sur la problématique informationnelle. Elle était d'ailleurs placée en première place de la liste des actions car elle pouvait incarner une sorte de préambule au reste. À la lumière de la réflexion précédente, le modèle final comportera encore l'action 1.

La mise en place de procédures de vérification de la qualité des données intégrées au BIM, de l'exactitude et de la cohérence des modèles, a également été fortement appuyée par les répondants au questionnaire, avec une moyenne à 4,8, due à la présence d'un score 4 parmi un ensemble de 5 (action 2). Cette action est essentielle lors de la transition BIM et dans les premiers moments de son utilisation, puisqu'elle va assurer que les informations contenues dans le BIM permettent de travailler correctement, et donc accroître la confiance dans l'outil, afin qu'il devienne en bout de ligne une source faisant autorité dans l'entreprise. La vérification autorise également un certain contrôle sur les utilisateurs du BIM et les projeteurs, ainsi qu'un retour sur leur assimilation correcte des pratiques associées. Il est utile de rappeler pour ce point que les profils des personnes

pèsent énormément dans le travail produit par la suite et qu'un projeteur impliqué dans la transition et motivé pour adapter ses méthodes sera plus à même de produire des maquettes intégrées.⁵

L'action 3 présente selon sa formulation certaines similitudes avec l'action 1 unanimement approuvée. Elle est en effet plutôt généraliste et peu concrète. Elle a cependant été légèrement moins appuyée que son homologue 1. Par ailleurs, elle ne génère pas un consensus sur son aspect primordial comme l'action 9 du facteur d'implication des parties prenantes extérieures, traitant aussi d' « information stewardship ». Cela peut être dû à la priorité portée par les experts sur la relation avec les partenaires d'affaires plutôt que sur la philosophie interne. La structure fragmentée de l'industrie de la construction explique éventuellement la plus grande inquiétude associée aux collaborateurs et à leurs efforts pour transiter vers le BIM.

L'action 4 qui demande de prohiber l'utilisation des formats papier sera également présente dans le modèle final à la vue des notes récoltées lors des deux tours du questionnaire. Il est toutefois utile de faire une précision pour adapter quelque peu la formulation de l'action. Les livrables ont été évoqués au sein de la discussion du facteur concernant les partenaires extérieurs, et interviennent dans les débats sur l'action 4 à nouveau. En effet, les livrables ne peuvent pas être modifiés dans l'état actuel de l'industrie AIC et du développement du BIM des maquettes tridimensionnelles. Les formats 2D sont systématiquement les rendus finaux dans les projets de construction. Il est par conséquent impossible d'interdire la dégradation des données en fin de projet. La cible de l'action 4 est donc la communication en cours de projet, interne ou entre partenaires d'affaires, qui doit être basée le plus possible au sein du BIM et sur les modèles du bâtiment.

Finalement, les actions 5 et 6 sont intimement reliées et servent un même et unique objectif de formation à la gestion de l'information. Cependant, elles ont obtenu des résultats très différents, ce qui s'explique comme suit. L'action 5 demande de préparer un ensemble de formation pour les nouveaux arrivants dans l'entreprise afin de les initier à la gestion de l'information. Son faible score prend racine une fois de plus dans la dualité entreprise-projets qui existe dans les cas d'implantation du BIM. La formation à l'échelle de l'organisation n'a pas de sens selon les experts,

⁵ L'action 2 et ses enjeux seront incorporés à l'action 5 du facteur d'éducation technique. Voir la décision prise par rapport à l'action dans la prochaine sous-partie.

ou serait en tout cas réduite à très peu de principes, puisque ceux-ci varient selon les projets. Tout comme pour les standards, il est éventuellement envisageable d'éduquer à différentes manières de gérer son information pour préparer exhaustivement les membres de l'entreprise. Cependant, le cas se règle plutôt projet par projet et la formation ne peut être dispensée que dans un contexte spécifique. Le bagage concernant la gestion de l'information globale doit également être acquis auparavant lors de la formation scolaire des personnes et l'entreprise n'a normalement pas à s'impliquer sur ce point. Les répondants au questionnaire ont indiqué cette faiblesse et le manque de pertinence de l'action 5 au premier tour, ce qui a entraîné l'introduction de l'action 6, traitant de formation par projet. Logiquement, elle a été très bien évaluée et compense donc l'action 5. Pour cette raison, l'action 5 sera supprimée du modèle et l'action 6 prendra sa place, avec une formulation retravaillée.

6.3.6 Facteur d'Éducation technique

Le facteur centré sur les problématiques d'éducation technique des futurs utilisateurs du BIM est le facteur ayant généré le plus de controverses d'un point de vue des chiffres. Sa moyenne globale est la plus basse de l'étude, à 3,96. Dans l'absolu, la pertinence ne peut être remise en cause, la note étant tout de même élevée. Certaines actions, 3, 5, 6, 8 et 9, ont toutefois eu un impact significatif pour baisser la moyenne d'ensemble du facteur et seront donc examinées en détails pour comprendre les raisons de leur mauvaise performance. C'est également, de manière logique, le facteur ayant le plus d'actions remises en cause par les experts. La division des enjeux liés à la formation et l'éducation a pu avoir un impact sur la compréhension et les évaluations des experts, mais cela n'est pas la seule hypothèse et les causes probables seront examinées par la suite. En outre, une action ajoutée à l'issue du premier tour a pour la première fois été très contestée lors du second tour. Il faut à l'opposé mentionner les deux actions, 1 et 2, ayant fait l'unanimité sur leur pertinence avec des notes de 5. Les actions restantes présentent aussi un intérêt indiscutable d'après leur score.

Les actions 1, 2 et 4 sont construites sur le même principe et servent un objectif commun de détermination des besoins en compétences pour combler de manière appropriée les besoins du BIM, puis de formation pour pallier aux manques décelés. Ces trois actions ont été accueillies très positivement par les experts, les deux premières se voyant même attribuer la note maximale par l'ensemble du panel. La démarche peut être assimilée à celle décrite dans le facteur de réingénierie

des processus : modéliser des états « As Is » et « To Be » suivant l'état actuel de l'organisation et l'état souhaité. L'action 1 s'identifie à ce travail alors que l'action 2 représente le moyen de transiter d'un état à un autre. L'action 4 complémente l'action 2 en offrant une solution alternative en cas d'impossibilité de former du personnel déjà présent dans l'entreprise. La précision maintenant classique sur les deux facettes entreprise et projets peut être faite à ce stade. Les besoins proviennent naturellement des projets et du travail à y effectuer et non de l'organisation. Il est en revanche possible de former à l'échelle de l'entreprise pour pouvoir ensuite allouer ses ressources humaines à différents projets. Globalement, il est possible de considérer que projets après projets, un savoir-faire et des compétences vont être développés chez les intervenants sur ces projets qui au final deviendront flexibles et capables de s'adapter à tout environnement. La formulation des actions peut par conséquent se transformer puisque pour maximiser les chances de réussite de l'implantation BIM, la priorité pour la formation va être au sein des projets.

L'action 7 proposée par un expert lors du premier tour est également apparue pertinente aux yeux des autres répondants au second tour. Son sens a même eu l'occasion d'être élargi par leurs commentaires. Initialement, l'action conseille de privilégier les personnes ayant une compétence reconnue dans leur domaine de spécialité pour la formation aux outils BIM. Ainsi, les employés de l'entreprise ayant déjà été en contact avec un chantier et appréhendant avec certitudes les pratiques d'un domaine donné (structure, plomberie, électricité, etc.) seront plus à même de modéliser avec exactitude et précision. Ils seront également davantage susceptibles de devenir proactifs, d'anticiper les conflits sur les maquettes et de proposer des solutions. On ne parle bien entendu pas d'apprendre à des ouvriers exécutants la modélisation tridimensionnelle, mais plutôt de préférer parmi les personnes habilitées à le faire celles les plus avancées dans la connaissance des pratiques du terrain. Aucune réserve n'a été émise sur ce point de la part des experts. Pour pousser le raisonnement plus loin, ces derniers ont même conseillé d'appliquer cette règle aux formateurs, en plus des élèves. Un informaticien pur aura du mal à trouver un terrain d'entente commun avec des membres de l'entreprise pratiquant le langage technique de la construction.

Les actions restantes pour ce facteur ont subi davantage de critiques et sont débattues ci-après. Les actions 3 et 9 sont complémentaires, à l'image des actions 5 et 6 pour le facteur d'éducation à la gestion de l'information. Le même principe de formation au niveau de l'entreprise et au niveau du projet a conduit à l'ajout de l'action 9 à l'issue du premier tour pour représenter de manière plus exhaustive la situation d'une entreprise implantant le BIM. Sans surprise d'après les

commentaires faits pour le facteur portant sur la gestion de l'information, l'action 3 qui préconise de former à l'échelle de l'organisation n'a pas fait l'unanimité et sa performance s'avère médiocre. L'action 9 aurait logiquement dû imiter l'action 6 du facteur précédent et obtenir des notes élevées. Une évaluation à 1 vient cependant lourdement abaisser sa moyenne. Ce score ne sera pas considéré comme handicapant pour la raison suivante : l'expert à l'origine de celui-ci n'a pas compris pourquoi une action (action 9, facteur d'éducation technique) avait un énoncé strictement identique à une action précédemment rencontrée (action 6, facteur d'éducation à la gestion de l'information). La raison provient de la différence de compétences visées pour la formation et de la séparation originelle de l'éducation en deux facteurs.

L'action 5 souffre également de son caractère redondant, qui a été mis en lumière par une notation à 1 de la part d'un des participants au questionnaire. C'est en effet une reformulation de l'action 2 du facteur d'éducation à la gestion de l'information. Cette similitude était passée inaperçue lors de l'élaboration initiale du modèle et est notamment due aux liens étroits qu'entretiennent les deux facteurs. Il n'y a aucune raison pour conserver telles quelles ces deux actions et il est nécessaire de les regrouper. Le choix se portera plus naturellement vers la suppression de l'action du facteur précédent et la conservation de l'action 5 considérée dans ces lignes. La qualité des données contenues dans le BIM est plus directement connectée à leur création et la bonne maîtrise des outils pour modéliser convenablement la réalité, plutôt qu'à l'assimilation de la culture BIM. Cette dernière joue tout de même un rôle important, dans la tenue à jour des modèles du bâtiment par exemple. L'action 5 sera par conséquent conservée au détriment de l'action 2.

L'action 6 pouvait quant à elle à nouveau paraître naïve en proposant de récompenser la maîtrise des outils BIM. La littérature était pourtant sur une bonne piste avec la considération de cette activité puisque les experts ont dans l'ensemble reconnu qu'elle pouvait avoir un impact bénéfique. Sa primordialité est cependant loin d'être acquise comme en atteste sa moyenne de 3 peu convaincante. Une première remarque remettant en cause le bienfondé de l'action s'appuie sur l'argument de la bonne éducation des personnes clés intervenant sur le BIM. Autant les ingénieurs que les projeteurs sont capables de s'intéresser sans incitatif, sans quoi leur présence au sein d'un projet peut être fortement remise en question. Le profilage des acteurs d'un projet intervient une nouvelle fois et prouve son importance. La résistance au changement de la part de ces personnes n'est donc pas nécessairement difficile à gérer si leur sélection a été menée de manière appropriée,

comme c'est le cas en France selon l'avis d'un expert. En outre, les éventuelles récompenses ne peuvent être immédiates lors de la transition BIM, mais sont plus sensées après plusieurs années d'expérience durant lesquelles la personne a su démontrer son implication dans l'effort BIM et son investissement pour se mettre à niveau. Ces nombreux commentaires et la faible évaluation par rapport aux autres actions du modèle pousse à la suppression de l'action.

Finalement, l'ajout de l'action 8 à l'issue du premier tour s'est avéré être un échec puisqu'elle obtient la pire moyenne de l'étude, avec notamment deux scores situés à 1 et de nombreux propos péjoratifs à son égard. La création d'un rôle spécifique pour détecter les conflits sur les maquettes n'est absolument pas recommandée pour la plupart des experts. Ces derniers estiment que c'est une fonction des outils BIM et qu'une utilisation appropriée de ces derniers peut permettre de faire ce travail. En outre, responsabiliser les projeteurs par rapport à leurs maquettes offre une garantie supérieure de qualité. Un expert indique le rôle de directeur de synthèse pour effectuer cette tâche, parmi l'ensemble de ses responsabilités, et qu'un rôle dédié paraît être largement surdimensionné en termes de temps de travail. Le participant au questionnaire à l'initiative de cette action avait invoqué des bugs fréquents des logiciels de modélisation obligeant à vérifier les maquettes régulièrement. Pour autant, cet argument ne convainc pas les autres membres du panel. L'action sera donc elle aussi retirée du modèle dans sa version finale.

6.3.7 Facteur de Sélection des outils formant le BIM

Le facteur de sélection des outils se différencie des autres facteurs proposés dans le modèle d'assistance par son contenu en actions. Il n'en possède en effet que deux, et une se décline en sous-propositions. Les notes reçues par chacun des items sont globalement très bonnes et ne tombent jamais en-dessous de 4 de moyenne. Plusieurs éléments affichent un score de 5/5, alors qu'un autre a été plutôt controversé en recevant de la part d'un expert la note 1 et en générant plusieurs commentaires.

Le sens général de l'action 1 a été mal compris par les experts, qui n'ont d'ailleurs parfois pas ressenti le besoin de l'évaluer selon leur entendement comme le montrent les points d'interrogation placés dans le tableau de résultats. Cette action suggérait à l'entreprise utilisatrice du modèle de lister les outils susceptibles d'être utilisés dans le cadre d'un projet fonctionnant avec le BIM. Les participants au questionnaire ont surtout compris qu'ils devaient évaluer la pertinence des outils décrits par la suite plutôt que celle de l'action 1. Cela peut être justement dû au manque

de pertinence de cette dernière : les experts ne voyant pas l'objectif de l'action, leur interprétation s'est adaptée pour donner un sens à ce qu'ils lisaient. Il est possible d'adapter le questionnaire à leur comportement en ajustant la formulation de l'action, et en demandant simplement aux entreprises de suivre les recommandations faites pour chacun des outils pour leurs choix futurs. Il est aussi vrai que l'ensemble des outils présentés dans le questionnaire ont du sens dans un environnement BIM et sélectionner seulement une partie de ces derniers revient à accepter d'utiliser le BIM de manière bridée. La vision d'un projet d'implantation ne peut se limiter à certaines fonctionnalités et la proposition initiale peut paraître contradictoire.

Parmi les outils introduits dans le modèle, tous ont fait l'unanimité sur leur utilité et les recommandations associées, sauf un (outil 1.a.). La mention du format *Industry Foundation Classes* (IFC) a posé problème à un expert. Ce format, issu d'une initiative de la BuildingSMART Alliance, est censé pouvoir permettre le transfert de fichiers entre différents logiciels de modélisation et d'analyses BIM. Cependant, son utilisation est encore limitée et manque de robustesse. Les transferts ne fonctionnent pas systématiquement et l'intégrité des données peut être corrompue lors de la conversion en format IFC. Un expert a insisté sur ce point et sur le fait que l'usage courant de l'IFC dans la situation actuelle est inenvisageable. Cependant, comme il a été plusieurs fois répété, tendre vers un standard commun pour la communication est un impératif pour transformer l'industrie AIC et mener les projets en version intégrée sur une plateforme BIM. Même si le format n'est pas opérationnel actuellement, son adoption semble un passage obligé. Il peut tout aussi bien être question d'un autre format, comme le format JT. L'important est que le transfert puisse être facilité par une base commune. Malgré cette controverse, l'outil sera conservé dans le modèle d'assistance, mais une précision sur la recommandation sera apportée.

Finalement, une remarque plus générale peut être faite pour conclure la discussion. Le facteur a été fortement inspiré du guide d'implantation du BIM élaboré par Autodesk en 2010. La sélection des logiciels et outils allant être utilisés dans le futur environnement BIM y est fortement accentuée et placée comme une réflexion clé pour son intégration dans l'entreprise. Sans remettre en cause ce constat, il convient d'être prudent avec le document d'Autodesk, celui-ci étant évidemment partisan et rédigé dans un objectif intéressé. Les fonctions qu'évoque ce guide d'implantation sont prises en charge par les logiciels de ce fournisseur et il n'est pas étonnant de les retrouver ici. Cela ne veut toutefois pas dire que ce sont les seules imaginables. Les conseils prodigués quant aux caractéristiques spécifiques des outils sont pour leur part sensés, mais il est

possible de douter du fait qu'ils soient les priorités à considérer pour argumenter ses choix. Les notes des experts confirment le bien-fondé des recommandations et entraînent la conservation dans le modèle des éléments rattachés au facteur de sélection.

6.4 Modèle final d'assistance à l'implantation du BIM et retombées

Suite aux discussions précédentes sur les actions, de nombreuses adaptations de formulation, précisions voire suppressions ont été imaginées. Le modèle adapté suite à ces considérations est donné ci-après, dans les tableaux 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6 et 6.7. Les éléments concernant le CMM et les liens avec les facteurs de succès ne sont pas présentés ici puisqu'aucune modification ne les concerne. Leur description peut être trouvée dans le chapitre 4 et doit être prise en référence. Les actions écrites en italique sont celles ayant subi des ajustements suite aux remarques des experts.

Tableau 6.1 : Facteurs de succès dans l'état final du modèle

Facteurs de succès
1. Réingénierie des processus d'affaires et flux d'informations
2. Standardisation
3. Implication des parties prenantes extérieures
4. Education à la gestion de l'information au cours d'un projet
5. Education technique
6. Sélection des outils formant le BIM

Tableau 6.2 : Actions associées au facteur de Réingénierie des processus d'affaires et des flux d'information dans l'état final du modèle

Réingénierie des processus d'affaires et flux d'information	Actions validées
<i>1. Modéliser des états "As Is" et "To Be" à la fois des processus d'affaires et des flux d'informations et fixer les objectifs en fonction de l'analyse des écarts, à une échelle globale d'entreprise et selon les projets. Les "To Be" sont graduels et symbolisent des étapes vers l'intégration BIM.</i>	
<i>2. Dresser un bilan de la structure de l'entreprise, en incluant un organigramme si besoin, puis un état souhaité pour permettre un fonctionnement optimal du BIM.</i>	
<i>3. Identifier les profils des personnes susceptibles d'être incluses sur des projets pour déterminer les éléments les plus à même de s'impliquer et de favoriser le développement du BIM.</i>	
<i>4. Lister les différents modèles du bâtiment récurrents dans le cadre de travail souhaité avec le BIM, afin de maîtriser l'information à produire.</i>	

Tableau 6.2 : Actions associées au facteur de Réingénierie des processus d'affaires et des flux d'information dans l'état final du modèle (Suite et fin)

5. Définir un fractionnement et une répartition des maquettes et modèles selon le niveau de détail dans le WBS.
6. Analyser l'information générée au cours d'un projet afin de déterminer la part créée à l'interne et celle issue de l'extérieur. (N'a pas pour objectif d'attribuer des responsabilités en cas d'erreur.)
7. Mettre en place un suivi des hôtes successifs des modèles et données, afin de tracer l'information et d'en assurer l'intégrité et la qualité.
8. Veiller à synchroniser le plus possible les rôles dans l'entreprise avec les processus et le flux d'information.
9. Dresser un bilan des occurrences de création d'informations lors d'un projet.
10. Rationnaliser la production de données en assignant un créateur/récupérateur unique pour chacune, et ce au moment et à l'endroit les plus cohérents.
11. Veiller à ce que la création la masse d'informations recensées comme nécessaires au maintien à jour du BIM soient prévue dans les processus mis en place.
12. Veiller à ce que l'intégration des données au BIM s'effectue au moment de leur création.
Propositions supplémentaires non validées
Engager un "profiler" pour cerner les caractères et déterminer les personnes allant œuvrer positivement pour l'expansion du BIM et les impliquer sur les projets.
Dresser des bilans de compétence et établir les volontés d'évolution des personnes susceptibles de travailler sur des projets BIM.

Tableau 6.3 : Actions associées au facteur de Standardisation dans l'état final du modèle

Standardisation
Actions validées
1. Introduire l'utilisation de métadonnées pour faciliter le référencement des documents et la maîtrise des données.
2. Standardiser les manières de nommer les fichiers et documents.
3. Intégrer aux métadonnées le niveau de maturité d'un document, pour informer les participants du projet le niveau de fiabilité de celui-ci.
4. <i>Intégrer des standards de qualité par la gestion des métadonnées.</i>
5. Documenter la manière dont est structurée l'information et les nomenclatures des documents, pour clarifier l'organisation autour de l'information, à des fins de transfert et de communication notamment.
6. Organiser son information de manière arborescente afin de contrôler les accès des utilisateurs aux documents et le champ des actions pouvant être effectuées par chacun.
7. Notifier automatiquement les utilisateurs concernés par des modifications dans les différentes sections composant l'information du projet.

Tableau 6.3 : Actions associées au facteur de Standardisation dans l'état final du modèle (Suite et fin)

8. <i>Elaborer plusieurs standards correspondant aux cas de figure possibles de modélisation pour réglementer la composition et construction des modèles du bâtiment. (Détails de modélisation, propriétés des objets de modélisation, conventions, etc.)</i>
9. <i>Eliminer les informations compilées dans des documents ne pouvant être intégrés simplement aux modèles du bâtiment ou des objets de modélisation isolés ne servant pas les projets.</i>
10. <i>Effectuer un audit des réseaux informatiques et des logiciels du BIM (versions, extensions, etc.) avant le démarrage d'un projet et les calibrer adéquatement pour répondre aux besoins.</i>
11. <i>Inclure impérativement dans l'équipe administrant un projet un Administrateur Réseaux et logistique informatique, expert dans l'utilisation de la base de données paramétrique et des logiciels.</i>
12. Harmoniser et standardiser les manières de procéder et penser pour l'ensemble des projets, et ajuster par la suite pour chacun d'eux selon les exigences du client.
13. Sceller une étendue du projet clairement définie initialement et veiller à mettre en place une gestion des changements "client" scrupuleuse et réactive.
14. Impliquer l'ensemble des décisionnaires de l'organisation concernés par un projet dans les nouvelles pratiques (savoir manipuler Revit pour mieux comprendre les besoins par exemple).

Tableau 6.4 : Actions associées au facteur d'Implication des parties prenantes extérieures dans l'état final du modèle

Implication des parties prenantes extérieures
Actions validées
Sélectionner ses partenaires
1. <i>Evaluer le niveau de sensibilisation aux pratiques BIM des partenaires avant leur implication dans un projet.</i>
2. <i>Inclure comme prérequis et exigences nécessaires des compétences et une expertise BIM pour devenir un partenaire d'affaires.</i>
3. <i>Adapter le format de la documentation associée au projet, l'étendue et la précision des modèles, les analyses à effectuer avec ces derniers, pour en faire des impératifs à savoir manipuler et fournir.</i>
4. <i>Lister, dans le cadre d'un projet, les modèles allant transiter entre l'entreprise et ses partenaires d'affaires.</i>
Entretenir son réseau
5. <i>Mettre en place des procédures de contrôle de la qualité des informations provenant de l'extérieur de l'entreprise.</i>
6. <i>Sensibiliser sur le principe d' « information stewardship », à savoir que celle-ci circule à titre de propriété du projet, et doit être maintenue intègre.</i>
7. <i>Structurer des canaux de communication fonctionnels et efficaces avec les acteurs extérieurs des projets, servant à statuer régulièrement sur les besoins mutuels d'information, les formats adéquats, les dates et les motifs de la nécessité.</i>
8. <i>Inviter les partenaires à participer à des réunions formelles ou informelles sur les concepts Lean dans l'industrie du bâtiment, l'interopérabilité et la mise en application de ces principes.</i>

Tableau 6.5 : Actions associées au facteur d'Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet dans l'état final du modèle

Education à la gestion de l'information au cours d'un projet	
Actions validées	
1. Insuffler à l'ensemble de l'entreprise la culture de la gestion de l'information orientée BIM, à savoir que c'est une ressource synchronisée sur le cycle de vie d'un projet à ne pas gaspiller.	
2. Sensibiliser sur la responsabilité vis-à-vis de l'information, selon le principe d'« information stewardship » ou principe selon lequel l'information ne se possède pas, mais s'héberge le temps de l'utilisation, en gardant les maquettes intégrées.	
3. <i>Prohiber fermement la dégradation des données électroniques à des formats papier à des fins de transmission d'information. Les données doivent être adaptées au transfert électronique. Les livrables finaux du projet ne sont pas concernés, seulement les communications en cours de projet.</i>	
4. <i>Définir un package de formation pour les nouveaux arrivants en fonction des projets sur lesquels ils vont intervenir.</i>	

Tableau 6.6 : Actions associées au facteur d'Éducation technique dans l'état final du modèle

Education technique	
Actions validées	
1. <i>Lister les compétences actuelles et souhaitées pour les projets en vue d'une analyse d'écart. Ajouter le type de personnel possédant la compétence, le nombre pour chacun et le niveau de compétence moyen dans les deux cas.</i>	
2. <i>Lister les besoins de formation en fonction des projets, en précisant la compétence précise à acquérir, les personnes visées par l'apprentissage, le nombre et les heures allouées pour leur formation.</i>	
3. <i>Lister les besoins éventuels de personnel supplémentaire sur les projets, pour réaliser la transition : type de personnel, nombre actuel, nombre souhaité et dates impératives du besoin.</i>	
4. <i>Procéder à une formation systématique des nouveaux arrivants pour leur enseigner les compétences techniques nécessaires, en fonction des projets sur lesquels ils vont intervenir.</i>	
5. <i>Privilégier les personnes ayant déjà une compétence reconnue dans leur domaine de spécialité pour la formation aux outils BIM, autant pour les élèves que pour les formateurs.</i>	
6. <i>Mettre en place des procédures d'évaluation de la qualité de l'information et de leur tenue à jour afin de suivre l'acquisition des compétences et appliquer des mesures correctives si nécessaire.</i>	

Tableau 6.7 : Actions associées au facteur de Sélection des outils formant le BIM dans l'état final du modèle

Sélection	
Actions validées	
1. <i>Pour les outils suivants susceptibles d'être utilisés sur un projet, suivre les recommandations indiquées.</i>	

Tableau 6.7 : Actions associées au facteur de Sélection des outils formant le BIM dans l'état final du modèle (Suite et fin)

	1.a. Outil(s) de création de modèles : Capable(s) de créer et sortir des fichiers conformes au standard IFC (ou autre si un format facilitant le transfert de fichiers entre logiciels BIM est développé prochainement et s'avère opérationnel).
	1.b. Outil d'intégration des modèles : Capable de combiner différents fichiers de design provenant de différents logiciels.
	1.c. Outil de détection de conflit : Capable de détecter des conflits (<i>clash detection</i>) et de générer des rapports, incluant une liste des conflits appuyés par des preuves visuelles.
1.	1.d. Outil de visualisation : Capable de donner une vue d'ensemble, de zoomer, de changer d'angle, d'examiner en détails et de parcourir le modèle.
	1.e. Outil d'annotation : Permet en plus de la visualisation de consulter des données techniques sur les maquettes, telles que des mesures, et d'annoter celles-ci pour une revue future.
	1.f. Outil de séquencement 4D (visualisation temporelle) : Doit pouvoir être utilisé pour visualiser l'avancement programmé des travaux et doit pouvoir se synchroniser avec des outils de planification comme Project ou Primavera.
	1.g. Outil d'analyse des quantités unitaires : Capable d'extraire des modèles 2D et 3D les quantités pour estimation des coûts et l'approvisionnement, et doit pouvoir s'intégrer avec des programmes d'estimation de coûts.
	2. Déterminer quel genre d'analyses l'entreprise veut réaliser avec ses outils BIM et lister les logiciels/outils à se procurer en conséquence.

Cette version finale répond aux attentes fixées en début de projet, et tire en outre sa force des nombreux commentaires et propositions d'améliorations pour le modèle faits par les experts. Les données de la littérature scientifique rassemblées lors de la revue de la littérature avaient déjà subi une structuration intensive pour apparaître dans la première mouture du modèle et l'objectif de rationalisation était alors déjà quasiment atteint. La validation a permis d'écartier les informations manquant de pertinence et d'adapter celles mal appréhendées dans la littérature. Cela a également autorisé l'atteinte des quatre autres objectifs, à savoir la construction d'un modèle destiné à renseigner les professionnels sur les enjeux principaux d'une implantation BIM et à fournir des pistes pour mener ce projet, basé sur les facteurs critiques de succès et des actions concrètes.

Les enseignements tirés du modèle et de sa validation sont présentés ci-dessus et sont à l'origine des modifications apportées. De manière générale, il est intéressant de retenir les considérations des experts par rapport aux facteurs de succès. La standardisation et les relations entretenues entre les parties prenantes des projets paraissent sortir du lot et être les axes majeurs de travail pour le moment. A l'inverse, le facteur lié à la culture de gestion de l'information peut paraître bancal et fortement connecté à des questions soulevées par d'autres facteurs. Sa liaison

intrinsèque avec le facteur d'éducation technique explique en partie ce ressenti et une réorganisation des facteurs pourrait être envisageable. Cela n'a pas été pratiqué ici, d'après la volonté de conserver la logique du modèle et la cohérence des informations présentées aux experts.

Cette dernière considération amène à se questionner sur les limites et faiblesses du modèle, présentées dans la partie suivante. Cela conduit également à envisager des pistes de recherche pour améliorer le modèle, augmenter son utilité et maximiser sa pertinence en vue d'appuyer l'industrie de la construction.

6.5 Limites du modèle et pistes de recherches futures

Le modèle dans son état final vient d'être exposé et plusieurs adaptations dues aux évaluations et commentaires des experts ont été apportées. Il répond aux objectifs fixés en début de projet, à savoir principalement la rationalisation des données de la littérature sur le BIM par l'élaboration d'un modèle structuré, permettant d'appuyer concrètement les professionnels souhaitant découvrir et implanter le BIM. Le résultat proposé ci-dessus est le fruit de différentes hypothèses de travail, autant pour l'élaboration du modèle en lui-même que pour sa validation. Ainsi, il est possible de mettre en évidence diverses limites de ce projet de recherche. Ces faiblesses peuvent par suite constituer des opportunités d'extensions très pertinentes pour le modèle.

Le premier point qui peut être mis en lumière s'ancre directement dans le discours tenu lors du chapitre sur la revue de littérature et notamment la partie concernant la revue critique. Lors de cette réflexion, l'absence dans la littérature de procédures d'implantation exhaustives a été soulignée et rendue partiellement responsable des difficultés rencontrées par l'industrie pour aujourd'hui utiliser le BIM efficacement. Le manque d'études structurées sur les enjeux d'une implantation et les bonnes pratiques à appliquer pour maximiser sa réussite est effectivement susceptible d'impacter directement les professionnels qui doivent composer avec leur expérience et celles des entreprises du marché sans véritable référentiel. La description complète d'une méthodologie d'adoption du BIM serait par conséquent un apport significatif et aux retombées importantes. Le modèle d'assistance à l'implantation construit au cours de la maîtrise ne peut avoir l'ambition de répondre à ce besoin. Les actions proposées sont toutes sensées et apportent un éclairage pertinent des principaux défis d'une implantation BIM, comme les évaluations des experts ont pu le confirmer. Cependant, aucun plan de marche précis n'est associé à ces actions, avec une hiérarchisation chronologique. Le modèle ne préconise pas d'entamer telle activité en

fonction du contexte dans lequel se trouve l'entreprise et la prise de décision par rapport aux actions à effectuer et dans quel ordre est laissée à l'arbitrage des utilisateurs. Cela avait cependant été anticipé avant même la construction du modèle, comme il est expliqué dans le chapitre 4. Un apport à grand potentiel pour le modèle serait donc d'essayer d'ordonner les actions et d'en ajouter s'il faut pour pouvoir obtenir un plan de route par facteur de succès. De multiples raffinements peuvent être par la suite imaginés, comme la mise en place de liens de précédence inter-facteurs, ces derniers ayant des causes et effets nécessairement reliés entre eux. L'ajout de niveaux de priorité ou de niveaux de difficulté des actions peut également s'envisager, tout comme le recensement des principales barrières risquant de mettre en échec le bon déroulement d'une action donnée.

Pour pousser encore plus loin la réflexion, il convient de se remémorer les éléments constitutifs d'une méthodologie au sens des chercheurs, présentés en début de mémoire. Le modèle d'assistance proposé ci-dessus ne peut prétendre à répondre à l'ensemble des critères recensés précédemment. Sa cible essentielle se trouve logiquement être les activités. Cependant, peu de mentions des rôles ou des livrables sont faites dans le modèle. Il est possible de comprendre certaines implications des actions sur ces points précis, mais la structure en elle-même du modèle n'est pas adaptée pour remplir les attentes identifiées par la littérature scientifique sur les méthodologies. Une deuxième amélioration possible serait donc de réfléchir à l'inclusion progressive des dimensions non traitées actuellement par le modèle. La définition des rôles semblent notamment pouvoir apporter des informations pertinentes pour les entreprises afin de s'organiser et d'allouer de manière appropriée leurs ressources.

En outre, le choix d'avoir écarté certains facteurs de succès pour se concentrer sur les plus significatifs peut être remis en question. En effet, les discussions avec les experts ont notamment indiqué que certains enjeux du BIM n'étaient pas inclus dans le modèle. C'est par exemple le cas de l'implication nécessaire des décisionnaires dans la démarche BIM. Un modèle étendu incluant des facteurs de succès supplémentaires et donc des défis additionnels pour les entreprises implantant le BIM serait une évolution très bénéfique de ce dernier. Les pistes suivantes de facteurs favorisant la réussite du BIM en entreprise peuvent être explorées : les problématiques de gestion du changement, la définition précise d'une vision d'entreprise axée sur le BIM ou encore la prise en compte de stratégies de gestion de la connaissance (*Knowledge Management*) dans la transition.

En prenant du recul par rapport au modèle, sa validation peut également soulever quelques questions. En effet, le rapide examen des parutions sur la méthode DELPHI présenté précédemment a permis d'éclairer ses exigences pour la mettre en place dans un contexte adapté et obtenir des résultats robustes. Le nombre de répondants à l'étude et le nombre de fois où le questionnaire leur est prescrit sont des paramètres déterminants et susceptibles de fortement impacter les résultats. La variabilité des résultats est par exemple directement liée au nombre de tours de réponses. Plus celui-ci augmente, plus la probabilité d'un consensus est grande. Dans le cas de la validation du modèle d'assistance, seuls deux tours ont été effectués. Ce choix peut être discuté et paraître insuffisant. Cependant, suite aux réponses des experts et aux conclusions qu'il a été possible de tirer, les dissensus s'avèrent également profitables à la réflexion et à l'amélioration du modèle. La décision pour ce paramètre ne peut donc se fier uniquement au critère de l'obtention certaine de l'unanimité. En ce qui concerne le nombre de répondants, la littérature a confirmé que cinq participants pouvaient être suffisants si l'échantillon est homogène. Cela pousse à confirmer la validité du processus mis en place dans le cadre de cette recherche. Cependant, cinq est vraiment le chiffre minimum et un plus grand échantillon aurait permis de récolter davantage d'avis, de rassembler plus de propositions d'actions et de solidifier les scores moyens des items à évaluer. Cela constitue une faiblesse de la validation du modèle et donc du modèle en lui-même. Il est également possible d'évoquer le fait qu'il est normalement conseillé de prévoir un certain temps entre les différents tours, afin que les répondants puissent prendre du recul par rapport au questionnaire et l'aborder à nouveau avec plus d'attention. L'affichage des moyennes des notes attribuées par le panel a ainsi plus d'effet puisque les experts peuvent avoir légèrement oublié les motifs de leurs notes pour chaque item et se fier davantage aux moyennes pour décider de leurs évaluations. Dans le cas de la démarche adoptée pour le modèle d'assistance, les deux tours ont eu lieu dans un intervalle de temps plutôt court (3 semaines) qui n'a pas permis une prise de recul optimale.

Finalement, au-delà des problématiques BIM liées à l'ingénierie, d'autres questionnements sont également très pertinents pour réussir son adoption et progresser de manière générale dans l'utilisation BIM. Les enjeux de gestion humaine et de management des hommes ont déjà eu l'occasion d'être cités précédemment dans ce mémoire. Il est possible d'ajouter la dimension juridique qui constitue un réel défi pour les entreprises du secteur de la construction et les fournisseurs de logiciels actuellement et dans les prochaines années. Le domaine d'expertise

s'éloignant conséquemment des compétences de l'auteur de la maîtrise, ces enjeux n'ont pas pu être pris en compte, mais l'ajout d'un volet dédié aux problèmes juridiques serait bénéfique aux entreprises au même titre que les facteurs déjà en place.

6.6 Conclusion

Ce chapitre a permis d'analyser en profondeur les évaluations des experts ayant pris part au processus de validation du modèle d'assistance à l'implantation du BIM. En plus des scores bruts attribués par les répondants, leurs commentaires ont été d'une aide extrêmement précieuse pour comprendre certains enjeux sous-jacents aux actions et raffiner de manière générale le travail effectué pour ce projet de recherche. D'un modèle entièrement inspiré de la littérature et de ses recommandations, une version hybride avec des suggestions d'industriels experts, ancrées dans la réalité du terrain et des implantations, a pu être produite. Cette version est concluante en regard des objectifs fixés initialement au début du projet. Plusieurs limites ont toutefois pu être recensées dans la dernière partie du chapitre. Elles débouchent immanquablement sur des avenues de recherche pour optimiser la portée et la pertinence du modèle.

CONCLUSION

Le BIM, outil collaboratif prometteur pour l'industrie de la construction, a été mis en lumière par ce mémoire. Les problématiques liées à son implantation dans les entreprises ont été les sujets d'étude principaux de la recherche menée et décrite dans ces lignes. La gestion intégrée des projets sur une plateforme collaborative et le meilleur management du cycle de vie des bâtiments sont des bénéfices offerts par l'utilisation du BIM, qui passe immanquablement par son installation, sa prise en main et son adoption à tous les niveaux dans l'organisation.

L'étude de la littérature pratiquée au début du projet de recherche a révélé que les parutions sur les problématiques de l'implantation du BIM ne faisaient pas nombre et s'avéraient inaptes à les présenter, les expliquer et finalement assister les personnes et entreprises investies dans le sujet et dans des projets pour transiter vers les pratiques BIM. La question existe toutefois chez les chercheurs et est régulièrement abordée, surtout depuis quelques années, ce qui a permis de rassembler une masse de données sur celle-ci non négligeable. De ce constat ont été formulés les objectifs de recherche suivants : rationnaliser l'information récupérée au sein de la littérature et assister l'implantation à l'aide d'un modèle structuré, centré sur des facteurs critiques de succès et des actions concrètes, servant au passage le premier objectif.

La construction du modèle s'est faite par étapes et les objectifs cités ci-dessus ne sont pas tous apparus simultanément, notamment en ce qui concerne les éléments constitutifs de celui-ci. La littérature a logiquement eu une influence sur son contenu. L'intégration de la maturité du BIM dans une compagnie au modèle a permis de lui ajouter une dimension supplémentaire. Des liens entre les différents éléments ont donné un mode d'emploi précis servant un objectif clairement défini d'amélioration de la maturité, et donc de l'état d'implantation. La suite de la démarche a été la validation de ce modèle d'assistance, qui a été un élément majeur du projet de recherche, autant en termes d'investissement et de réflexion que de retombées pour le modèle et sa pertinence.

La validation a été menée selon la méthode DELPHI et a débouché à l'interrogation de cinq industriels œuvrant au quotidien pour mieux utiliser le BIM et en tirer bénéfice. Un questionnaire voué à cette tâche a été élaboré puis prescrit à chacun d'eux. Les résultats ont confirmé la pertinence du modèle, que ce soit au travers des évaluations des experts ou par le biais de leurs nombreux commentaires sur le modèle. Les remarques et suggestions n'ont en effet pas manqué et les participants au processus de validation n'ont pas hésité à apporter leur savoir et leur expérience

pour réagir sur le questionnaire. Ces retours ont par la suite été utilisés, après analyses, pour améliorer le modèle par quelques ajustements des actions, voire des suppressions ressenties comme nécessaires pour un gain de cohérence du modèle.

La version finale du modèle s'ancre donc toujours dans la littérature, mais profite en plus d'apports significatifs de la part des experts, permettant de rapprocher à l'occasion recherche et application pratique. Les objectifs du projet sont en fin de compte remplis, le modèle représentant le produit fini du travail accompli lors de la maîtrise. Les facteurs de succès et les activités associées ont été façonnés de manière à porter le plus de sens possible selon la compréhension d'un professionnel à l'orée d'une implantation. C'était le meilleur moyen pour espérer pouvoir apporter un outil viable et sensé à l'industrie AIC.

Ce point laisse par ailleurs entrevoir certaines limites du modèle, puisque pour pousser plus loin la réalisation de cet objectif, des tests auprès d'entreprises souhaitant adopter le BIM auraient pu être menés. D'autres limites liées au modèle en lui-même ou sa validation ont été soulevées en fin de mémoire, et laissent entrevoir diverses pistes pour approfondir la recherche sur le sujet et améliorer le modèle. Des extensions de ce dernier selon différents angles d'étude lui seraient profitables : la constitution d'un plan chronologique du déroulement de l'implantation au travers des actions proposées semble être un apport potentiel significatif. La prise en compte de davantage de facteurs de succès et donc de plus d'enjeux intervenant lors d'une adoption BIM est aussi une évolution à considérer pour améliorer le modèle. Sa validation peut présenter certaines failles dues aux caractéristiques de la méthode DELPHI mise en place. Un nombre de participants plus important est l'ajustement le plus pertinent susceptible d'être fait. Toutefois, la présentation du modèle à des entreprises dans le besoin vis-à-vis de leur implantation symboliserait une étape bien plus avancée dans l'étalonnage de ce modèle pour être convaincu de sa pertinence et de son applicabilité. Au-delà des problématiques d'implantation, le BIM présente bien d'autres aspects sur lesquels il est possible de réfléchir pour assister l'industrie. La dimension technologique est extrêmement vaste et les choix associés déterminants pour bénéficier complètement du BIM. Il est en outre possible de mentionner le volet juridique lié au BIM.

Le BIM reste une manière récente de mener ses projets, tranchant fortement avec les pratiques à l'œuvre précédemment et encore mal comprise par les acteurs du secteur de la construction. Certaines entreprises avant-gardistes ont vu leurs projets d'implantation être

couronnés de succès et ont su adapter leurs méthodes. Une majeure partie du marché ne peut toutefois pas revendiquer une telle réussite et lutte pour assimiler adéquatement la nature du BIM et son utilisation. La recherche scientifique est susceptible d'apporter un appui concret à l'industrie AIC et des initiatives comme celle décrite dans les pages de ce mémoire ont le potentiel pour remplir une partie de cette mission.

RÉFÉRENCES

Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., et O'Reilly, K. (2011). Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. *Automation in Construction*, 20(2), 189–195.

Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., et O'Reilly, K. (2009, October). BIM implementation for an architectural practice. Paper presented at the Managing Construction for Tomorrow International Conference, Istanbul, Turkey.

Arayici, Y., et al. (2012). Building information modelling (Bim) implementation and remote construction projects: Issues, challenges, and critiques. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 17, 75-92.

Autodesk, inc. (2010). Autodesk BIM Deployment Plan: A practical framework for implementing BIM.

Braun, C., Wortmann. F., Hafner, M. and Winter, R. (2005) Method Construction – A Core Approach to Organizational Engineering. Papier présenté à la 2005 ACM Symposium on Applied Computing, Santa Fe, New Mexico.

BuildingSMART Alliance, National BIM Standard. (2007). Chapter 4. United States National Building Information Modeling Standard: Version 1 – Part 1: Overview, Principles, and Methodologies.

Davies, R., et Harty, C. (2013). Implementing ‘Site BIM’ : A case study of ICT innovation on a large hospital project. *Automation in Construction*, 30, 15-24.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., et Liston, K. (2008). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. (Première édition). Hoboken (New Jersey): John Wiley & Sons.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., et Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. (Seconde édition). Hoboken (New Jersey): John Wiley & Sons.

Forgues, D. et Staub-French, S. (2014). L'inévitable passage à la modélisation des données du bâtiment (BIM) dans l'industrie de la construction au Canada : synthèse de trois expérimentations. Montréal, Québec : Ecole de technologie supérieure.

Françoise, O., Bourgault, M., et Pellerin, R. (2009). ERP implementation through critical success factors' management. *Business Process Management Journal*, 15(3), 371-394.

Froese, T. (2010). The impact of emerging information technology on project management for construction. *Automation in Construction*, 19(5), 531–538.

Gallaher, M.P., O'Connor, A.C., John, J., Dettbarn, L., et Gilday, L.T. (2004). Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry. Gaithersburg, MD, National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce Technology Administration.

Gu, N., et London, K. (2010). Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. *Automation in Construction*, 19(8), 988–999.

Hartmann, T., van Meerveld, H., Vossebeld, N., et Adriaanse, A. (2012). Aligning building information model tools and construction management methods. *Automation in Construction*, 22, 605-613.

Jung, Y., et Joo, M. (2010) Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. *Automation in Construction*, 20(2), 126–133.

Keeney, S., Hasson, F., McKenna, H. (2001). A critical review of the Delphi technique as a research methodology for nursing. *International journal of nursing studies*, 38, 195-200.

Kettinger, W.J., Teng, J.T.C., et Guha, S. (1997). Business Process Change: A Study of Methodologies, Techniques, and Tools. *MIS Quarterly*, 21(1), 55-80.

Khosrowshahi F., et Arayici, Y. (2012). Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(6), 610-635.

Landeta, J. (2006). Current Validity of the Delphi method in social sciences. *Technological forecasting and social change*, 73, 467-482.

Langroodi, B.P., et Staub-French, S. (2012). Change management with Building Information Models: A case study. *Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World, Proceedings of the 2012 Construction Research Congress*, 1182-1191.

Loo, R. (2002). The Delphi method: a powerful tool for stratégies management. *International journal of police stratégies and management*, 25(4), 762-769.

McCuen, T.L., Suermann, P.C., et Krogulecki, M.J. (2012). Evaluating Award-Winning BIM Projects Using the National Building Information Model Standard Capability Maturity Model. *Journal of Management in Engineering*, 28(2), 224-230.

Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., et Ustinovichius, L. (2013, 16-17 May) The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation. Papier présenté à la 11th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques, MBMST, Vilnius, Lithuania.

Modélisation des données d'un bâtiment. (s.d.) Dans *Grand dictionnaire de l'Office Québécois de la Langue française*. Repéré à http://www.granddictionnaire.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26501014

Motwani, J., Mirchandani, D., Madan, M., et Gunasekaran, A. (2002). Successful implementation of ERP projects: Evidence from two case studies. *Int. J. Production Economics*, 75(1-2), 83-96.

Motwani, J., Subramanian, R., et Gopalakrishna, P. (2005). Critical factors for successful ERP implementation: Exploratory findings from four case studies. *Computers in Industry*, 56(6), 529-544.

Ngai, E.W.T., Law, C.C.H., et Wat, F.K.T. (2008). Examining the critical success factors in the adoption of enterprise resource planning. *Computers in Industry*, 59(6), 548-564.

Rowe, G., Wright, G. (1999). The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. *International Journal of Forecasting*, 15, 353-375.

Smith, D.K., Tardif, M. (2009). Building Information Modelling: a Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors and Real Estate Asset Managers. Hoboken (New Jersey): John Wiley & Sons.

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction, 18*(3), 357–375.

Teilchoz, E. (2004). Bridging the AEC/FM Technology Gap. *IFMA Facility Management Journal, Apr/Mar 2004*.

Tsai, M., Matin, A., Kang, S., et Hsieh, S. (2013). Lessons learnt from customization of a BIM tool for a design-build company. *Journal of the Chinese Institute of Engineers, 37*(2), 189-199.

Tsai, M., Matin, A., Kang, S., Hsieh, S. (2013). Workflow re-engineering of design-build projects using a BIM tool. *Journal of the Chinese Institute of Engineers, 37*(1), 88-102.

Umble, E.J., Haft, R.R., et Umble, M.M. (2003). Enterprise resource planning: Implementation procedures and critical success factors. *European Journal of Operational Research, 146*(2), 241-257.

Windle, P. (2004). Delphi technique: assessing component need. *Journal of PeriAnesthesia Nursing, 19*(1), 46-47.

Winter, R., et Schelp, J. (2006). Reference modeling and method construction: a design science perspective. *Proceedings of the 2006 ACM Symposium of applied computing, SAC'06, ACM, Dijon, France*, 1561-1562.

Zellner, G. (2011). A structured evaluation of business process improvement approaches. *Business Process Management Journal, 17*(2), 203-237.

ANNEXES

ANNEXE A – QUESTIONNAIRE DE VALIDATION DU TOUR 1

Projet de recherche

Analyse de la maturité du Building Information Modeling et apport de solutions basées sur les Facteurs Critiques de Succès

Questionnaire sur la pertinence des facteurs de succès et des actions proposées en vue de la validation du modèle

Nous vous invitons aujourd’hui à participer à une étude sur les projets d’implantation des outils de type *Building Information Modeling* et l’utilisation de ces derniers qui en découle. En intégrant ce projet, vous contribuez, de par votre expérience et votre expertise dans ce domaine, à l’élaboration et la validation d’un modèle d’assistance à l’implantation et l’utilisation du BIM destiné aux professionnels du secteur.

L’enquête vise à évaluer la pertinence des facteurs de succès et des actions proposés, à les corriger éventuellement et *in fine* à les valider. Dans ce cadre, nous avons construit un questionnaire amené à répondre aux besoins cités précédemment. Nous nous appuyons sur la méthode *DELPHI* pour obtenir nos résultats, et le questionnaire se décompose par conséquent en deux parties. Vous disposez aujourd’hui du premier volet du questionnaire. Après l’avoir complété, nous analyserons et compilerons les résultats de l’ensemble des répondants et vous demanderons de remplir une seconde fois ce dernier, avec possibilité de changer les avis donnés préalablement. Au total, votre participation aux deux questionnaires ne devrait pas demander plus d’une heure de votre temps.

Toutes les informations fournies seront traitées avec la plus stricte confidentialité. Ces informations seront utilisées à des fins de recherche seulement et aucun renseignement nominatif ne sera publié. Si vous avez des préoccupations particulières relatives à la confidentialité de l’étude, n’hésitez pas à nous en faire part.

Ce projet de recherche est réalisé par Romain Morlhon, étudiant à la maîtrise à l’École Polytechnique de Montréal, sous la direction de Robert Pellerin et Mario Bourgault. Nous sommes à votre disposition pour toutes questions relatives au questionnaire ou au projet dans son ensemble. Vous pouvez vous adresser à Romain Morlhon par courriel à romain.morlhon@polymtl.ca.

Nous tenons à vous remercier chaleureusement pour le temps que vous nous accordez et les réponses que vous pourrez nous fournir. Elles seront d’une grande aide dans la conduite à bien du projet de recherche et par conséquent très appréciées.

Présentation du projet

Constatant le faible nombre d'études théoriques sur les projets d'implantation du *Building Information Modeling*, la recherche s'articule autour de cette problématique et vise à proposer un modèle d'assistance pour ce genre de projet. Il s'agit par conséquent de considérer la maturité de l'implantation et de l'utilisation du BIM, problématique prépondérante puisqu'un défi indiscutable des entreprises actuelles est de l'employer au maximum de ses possibilités et de l'intégrer complètement dans les processus d'affaires à l'œuvre.

Nous avons relevé, au cours de notre étude, différents paramètres influençant la réussite des projets d'implantation du BIM. Ces derniers sont appelés « facteurs critiques de succès ». Nous avons par la suite décidé de concentrer la recherche sur les facteurs ayant en plus un impact sur l'utilisation courante du BIM après son implantation, et obtenons de cette manière six facteurs.

1. Réingénierie des processus d'affaires et flux d'informations
2. Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie
3. Implication des parties prenantes extérieures
4. Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet
5. Éducation technique
6. Sélection des outils formant le BIM

Figure 1 : Facteurs de succès considérés

Pour chaque facteur de succès (FS1, FS2, ...), des actions concrètes à mener dans l'organisation sont associées. Ces initiatives sont justifiées par les recommandations faites au cours de différentes études de cas d'implantation du BIM réalisées dans le monde, ainsi que les suggestions d'auteurs experts sur le sujet.

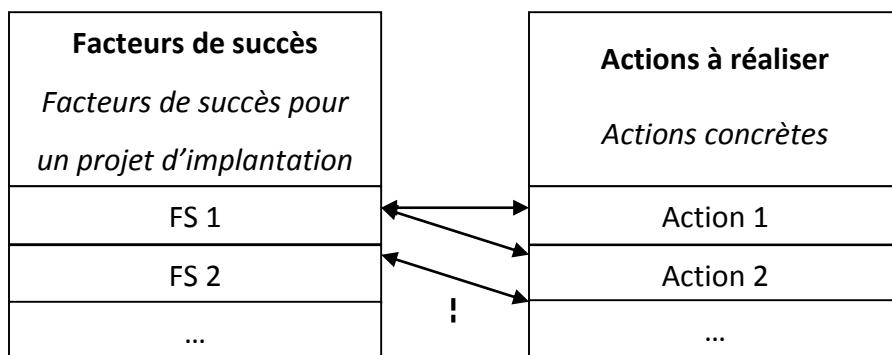


Figure 2 : Relations entre les différentes entités du modèle

Par notre étude, nous désirons donc mettre en place une liste d'actions associées à des facteurs de succès, maximisant la maîtrise de ces derniers, afin d'éventuellement assister des gestionnaires de projet dans la conduite de leur mission d'implantation et d'utilisation du BIM.

Déroulement de l'étude

En acceptant de répondre à ce questionnaire, vous intégrez notre panel d'experts en gestion de projets BIM. Votre tâche consiste à évaluer la pertinence, en termes des bénéfices engendrés par leur réalisation, d'une série d'actions concrètes correspondantes chacune à un facteur de succès donné.

Les actions proposées dans le questionnaire ne représentent pas nécessairement des standards approuvés par l'industrie, mais sont des propositions faites à partir de l'étude de la littérature et notamment différentes études de cas d'implantation du BIM. Par conséquent, aucune bonne réponse n'est attendue, seulement une évaluation selon votre expérience de la pertinence et de l'utilité d'une action donnée. Par ailleurs, les actions présentées ne se veulent pas être un plan de marche exhaustif, mais une série de leviers susceptibles d'être activés, suivant la situation particulière de l'entreprise.

L'échelle d'évaluation proposée comporte 5 points d'ancrage. La note « 1 » est attribuée à une action ne présentant pas d'intérêt et aucun effet avantageux pour le domaine auquel elle est associée. À l'opposé, la note « 5 » caractérise une action indispensable et à exécuter en priorité dans l'optique d'augmenter sa maîtrise du facteur de succès concerné. Les notes intermédiaires définissent une augmentation graduelle de la pertinence entre 2 et 4.

Les actions présentées dans ces documents sont résumées afin de ne pas alourdir les questionnaires. L'ensemble des raisons et des effets recherchés pour une action pourront être consultés dans le mémoire associé à la recherche. En outre, les descriptions des facteurs de succès ainsi que les actions associées se concentrent principalement sur les aspects plus spécifiques au BIM.

Pour chaque facteur de succès, n'hésitez pas à ajouter toute action ou commentaire d'ordre plus général que vous estimeriez pertinent.

Le questionnaire se trouve dans le fichier Excel joint à ce document. Afin de mener à bien la compléTION de ce dernier, veuillez passer en revue chacun des feuillets présents et indiquer vos évaluations par des « x » dans les cases prévues à cet effet. Vos commentaires peuvent par la suite être inscrits au bas de chaque feuillet.

Dans l'éventualité où le modèle ou une partie de ce dernier vous intéresserait, ce dernier se trouve être entièrement disponible sur demande.

Comme décrit précédemment, une fois le formulaire rempli par le panel de répondants dont nous disposons, nous compilerons et analyserons les résultats et vous communiquerons les conclusions issues de cette étape initiale. Vous serez alors invité à remplir de nouveau le questionnaire avec la possibilité de modifier vos réponses en fonction des informations provenant du premier tour que nous vous aurons transmises. Cette méthode permet d'obtenir des résultats plus fiables et de dégager des consensus quant à l'évaluation.

Début du questionnaire

Nom:	
Organisation:	
Courriel:	

Quel poste occupez vous dans votre organisation?

Quelle expérience possédez vous avec le BIM? Sur combien de projets employant cet outil avez-vous été directement impliqué?

Vous pouvez désormais débuter le questionnaire. Laissez vous guider au travers des différents feuillets et indiquez vos évaluations de la pertinence des Facteurs de Succès et des actions proposées.

Une fois le questionnaire complété, vous pouvez directement l'envoyer à
romain.morlhon@polymtl.ca. Nous vous remercions grandement de votre participation.

[Débuter le questionnaire](#)

Descriptions des facteurs critiques de succès

Ces pages regroupent les descriptions de chacun des facteurs critiques de succès proposés dans le cas de l'implantation d'un outil ou d'outils de type BIM dans une entreprise. Ces informations vous seront utiles pour les évaluations qui suivent.

1. Réingénierie des processus d'affaires et flux d'informations : Ce facteur de succès concerne le travail effectué pour réinventer les pratiques et les manières de procéder dans l'organisation afin de les adapter au mieux au cadre et aux besoins du BIM, pour atteindre les objectifs fixés. Dans le cas d'une implantation BIM, une attention accrue est portée à la gestion de l'information par le biais des processus et à l'intégration du flux d'information au flux de travail. De nombreuses problématiques amenées par l'introduction du BIM, comme la nécessité de tracer les données, peuvent et se doivent d'être traitées grâce à la réingénierie des processus.

2. Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie : Ce FCS caractérise les efforts pour maîtriser l'information produite au cours d'un projet par le biais de la standardisation, et la volonté de se mettre en accord avec les pratiques reconnues des professionnels du secteur travaillant avec le BIM. Dans une industrie très morcelée, la convergence vers une base de standards commune semble être un impératif pour un environnement collaboratif opérationnel, et la première étape se situe dans la standardisation des pratiques et de l'information à l'interne.

3. Implication des parties prenantes extérieures : Un défi majeur pour tirer pleinement partie des bénéfices du BIM est l'intégration aux bonnes pratiques liées à ce genre d'outils et la collaboration de chaque intervenant indépendant de l'entreprise implantant le BIM, et cela afin d'éviter tout gaspillage. L'industrie de la construction étant constituée de nombreux acteurs aux rôles complémentaires, il s'avère difficile de mener une politique de transformation BIM de manière isolée.

4. Education de la gestion de l'information au cours d'un projet : Ce FCS concerne la sensibilisation et l'éducation de l'ensemble des membres de l'entreprise aux problématiques cruciales de gestion de l'information que l'implantation du BIM soulève. Celles-ci prennent notamment la forme des manières de considérer l'information, de la traiter, de la gérer et de l'utiliser.

5. Education technique : Ce facteur de succès prend en compte la formation fournie aux employés amenés à travailler avec le BIM, sur les outils composant ce dernier, et les manières de procéder effectivement avec les nouvelles pratiques imaginées en adaptant les processus d'affaires de l'organisation.

6. Sélection des outils formant le BIM : La sélection précise et éclairée du ou des outil(s) composant l'ensemble qui constituera le BIM dans l'entreprise est déterminante pour la réussite du projet. L'outil doit répondre aux besoins et aux objectifs de l'organisation, être fiable et doit pouvoir s'adapter le mieux possible aux usages de celle-ci.

Pertinence des facteurs critiques de succès

Ce questionnaire vise à établir, selon votre expérience, la pertinence des facteurs critiques de succès proposés pour le cas d'une implantation du Building Information Modeling dans une organisation. La description détaillée de chaque FCS est donnée à la page précédente.

6 Facteurs critiques de succès	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
	1	2	3	4	5
1. Réingénierie des processus d'affaires et flux d'informations					
2. Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie					
3. Implication des parties prenantes extérieures					
4. Education à la gestion de l'information au cours d'un projet					
5. Education technique					
6. Sélection des outils formant le BIM					

D'après votre expérience, imaginez vous d'autres facteurs ayant un impact conséquent sur la réussite ou l'échec d'un projet d'implantation du BIM, et entraînant par la suite une utilisation plus éclairée et plus efficiente de ce genre d'outil?

Feuillet précédent

Feuillet suivant

Réingénierie des processus et flux d'information

Facteur no.1 :

Description du FCS : Ce FCS concerne le travail effectué pour réinventer les pratiques et les manières de procéder dans l'organisation afin de les adapter au mieux au cadre et aux besoins du BIM.

11 actions proposées pour ce facteur	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
	1	2	3	4	5
1. Modéliser des états "As Is" et "To Be" à la fois des processus d'affaires et des flux d'informations et fixer les objectifs en fonction de l'analyse des écarts.					
2. Dresser un bilan de la structure de l'entreprise, en incluant un organigramme si besoin, puis un état souhaité pour permettre un fonctionnement optimal du BIM.					
3. Lister les différents modèles du bâtiment récurrents dans le cadre de travail souhaité avec le BIM, afin de maîtriser l'information à produire.					
4. Définir un fractionnement et une répartition des maquettes et modèles selon le niveau de détail dans le WBS.					
5. Analyser l'information générée au cours d'un projet afin de déterminer la part créée à l'interne et celle issue de l'extérieur.					
6. Dresser un bilan des occurrences de création d'informations lors d'un projet.					
7. Rationnaliser la production de données en assignant un créateur/récupérateur unique pour chacune, et ce au moment et à l'endroit les plus cohérents.					
8. Veiller à ce que la création la masse d'informations recensées comme nécessaires au maintien à jour du BIM soient prévue dans les processus mis en place.					
9. Veiller à ce que l'intégration des données au BIM s'effectue au moment de leur création.					
10. Mettre en place un suivi des hôtes successifs des modèles et données, afin de tracer l'information et d'en assurer l'intégrité et la qualité.					
11. Veiller à synchroniser le plus possible les rôles dans l'entreprise avec les processus et le flux d'information.					

D'après votre expérience, voyez-vous, pour le FCS évoqué ci-dessus, d'autres enjeux à considérer et/ou d'autres actions à mener favorisant l'implantation et l'utilisation du BIM?

[Feuillet suivant](#)

[Feuillet suivant](#)

Facteur no.2 :

Standardisation

Description du FCS : Ce FCS caractérise les efforts pour maîtriser l'information produite au cours d'un projet par le biais de la standardisation, et la volonté de se mettre en accord avec les pratiques reconnues des professionnels du secteur travaillant avec le BIM.

9 actions proposées pour ce facteur					
	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
	1	2	3	4	5
1. Introduire l'utilisation de métadonnées pour faciliter le référencement des documents et la maîtrise des données.					
2. Standardiser les manières de nommer les fichiers et documents.					
3. Intégrer aux métadonnées le niveau de maturité d'un document, pour informer les participants du projet le niveau de fiabilité de celui-ci.					
4. Intégrer des standards de qualité par la gestion scrupuleuse des métadonnées.					
5. Documenter la manière dont est structurée l'information et les nomenclatures des documents, pour clarifier l'organisation autour de l'information, à des fins de transfert et de communication notamment.					
6. Organiser son information de manière arborescente afin de contrôler les accès des utilisateurs aux documents et le champ des actions pouvant être effectuées par chacun.					
7. Notifier automatiquement les utilisateurs concernés par des modifications dans les différentes sections composant l'information du projet.					
8. Réglementer la composition et construction des modèles du bâtiment. (Détails de modélisation, propriétés des objets de modélisation, conventions, etc.)					
9. Eliminer les informations compilées dans des documents ne pouvant être intégrés simplement aux modèles du bâtiment, comme les fichiers texte, et préférer des spreadsheets.					

D'après votre expérience, voyez-vous, pour le FCS évoqué ci-dessus, d'autres enjeux à considérer et/ou d'autres actions à mener favorisant l'implantation et l'utilisation du BIM?

Feuillet précédent

Feuillet suivant

Facteur no.3 :

Implication des parties prenantes extérieures

Description du FCS : Ce FCS décrit la manière et les méthodes employées pour associer les partenaires d'affaires à la démarche BIM de l'entreprise et pour favoriser la collaboration.

9 actions proposées pour ce facteur	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
	1	2	3	4	5
<u>Sélectionner ses partenaires</u>					
1. <i>Inclure comme prérequis et exigences nécessaires des compétences et une expertise BIM pour devenir un partenaire d'affaires.</i>					
2. <i>Modifier les livrables à rendre par les parties prenantes extérieures au projet afin d'orienter le travail selon des pratiques BIM.</i>					
3. <i>Définir le format de la documentation associée au projet, l'étendue et la précision des modèles, les analyses devant être effectuées à partir des modèles, pour en faire des impératifs à savoir fournir.</i>					
4. <i>Evaluer le niveau de sensibilisation aux pratiques BIM des partenaires avant leur implication dans un projet.</i>					
5. <i>Lister les modèles allant être intégrés comme livrables à des contrats décernés à des parties prenantes externes.</i>					

<u>Entretenir son réseau</u>					
6. Structurer des canaux de communication fonctionnels et efficaces avec les acteurs extérieurs des projets.					
7. Inviter les partenaires à participer à des réunions formelles ou informelles sur les concepts lean dans l'industrie du bâtiment, l'interopérabilité et la mise en application de ces principes.					
8. Mettre en place des procédures de contrôle de la qualité des informations provenant de l'extérieur de l'entreprise.					
9. Sensibiliser sur le principe d'« information stewardship », à savoir que celle-ci circule à titre de propriété du projet, et doit être maintenue intacte.					

D'après votre expérience, voyez-vous, pour le FCS évoqué ci-dessus, d'autres enjeux à considérer et/ou d'autres actions à mener favorisant l'implantation et l'utilisation du BIM?

[Feuillet précédent](#)

[Feuillet suivant](#)

Facteur no.4 :

Education à la gestion de l'information

Description du FCS : Ce FCS concerne la sensibilisation et l'éducation des membres de l'entreprise aux problématiques de gestion de l'information que l'implantation du BIM soulève.

5 actions proposées pour ce facteur	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
	1	2	3	4	5
1. Insuffler à l'ensemble de l'entreprise la culture de la gestion de l'information orientée BIM, à savoir que c'est une ressource synchronisée sur le cycle de vie d'un projet à ne pas gaspiller.					
2. Mettre en place des procédures de vérification de la qualité des données et de leur tenue à jour.					
3. Sensibiliser sur la responsabilité vis-à-vis de l'information, selon le principe d'« information stewardship » ou principe selon lequel l'information ne se possède pas mais s'héberge le temps de l'utilisation, en gardant les maquettes intégrées.					
4. Prohiber fermement la dégradation des données électroniques à des formats papier à des fins de transmission d'information. Les données doivent être adaptées au transfert électronique					
5. Définir un package d'accueil des nouveaux arrivants pour leur enseigner les principes de gestion de l'information.					

D'après votre expérience, voyez-vous, pour le FCS évoqué ci-dessus, d'autres enjeux à considérer et/ou d'autres actions à mener favorisant l'implantation et l'utilisation du BIM?

Feuillet précédent

Feuillet suivant

Facteur no.5 :

Education technique

Description du CSF : Ce facteur de succès prend en compte la formation fournie aux employés amenés à travailler avec le BIM, sur les outils composant ce dernier, et les nouvelles manières de procéder.

6 actions proposées pour ce facteur	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
	1	2	3	4	5
1. Lister les compétences actuelles et souhaitées dans l'organisation en vue d'une analyse d'écart. Ajouter le type de personnel possédant la compétence, le nombre pour chacun et le niveau de compétence moyen dans les deux cas.					
2. Lister les besoins de formation, en précisant la compétence précise à acquérir, les personnes visées par l'apprentissage, le nombre et les heures allouées pour leur formation.					
3. Procéder à une formation systématique des nouveaux arrivants dans l'entreprise afin de leur enseigner les compétences techniques nécessaires.					
4. Lister les besoins éventuels de personnel supplémentaire pour réaliser la transition : type de personnel, nombre actuel, nombre souhaité et dates impératives du besoin.					
5. Mettre en place des procédures d'évaluation de la qualité de l'information afin de suivre l'évolution de la masse informationnelle et l'acquisition de la philosophie BIM parmi les employés de l'entreprise, et appliquer des mesures correctives si nécessaire.					
6. Motiver l'apprentissage des outils BIM et leur bonne maîtrise par un système de récompenses (incentives).					

D'après votre expérience, voyez-vous, pour le CSF évoqué ci-dessus, d'autres enjeux à considérer et/ou d'autres actions à mener favorisant l'implantation et l'utilisation du BIM?

[Feuillet précédent](#)
[Feuillet suivant](#)

Facteur no.6 :

Sélection des outils

Description du FCS : Ce facteur correspond au besoin de sélection adéquate du ou des outil(s) allant constituer la plateforme BIM mise en place par l'entreprise. La sélection doit être effectuée en connaissance de cause pour permettre la bonne réalisation du

2 actions proposées pour ce facteur	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
	1	2	3	4	5
1. <i>Lister les logiciels et outils allant être utilisés, et ce pour quelles fonctions précises, ainsi que leur version. Pour différentes fonction potentielles d'un BIM, des recommandations sont données ci-après. *</i>					
1.	1.a. <i>Outil(s) de création de modèles : Capable(s) de créer et sortir des fichiers conformes au standard IFC et/ou JT.</i>				
	1.b. <i>Outil d'intégration des modèles : Capable de combiner différents fichiers de design provenant de différents logiciels.</i>				
	1.c. <i>Outil de détection de conflit : Capable de détecter des conflits (clash detection) et de générer des rapports, incluant une liste des conflits appuyés par des preuves visuelles.</i>				
	1.d. <i>Outil de visualisation : Capable de donner une vue d'ensemble, de zoomer, de changer d'angle, d'examiner en détails et de parcourir le modèle.</i>				
	1.e. <i>Outil d'annotation : Permet en plus de la visualisation de consulter des données techniques sur les maquettes, telles que des mesures, et d'annoter celles-ci pour une revue future.</i>				
	1.f. <i>Outil de séquencement 4D (visualisation temporelle) : Doit pouvoir être utilisé pour visualiser l'avancement programmé des travaux et doit pouvoir se synchroniser avec des outils de planification comme Project ou Primavera.</i>				
	1.g. <i>Outil d'analyse des quantités unitaires : Capable d'extraire des modèles 2D et 3D les quantités pour estimation des coûts et l'approvisionnement, et doit pouvoir s'intégrer avec des programmes d'estimation de coûts.</i>				
2. <i>Déterminer quel genre d'analyses l'entreprise veut réaliser avec ses outils BIM et lister les logiciels/outils à se procurer en conséquence.</i>					

**Dans ce cas, donnez selon votre expérience votre évaluation de la pertinence des recommandations.*

D'après votre expérience, voyez-vous, pour le FCS évoqué ci-dessus, d'autres enjeux à considérer et/ou d'autres actions à mener favorisant l'implantation et l'utilisation du BIM?

Fin du questionnaire, merci de votre participation.

Feuillet précédent

ANNEXE B – QUESTIONNAIRE DE VALIDATION DU TOUR 2

Projet de recherche

Analyse de la maturité du Building Information Modeling et apport de solutions basées sur les Facteurs Critiques de Succès

Questionnaire sur la pertinence des facteurs de succès et des actions proposées en vue de la validation du modèle

Ronde 2

Vous avez rempli le premier volet de notre questionnaire visant à valider les facteurs critiques de succès et les actions associées inclus dans le modèle d'assistance à l'implantation développé.

L'ensemble des réponses apportées par le panel de cinq experts BIM dont vous faites partie ont été compilées et retranscrites dans le questionnaire pour cette seconde ronde de réponses. Les résultats de la première vague apparaissent en tant que moyenne des réponses pour chaque item évalué, ou en tant que nouvelles actions dans le cas où des propositions aient été faites. Vous pouvez ainsi évaluer de nouveau les objets du premier questionnaire en tenant compte des scores moyens, et déterminer la pertinence des actions ayant pris place dans notre liste suite à des suggestions.

Comme précédemment, toutes les informations fournies seront traitées avec la plus stricte confidentialité. Ces informations seront utilisées à des fins de recherche seulement et aucun renseignement nominatif ne sera publié. Si vous avez des préoccupations particulières relatives à la confidentialité de l'étude, n'hésitez pas à nous en faire part.

Ce projet de recherche est réalisé par Romain Morlhon, étudiant à la maîtrise à l'Ecole Polytechnique de Montréal, sous la direction de Robert Pellerin et Mario Bourgault. Nous sommes à votre disposition pour toutes questions relatives au questionnaire ou au projet dans son ensemble. Vous pouvez vous adresser à Romain Morlhon par mail à romain.morlhon@polymtl.ca.

Nous tenons une nouvelle fois à vous remercier chaleureusement pour le temps que vous nous accordez et les réponses que vous pourrez nous fournir. Une fois les données finales reçues et analysées, vous recevrez un rapport de synthèse de l'étude.

Rappel sur le projet

Constatant le faible nombre d'études théoriques sur les projets d'implantation du *Building Information Modeling*, la recherche s'articule autour de cette problématique et vise à proposer un modèle d'assistance pour ce genre de projet. Il s'agit par conséquent de considérer la maturité de l'implantation et de l'utilisation du BIM, problématique prépondérante puisqu'un défi indiscutable des entreprises actuelles est de l'employer au maximum de ses possibilités et de l'intégrer complètement dans les processus d'affaires à l'œuvre.

Nous avons relevé, au cours de notre étude, différents paramètres influençant la réussite des projets d'implantation du BIM. Ces derniers sont appelés « facteurs critiques de succès ». Nous avons par la suite décidé de concentrer la recherche sur les facteurs ayant en plus un impact sur l'utilisation courante du BIM après son implantation, et obtenons de cette manière six facteurs.

1. Réingénierie des processus d'affaires et flux d'informations
2. Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie
3. Implication des parties prenantes extérieures
4. Éducation à la gestion de l'information au cours d'un projet
5. Éducation technique
6. Sélection des outils formant le BIM

Figure 1 : Facteurs de succès considérés

Pour chaque facteur de succès (FS1, FS2, ...), des actions concrètes à mener dans l'organisation sont associées. Ces initiatives sont justifiées par les recommandations faites au cours de différentes études de cas d'implantation du BIM réalisées dans le monde, ainsi que les suggestions d'auteurs experts sur le sujet.

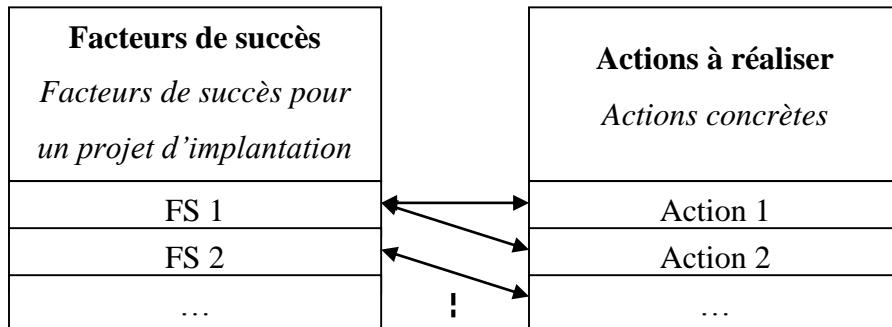


Figure 2 : Relations entre les différentes entités du modèle

Par notre étude, nous désirons donc mettre en place une liste d'actions associées à des facteurs de succès, maximisant la maîtrise de ces derniers, afin d'éventuellement assister des gestionnaires de projet dans la conduite de leur mission d'implantation et d'utilisation du BIM.

Déroulement de l'étude – Ronde 2

Cette version du questionnaire vous demande à nouveau d'évaluer dans un premier temps la pertinence des facteurs de succès proposés pour le modèle, puis de passer au travers de chacun d'eux afin d'évaluer les actions qui leurs sont associées. Pour ce faire, vous pouvez soit conserver votre première notation, soit décider d'ajuster celle-ci en fonction des résultats moyens et de votre réflexion par rapport à ceux-ci. Les scores que vous avez attribués lors de la première vague ainsi que la moyenne des notes sont systématiquement indiqués à côté de l'objet que vous évaluez, comme présenté dans l'exemple ci-dessous. Un nouvel espace a été prévu pour la ronde 2.

Votre note ronde 1		
		X
Moyenne ronde 1		4,1
Votre note ronde 2		

1. Modéliser des états "As Is" et "To Be" à la fois des processus d'affaires et des flux d'informations et fixer les objectifs en fonction de l'analyse des écarts.

En *Figure 3 : Extrait du questionnaire pour la seconde ronde* plus de ce nouvel examen des éléments de la première ronde, de nouvelles actions proposées par les experts ont été ajoutées, à la suite des tableaux initiaux. Vous êtes par conséquent invités à les évaluer à leur tour, y compris les actions que vous auriez vous-même suggérées.

Vous pouvez également réagir et commenter sur tout sujet attenant aux facteurs et actions, nouvelles ou anciennes, vous paraissant d'intérêt. Toutefois, la seconde ronde n'a pas pour objectif d'inclure de nouveaux éléments, les propositions d'ajout seront donc considérées mais non formellement intégrées au modèle.

A nouveau, le questionnaire se trouve dans le fichier Excel joint à ce document. Afin de mener à bien la compléTION de ce dernier, veuillez passer en revue chacun des feuillets présents et indiquer vos évaluations par des « x » dans les cases prévues à cet effet. Pour rappel, l'échelle d'évaluation proposée comporte 5 points d'ancrage. La note « 1 » est attribuée à une action ne présentant pas d'intérêt et aucun effet avantageux pour le domaine auquel elle est associée. À l'opposé, la note « 5 » caractérise une action indispensable et à exécuter en priorité dans l'optique d'augmenter sa maîtrise du facteur de succès concerné. Les notes intermédiaires définissent une augmentation graduelle de la pertinence entre 2 et 4.

Vous recevrez à l'issue de l'étude un rapport de synthèse comprenant les résultats finaux. L'appui fourni pour la réalisation de la Maîtrise est grandement apprécié et nous vous adressons une nouvelle fois nos remerciements.

Début du questionnaire - Ronde 2

Nom:

Vous pouvez désormais débuter le questionnaire. Laissez vous guider au travers des différents feuillets et indiquez vos évaluations de la pertinence des Facteurs de Succès et des actions proposées.

Une fois le questionnaire complété, vous pouvez directement l'envoyer à romain.morlhon@polymtl.ca. Nous vous remercions grandement de votre participation.

[Débuter le questionnaire](#)

Descriptions des facteurs critiques de succès

Ces pages regroupent les descriptions de chacun des facteurs critiques de succès proposés dans le cas de l'implantation d'un outil ou d'outils de type BIM dans une entreprise. Ces informations vous seront utiles pour les évaluations qui suivent.

1. Réingénierie des processus d'affaires et flux d'informations : Ce facteur de succès concerne le travail effectué pour réinventer les pratiques et les manières de procéder dans l'organisation afin de les adapter au mieux au cadre et aux besoins du BIM, pour atteindre les objectifs fixés. Dans le cas d'une implantation BIM, une attention accrue est portée à la gestion de l'information par le biais des processus et à l'intégration du flux d'information au flux de travail. De nombreuses problématiques amenées par l'introduction du BIM, comme la nécessité de tracer les données, peuvent et se doivent d'être traitées grâce à la réingénierie des processus.

2. Standardisation et adaptation aux standards de l'industrie : Ce FCS caractérise les efforts pour maîtriser l'information produite au cours d'un projet par le biais de la standardisation, et la volonté de se mettre en accord avec les pratiques reconnues des professionnels du secteur travaillant avec le BIM. Dans une industrie très morcelée, la convergence vers une base de standards commune semble être un impératif pour un environnement collaboratif opérationnel, et la première étape se situe dans la standardisation des pratiques et de l'information à l'interne.

3. Implication des parties prenantes extérieures : Un défi majeur pour tirer pleinement partie des bénéfices du BIM est l'intégration aux bonnes pratiques liées à ce genre d'outils et la collaboration de chaque intervenant indépendant de l'entreprise implantant le BIM, et cela afin d'éviter tout gaspillage. L'industrie de la construction étant constituée de nombreux acteurs aux rôles complémentaires, il s'avère difficile de mener une politique de transformation BIM de manière isolée.

4. Education de la gestion de l'information au cours d'un projet : Ce FCS concerne la sensibilisation et l'éducation de l'ensemble des membres de l'entreprise aux problématiques cruciales de gestion de l'information que l'implantation du BIM soulève. Celles-ci prennent notamment la forme des manières de considérer l'information, de la traiter, de la gérer et de l'utiliser.

5. Education technique : Ce facteur de succès prend en compte la formation fournie aux employés amenés à travailler avec le BIM, sur les outils composant ce dernier, et les manières de procéder effectivement avec les nouvelles pratiques imaginées en adaptant les processus d'affaires de l'organisation.

6. Sélection des outils formant le BIM : La sélection précise et éclairée du ou des outil(s) composant l'ensemble qui constituera le BIM dans l'entreprise est déterminante pour la réussite du projet. L'outil doit répondre aux besoins et aux objectifs de l'organisation, être fiable et doit pouvoir s'adapter le mieux possible aux usages de celle-ci.

Pertinence des facteurs critiques de succès

Ce questionnaire vise à établir, selon votre expérience, la pertinence des facteurs critiques de succès proposés pour le cas d'une implantation du Building Information Modeling dans une organisation. La description détaillée de chaque FCS est donnée à la page précédente.

6 Facteurs critiques de succès	1=aucun intérêt								
	5=primordial								
	1	2	3	4	5				
Votre note ronde 1									
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>					x				
Moyenne ronde 1	4,4								
Votre note ronde 2									
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>									
Votre note ronde 1									
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>									
Moyenne ronde 1	4,8								
Votre note ronde 2									
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>									
Votre note ronde 1									
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>									
Moyenne ronde 1	5								
Votre note ronde 2									
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>									
Votre note ronde 1									
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>									
Moyenne ronde 1	4,6								
Votre note ronde 2									
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>									

<i>5. Education technique</i>	Votre note ronde 1			
Moyenne ronde 1				4,8
<i>6. Sélection des outils formant le BIM</i>	Votre note ronde 2			
Votre note ronde 1				
<i>6. Sélection des outils formant le BIM</i>				
Moyenne ronde 1				4,8
<i>6. Sélection des outils formant le BIM</i>	Votre note ronde 2			

Commentaires:

Feuillet précédent

Feuillet suivant

Facteur no.1 :

Réingénierie des processus et flux d'information

Description du FCS : Ce FCS concerne le travail effectué pour réinventer les pratiques et les manières de procéder dans l'organisation afin de les adapter au mieux au cadre et aux besoins du BIM.

11 actions proposées pour ce facteur	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
	1	2	3	4	5
	Votre note ronde 1				
<p>1. <i>Modéliser des états "As Is" et "To Be" à la fois des processus d'affaires et des flux d'informations et fixer les objectifs en fonction de l'analyse des écarts.</i></p>	1	2	3	4	5
	Moyenne ronde 1				
	3,4				
	Votre note ronde 2				
	1	2	3	4	5
	Votre note ronde 1				
<p>2. <i>Dresser un bilan de la structure de l'entreprise, en incluant un organigramme si besoin, puis un état souhaité pour permettre un fonctionnement optimal du BIM.</i></p>	1	2	3	4	5
	Moyenne ronde 1				
	3,6				
	Votre note ronde 2				
	1	2	3	4	5
	Votre note ronde 1				
<p>3. <i>Lister les différents modèles du bâtiment récurrents dans le cadre de travail souhaité avec le BIM, afin de maîtriser l'information à produire.</i></p>	1	2	3	4	5
	Moyenne ronde 1				
	4,6				
	Votre note ronde 2				
	1	2	3	4	5
	Votre note ronde 1				
<p>4. <i>Définir un fractionnement et une répartition des maquettes et modèles selon le niveau de détail dans le WBS.</i></p>	1	2	3	4	5
	Moyenne ronde 1				
	4,6				
	Votre note ronde 2				
	1	2	3	4	5

				Votre note ronde 1
5. Analyser l'information générée au cours d'un projet afin de déterminer la part créée à l'interne et celle issue de l'extérieur.	Moyenne ronde 1	4,2		
				Votre note ronde 2
				Votre note ronde 1
6. Dresser un bilan des occurrences de création d'informations lors d'un projet.	Moyenne ronde 1	4,4		
				Votre note ronde 2
				Votre note ronde 1
7. Rationnaliser la production de données en assignant un créateur/récupérateur unique pour chacune, et ce au moment et à l'endroit les plus cohérents.	Moyenne ronde 1	4,2		
				Votre note ronde 2
				Votre note ronde 1
8. Veiller à ce que la création la masse d'informations recensées comme nécessaires au maintien à jour du BIM soient prévue dans les processus mis en place.	Moyenne ronde 1	4,4		
				Votre note ronde 2
				Votre note ronde 1
9. Veiller à ce que l'intégration des données au BIM s'effectue au moment de leur création.	Moyenne ronde 1	3,6		
				Votre note ronde 2
				Votre note ronde 1
10. Mettre en place un suivi des hôtes successifs des modèles et données, afin de tracer l'information et d'en assurer l'intégrité et la qualité.	Moyenne ronde 1	4,6		
				Votre note ronde 2
				Votre note ronde 1
11. Veiller à synchroniser le plus possible les rôles dans l'entreprise avec les processus et le flux d'information.	Moyenne ronde 1	4,2		
				Votre note ronde 2

1 nouvelle action pour ce facteur	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
	1	2	3	4	5
12. Identifier les profils des personnes incluses sur un projet pour déterminer les éléments/niveaux susceptibles d'entraver le développement de l'utilisation du BIM.					
Commentaires:					
	Feuillet suivant	Feuillet suivant			

Facteur no.2 :

Standardisation

Description du FCS : Ce FCS caractérise les efforts pour maîtriser l'information produite au cours d'un projet par le biais de la standardisation, et la volonté de se mettre en accord avec les pratiques reconnues des professionnels du secteur travaillant avec le BIM.

9 actions proposées pour ce facteur	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
1	2	3	4	5	
Votre note ronde 1					
1. <i>Introduire l'utilisation de métadonnées pour faciliter le référencement des documents et la maîtrise des données.</i>	Moyenne ronde 1	4,8			
Votre note ronde 2					
Votre note ronde 1					
2. <i>Standardiser les manières de nommer les fichiers et documents.</i>	Moyenne ronde 1	5			
Votre note ronde 2					
Votre note ronde 1					
3. <i>Intégrer aux métadonnées le niveau de maturité d'un document, pour informer les participants du projet le niveau de fiabilité de celui-ci.</i>	Moyenne ronde 1	4,8			
Votre note ronde 2					
Votre note ronde 1					
4. <i>Intégrer des standards de qualité par la gestion scrupuleuse des métadonnées.</i>	Moyenne ronde 1	4,6			
Votre note ronde 2					

<p>5. Documenter la manière dont est structurée l'information et les nomenclatures des documents, pour clarifier l'organisation autour de l'information, à des fins de transfert et de communication notamment.</p>	Votre note ronde 1		
	Moyenne ronde 1	4,8	
	Votre note ronde 2		
<p>6. Organiser son information de manière arborescente afin de contrôler les accès des utilisateurs aux documents et le champ des actions pouvant être effectuées par chacun.</p>	Votre note ronde 1		
	Moyenne ronde 1	4,8	
	Votre note ronde 2		
<p>7. Notifier automatiquement les utilisateurs concernés par des modifications dans les différentes sections composant l'information du projet.</p>	Votre note ronde 1		
	Moyenne ronde 1	4,8	
	Votre note ronde 2		
<p>8. Réglementer la composition et construction des modèles du bâtiment. (Détails de modélisation, propriétés des objets de modélisation, conventions, etc.)</p>	Votre note ronde 1		
	Moyenne ronde 1	4,6	
	Votre note ronde 2		
<p>9. Eliminer les informations compilées dans des documents ne pouvant être intégrés simplement aux modèles du bâtiment, comme les fichiers texte, et préférer des spreadsheets.</p>	Votre note ronde 1		
	Moyenne ronde 1	3,8	
	Votre note ronde 2		

6 nouvelles actions pour ce facteur (certaines actions ont été classées dans ce FCS dans le sens où elles peuvent représenter des réflexes systématiques à adopter pour travailler convenablement dans un environnement BIM)	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
	1	2	3	4	5
10. <i>Définir l'articulation de la plateforme BIM entre les différents intervenants (synoptique, documents, liens 2D et 3D).</i>					
11. <i>Harmoniser et standardiser les manières de procéder et penser pour l'ensemble des projets, et ajuster par la suite pour chacun d'eux selon les exigences du client.</i>					
12. <i>Effectuer un audit des réseaux informatiques avant le démarrage d'un projet et les calibrer adéquatement pour répondre aux besoins.</i>					
13. <i>Sceller une étendue du projet clairement définie initialement et veiller à mettre en place une gestion des changements "client" scrupuleuse et réactive.</i>					
14. <i>Impliquer l'ensemble des décisionnaires de l'organisation concernés par un projet dans les nouvelles pratiques (savoir manipuler Revit pour mieux comprendre les besoins par exemple).</i>					
15. <i>Inclure impérativement dans l'équipe administrant un projet un BIM Manager et un Administrateur Réseaux et logistique informatique, tous deux experts dans l'utilisation de la base de données paramétriques et des logiciels.</i>					

Commentaires:

Feuillet précédent

Feuillet suivant

Facteur no.3 :

Implication des parties prenantes extérieures

Description du FCS : Ce FCS décrit la manière et les méthodes employées pour associer les partenaires d'affaires à la démarche BIM de l'entreprise et pour favoriser la collaboration.

9 actions proposées pour ce facteur	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
	1	2	3	4	5
<u>Sélectionner ses partenaires</u>					
1. <i>Inclure comme prérequis et exigences nécessaires des compétences et une expertise BIM pour devenir un partenaire d'affaires.</i>	Votre note ronde 1				
	Moyenne ronde 1	4			
	Votre note ronde 2				
	Votre note ronde 1				
2. <i>Modifier les livrables à rendre par les parties prenantes extérieures au projet afin d'orienter le travail selon des pratiques BIM.</i>					
	Moyenne ronde 1	4			
	Votre note ronde 2				
	Votre note ronde 1				
3. <i>Définir le format de la documentation associée au projet, l'étendue et la précision des modèles, les analyses devant être effectuées à partir des modèles, pour en faire des impératifs à savoir fournir.</i>					
	Moyenne ronde 1	5			
	Votre note ronde 2				
	Votre note ronde 1				
4. <i>Evaluer le niveau de sensibilisation aux pratiques BIM des partenaires avant leur implication dans un projet.</i>					
	Moyenne ronde 1	4,2			
	Votre note ronde 2				

<p>5. Lister les modèles allant être intégrés comme livrables à des contrats décernés à des parties prenantes externes.</p>	Votre note ronde 1			
	Moyenne ronde 1			
	4,6			
	Votre note ronde 2			
<p>6. Structurer des canaux de communication fonctionnels et efficaces avec les acteurs extérieurs des projets.</p>				
	Votre note ronde 1			
	Moyenne ronde 1			
	4,6			
<p>7. Inviter les partenaires à participer à des réunions formelles ou informelles sur les concepts lean dans l'industrie du bâtiment, l'interopérabilité et la mise en application de ces principes.</p>	Votre note ronde 1			
	Moyenne ronde 1			
	4,4			
	Votre note ronde 2			
<p>8. Mettre en place des procédures de contrôle de la qualité des informations provenant de l'extérieur de l'entreprise.</p>				
	Votre note ronde 1			
	Moyenne ronde 1			
	5			
<p>9. Sensibiliser sur le principe d'« information stewardship », à savoir que celle-ci circule à titre de propriété du projet, et doit être maintenue intacte.</p>	Votre note ronde 2			
	Votre note ronde 1			
	Moyenne ronde 1			
	4,8			
	Votre note ronde 2			

Commentaires:

[Feuillet précédent](#)

[Feuillet suivant](#)

Facteur no.4 :

Education à la gestion de l'information

Description du FCS : Ce FCS concerne la sensibilisation et l'éducation des membres de l'entreprise aux problématiques de gestion de l'information que l'implantation du BIM soulève.

5 actions proposées pour ce facteur	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
1	2	3	4	5	
Votre note ronde 1					
Moyenne ronde 1					5
Votre note ronde 2					
Votre note ronde 1					
Moyenne ronde 1					4,8
Votre note ronde 2					
Votre note ronde 1					
Moyenne ronde 1					4,4
Votre note ronde 2					
Votre note ronde 1					
Moyenne ronde 1					3,8
Votre note ronde 2					

<p><i>5. Définir un package d'accueil des nouveaux arrivants pour leur enseigner les principes de gestion de l'information.</i></p>	Votre note ronde 1			
	Moyenne ronde 1		3,75	
	Votre note ronde 2			

<p>1 nouvelle action pour ce facteur</p> <p><i>6. Compléter la formation du package des nouveaux arrivants en fonction des projets sur lesquels ils vont intervenir.</i></p>	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
	1	2	3	4	5

Commentaires:

Feuillet précédent

Feuillet suivant

Facteur no.5 :

Education technique

Description du CSF : Ce facteur de succès prend en compte la formation fournie aux employés amenés à travailler avec le BIM, sur les outils composant ce dernier, et les nouvelles manières de procéder.

6 actions proposées pour ce facteur	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
1	2	3	4	5	
Votre note ronde 1					
Moyenne ronde 1					5
Votre note ronde 2					
Votre note ronde 1					
Moyenne ronde 1					5
Votre note ronde 2					
Votre note ronde 1					
Moyenne ronde 1					3,8
Votre note ronde 2					
Votre note ronde 1					
Moyenne ronde 1					4
Votre note ronde 2					
4. Lister les besoins éventuels de personnel supplémentaire pour réaliser la transition : type de personnel, nombre actuel, nombre souhaité et dates impératives du besoin.					

<p>5. Mettre en place des procédures d'évaluation de la qualité de l'information afin de suivre l'évolution de la masse informationnelle et l'acquisition de la philosophie BIM parmi les employés de l'entreprise, et appliquer des mesures correctives si nécessaire.</p>	Votre note ronde 1				
Moyenne ronde 1					4
Votre note ronde 2					
Votre note ronde 1					
Moyenne ronde 1					3,4
Votre note ronde 2					

3 nouvelles actions pour ce facteur	1=aucun intérêt				
	5=primordial				
1	2	3	4	5	
7. Privilégier les personnes ayant déjà une compétence reconnue dans leur domaine de spécialité pour la formation aux outils BIM.					
8. Former/engager des "clashes leaders" pour revoir les maquettes et s'assurer qu'aucun conflit n'est présent.					
9. Compléter la formation du package des nouveaux arrivants en fonction des projets sur lesquels ils vont intervenir.					

Commentaires:

Feuillet précédent

Feuillet suivant

Facteur no.6 :

Sélection des outils

Description du FCS : Ce facteur correspond au besoin de sélection adéquate du ou des outil(s) allant constituer la plateforme BIM mise en place par l'entreprise. La sélection doit être effectuée en connaissance de cause pour permettre la bonne réalisation du

2 actions proposées pour ce facteur		1=aucun intérêt				
		5=primordial				
		1	2	3	4	5
		Votre note ronde 1				
		Moyenne ronde 1				5
		Votre note ronde 2				
		Votre note ronde 1				
		Moyenne ronde 1				4
		Votre note ronde 2				
		Votre note ronde 1				
		Moyenne ronde 1				4,6
		Votre note ronde 2				
		Votre note ronde 1				
		Moyenne ronde 1				5
		Votre note ronde 2				
1.	<p>1. Lister les logiciels et outils allant être utilisés, et ce pour quelles fonctions précises, ainsi que leur version. Pour différentes fonction potentielles d'un BIM, des recommandations sont données ci-après. *</p> <p>1.a. Outil(s) de création de modèles : Capable(s) de créer et sortir des fichiers conformes au standard IFC et/ou JT.</p>					
	<p>1.b. Outil d'intégration des modèles : Capable de combiner différents fichiers de design provenant de différents logiciels.</p>					
	<p>1.c. Outil de détection de conflit : Capable de détecter des conflits (clash detection) et de générer des rapports, inclant une liste des conflits appuyés par des preuves visuelles.</p>					

<p>1.d. Outil de visualisation : Capable de donner une vue d'ensemble, de zoomer, de changer d'angle, d'examiner en détails et de parcourir le modèle.</p>	Votre note ronde 1			
	Moyenne ronde 1			
	4,6			
<p>1.e. Outil d'annotation : Permet en plus de la visualisation de consulter des données techniques sur les maquettes, telles que des mesures, et d'annoter celles-ci pour une revue future.</p>	Votre note ronde 1			
	Moyenne ronde 1			
	4,8			
<p>1.f. Outil de séquencement 4D (visualisation temporelle) : Doit pouvoir être utilisé pour visualiser l'avancement programmé des travaux et doit pouvoir se synchroniser avec des outils de planification comme Project ou Primavera.</p>	Votre note ronde 1			
	Moyenne ronde 1			
	4,8			
<p>1.g. Outil d'analyse des quantités unitaires : Capable d'extraire des modèles 2D et 3D les quantités pour estimation des coûts et l'approvisionnement, et doit pouvoir s'intégrer avec des programmes d'estimation de coûts.</p>	Votre note ronde 1			
	Moyenne ronde 1			
	5			

<p>2. Déterminer quel genre d'analyses l'entreprise veut réaliser avec ses outils BIM et lister les logiciels/outils à se procurer en conséquence.</p>	Votre note ronde 1			
	Moyenne ronde 1		4,5	
	Votre note ronde 2			

**Dans ce cas, donnez selon votre expérience votre évaluation de la pertinence des recommandations*

Commentaires:

Fin du questionnaire, merci de votre participation.

[Feuillet précédent](#)

ANNEXE C – CAPABILITY MATURITY MODEL (TIRÉ DE SMITH ET TARDIF, 2010; [9])

Maturity Level	A Data Richness	B Life Cycle Views	C Roles or Disciplines	G Change Management (CM)	D Business process (BP)	F Timeliness/Response	E Delivery Method	H Graphical Information	I Spatial Capability	J Information Accuracy	K Interoperability/IFC Support
1	Basic Core Data	No Complete Project Phase	No Single Role Fully Supported	No CM Capability	Separate Processes Not Integrated	Most Response Info manually re-collected —Slow	Single Point Access No Information Assurance (IA)	Primarily Text[nd]No Technical Graphics	Not Spatially Located	No Ground Truth	No Interoperability
2	Expanded Data Set	Planning & Design	Only One Role Supported	Aware of CM	Few Business Processes Collect Info	Most Response Info manually re-collected	Single Point Access w/Limited IA	2-D Non-Intelligent As Designed	Basic Spatial Location	Initial Ground Truth	Forced Interoperability
3	Enhanced Data Set	Add Construction/Supply	Two Roles Partially Supported	Aware of CM and Root Cause Analysis (RCA)	Some Bus Process Collect Info	Data Calls Not in BIM But Most Other Data Is	Network Access w/Basic IA	National CAD Standard (NCS) 2-D Non-Intelligent As Designed	Spatially Located	Limited Ground Truth—Int Spaces	Limited Interoperability
4	Data Plus Some Information	Includes Construction/Supply	Two Roles Fully Supported	Aware CM, RCA and Feedback	Most Bus Processes Collect Info	Limited Response Info Available In BIM	Network Access w/Full IA	NCS 2-D Intelligent as Designed	Located w/ Limited Info Sharing	Full Ground Truth—Int Spaces	Limited Info Transfers between Commercial Off-the-Shelf (COTS) Software
5	Data Plus Expanded Information	Includes Constr/Supply & Fabrication	Partial Plan, Design, & Constr Supported	Implementing CM	All Business Process Collect Info	Most Response Info Available In BIM	Limited Web Enabled Services	NCS 2-D Intelligent As-Builts	Spatially located w/Metadata	Limited Ground Truth—Int & Ext	Most Info Transfers between COTS
6	Data w/Limited Authoritative Information	Add Limited Operations & Warranty	Plan, Design, & Construction Supported	Initial CM process implemented	Few BP Collect & Maintain Info	All Response Info Available In BIM	Full Web Enabled Services	NCS 2-D Intelligent And Current	Spatially located w/Full Info Share	Full Ground Truth—Int And Ext	Full Info Transfers between COTS
7	Data w/ Mostly Authoritative Information	Includes Operations & Warranty	Partial Ops & Sustainment Supported	CM process in place and early implementation of RCA	Some BP Collect & Maintain Info	All Response Info From BIM & Timely	Full Web Enabled Services w/IA	3-D—Intelligent Graphics	Part of a limited GIS	Limited Comp Areas & Ground Truth	Limited Info Uses IFC's For Interoperability
8	Completely Authoritative Information	Add Financial	Operations & Sustainment Supported	CM and RCA capability implemented and being used	All BP Collect & Maintain Info	Limited Real-Time Access From BIM	Web Enabled Services—Secure	3-D—Current and Intelligent	Part of a more complete GIS	Full Computed Areas & Ground Truth	Expanded Info Uses IFC's for Interoperability
9	Limited Knowledge Management	Full Facility Life Cycle Collection	All Facility Life-Cycle Roles Supported	Business processes are sustained by CM using RCA and Feedback loops	Some BP Collect & Maint In Real Time	Full Real Time Access From BIM	Netcentric Service Oriented Architecture (SOA) Based w/Common Access Card (CAC) Access	4-D—Add Time	Integrated into a complete GIS	Comp GT w/Limited Metrics	Most Info Uses IFC's for Interoperability
10	Full Knowledge Management	Supports External Efforts	Internal and External Roles Supported	Business processes are routinely sustained by CM, RCA and Feedback loops	All BP Collect & Maint in Real Time	Real Time Access w/ Live Feeds	Netcentric SOA Role Based CAC	nD—Time & Cost	Integrated into GIS w/Full Info Flow	Computed Ground Truth w/Full Metrics	All Info Uses IFC's for Interoperability

Maturity Level	Data Richness
1	Choose this selection when you have established a BIM, but have only very basic data to load.
2	As you become more advanced, additional data will be available and be entered. This is still early in the maturity.
3	At this point you are beginning to rely on the model for basic data.
4	This is the first stage when data is turned into information.
5	The data is beginning to be accepted as authoritative and the primary source.
6	Some metadata is stored and information is typically best available.
7	Most users rely on information as reliable and authoritative; little additional data checking is required.
8	The information has metadata and is the authoritative source.
9	Limited Knowledge Management implies that KM strategies are in place and authoritative information is beginning to be linked.
10	Full Knowledge Management implies a robust data-rich environment, with virtually all authoritative information loaded and linked together.

Source: National Institute of Building Sciences (NIBS)

Maturity Level	Life Cycle Views
1	Data is gathered as it is available but no single phase is authoritative or complete.
2	Since basic initial data is collected during planning and design, this is typically the first phase to be made available, but can be any phase such as construction.
3	An additional phase is available, typically construction; however, the two phases do not necessarily need to be linked.
4	A third phase is added; although information does not have to be flowing, it is assumed that some is.
5	A forth phase of the facility life cycle is added and some information is flowing.
6	An additional phase is added and clearly information is flowing to operations from the design and construction phases.
7	Information collected during earlier phases is flowing to operations and sustainment.
8	A cost model is supported and costs are linked to the information related to all phases. Life cycle costing can be performed.
9	All phases of the life cycle are supported and information is flowing between phases.
10	External information is linked into the model and analysis can be performed on the entire ecosystem of the facility throughout its life.

Source: National Institute of Building Sciences (NIBS)

Maturity Level	Roles or Disciplines
1	Roles apply to people's jobs, and at this level no one's role is fully supported through the BIM.
2	Roles apply to people's jobs, and at this level there is one person's role that is fully supported through the BIM.
3	Roles apply to people's jobs, and at this level there are at least two people's roles that are partially supported through the BIM but they still have to go to other products to accomplish their jobs.
4	Roles apply to people's jobs and at this level there are at least two people's roles that are fully supported through the BIM in that they do not have to go to other products to accomplish their jobs.
5	People's jobs in planning and design are fully supported through the BIM in that they do not have to go to other products to accomplish their jobs.
6	People's jobs in planning, design, and construction are fully supported through the BIM in that they do not have to go to other products to accomplish their jobs.
7	People's jobs in planning, design, construction are fully supported and operations and sustainment are partially supported through the BIM in that they do not have to go to other products to accomplish their jobs.
8	People's jobs in planning, design, construction, and operations and sustainment are fully supported through the BIM in that they do not have to go to other products to accomplish their jobs.
9	All facility-related jobs throughout the life cycle of the facility rely solely on the BIM to accomplish their jobs.
10	All facility-related jobs both internal and external to the organization rely solely on the BIM to accomplish their jobs.

Source: National Institute of Building Sciences (NIBS)

Maturity Level	Business process
1	Business processes are not defined and therefore not used to store information in the BIM.
2	Few business processes are designed to collect information to maintain the BIM in the organization.
3	Some business processes are designed to collect information to maintain the BIM in the organization.
4	Most business processes are designed to collect information to maintain the BIM in the organization.
5	All business processes are designed to collect information as they are performed.
6	All business processes are designed to collect information as they are performed but few are capable of maintaining information in the BIM.
7	All business processes are designed to collect information as they are performed and some are capable of maintaining information in the BIM.
8	All business processes are designed to collect information as they are performed and all are capable of maintaining information in the BIM.
9	All business processes are designed to collect and some maintain data in real time.
10	All business processes are designed to collect and maintain data in real time.

Source: National Institute of Building Sciences (NIBS)

Maturity Level	Change Management
1	No change management process awareness is evident, nor has it been implemented in the organization.
2	There is an early awareness of the need for business process definition and change management in the organization, although implementation is not yet initiated.
3	Early implementation of business process definition is underway, there is an early awareness of the need for business process definition, and there is an awareness of change management and the need for root cause analysis in the organization.
4	Business processes are in place and there is an understanding of the full change management requirement to include root cause analysis and implementation of a feedback loop.
5	Business processes are in place and the organization has begun implementing change management procedures.
6	Business processes are in place and early change management processes are identifying changes, but no process is in place to make changes.
7	Early implementation of change management is in place and some processes are being maintained through a root cause analysis process.
8	Implementation of a change management process is in place and is beginning to be exercised, but is not fully endorsed by all participants.
9	The change management processes are in place, but are not efficient, and changes typically take more than 48 hours.
10	A mature and fully operational change management process is in place and process changes are implemented within 48 hours.

Source: National Institute of Building Sciences (NIBS)

Maturity Level	Delivery Method
1	The BIM is only accessible from a single workstation and has no information assurance built in.
2	The BIM is not on a network but there is control over who can access the BIM.
3	The BIM is on a network and there is basic password control over data entry and retrieval.
4	The BIM is on a network and there is control over data entry and retrieval.
5	The BIM is in a limited Web environment typically found in a single office environment; IA is not in place to control data entry or retrieval.
6	The BIM is Web enabled but IA is not in place, although there is some control to access of the information. This environment would be found in a single office/company.
7	The BIM is in a Web environment so multiple people can operate on it and there is role-based IA manually controlled.
8	The BIM is in a Web-enabled environment and is considered secure. It is not in an SOA.
9	The BIM is in a netcentric Web environment and is served up as a service in a service-oriented architecture and CAC enabled but roles must be managed manually.
10	The BIM is in a netcentric Web environment and is served up as a service in a service-oriented architecture with role-based CAC enabled to enter and access information.

Source: National Institute of Building Sciences (NIBS)

Maturity Level	Timeliness/Response
1	Information is re-collected when needed to respond to a question—the process is slow and un-automated and has to be reinvented each time a question is asked.
2	Most of the information needed to respond to a question must be collected to respond to the question; however, there is awareness of how to obtain the information.
3	Most information is in the BIM; however, many responses to data calls involve collection of data, which is then stored in the BIM.
4	Information is stored in the BIM and many data calls can be answered with information that is already in the BIM.
5	A significant portion of the response information related to a facility is stored in the BIM.
6	Responses to data calls related to the facility are primarily stored in the BIM.
7	All emergency response information is in the BIM and that is considered the primary source of accurate information.
8	Information stored in a BIM is available real time and although not from a live feed. Processes are in place to maintain its accuracy.
9	The information is stored in a BIM and is current enough to be a reliable source for information in an emergency.
10	Information is continually updated and available from live feeds to sensors. Responses to questions are almost immediate and are accurate and relational.

Source: National Institute of Building Sciences (NIBS)

Maturity Level	Graphical Information
1	There are no graphics in the BIM, only text.
2	2-D drawings are stored in the BIM but there is no interaction with information; the drawings were not developed with the NCS.
3	The drawings stored were developed with NCS yet are still nonintelligent and not object oriented.
4	The drawings are 2-D but are intelligent—a wall recognizes itself as a wall with properties but they are as designed and not as built.
5	The drawings are 2-D and are intelligent—a wall recognizes itself as a wall with properties and they are as built but not current.
6	The drawings are 2-D and are intelligent—a wall recognizes itself as a wall with properties and they are current.
7	The drawings are 3-D object based and have intelligence.
8	The drawings are 3-D object based and have a process in place to keep them current.
9	Time phasing has been added to the drawings so that one can see historical elements as well as being able to project into the future.
10	The drawings stored in the BIM are intelligent and object-based and include time and cost information.

Source: National Institute of Building Sciences (NIBS)

Maturity Level	Spatial Capability
1	The facility is not spatially located using GPS or GIS.
2	A basic location has been established using GPS so that one can locate the facility spatially.
3	The facility is recognized in a worldview spatially but no information is shared between the BIM and GIS.
4	The facility is spatially located and some information is shared with the GIS environment.
5	The facility is spatially located and information can be shared with the GIS environment although it is not integrated and interoperable.
6	The facility is located spatially and there is full information sharing between the BIM and GIS.
7	The BIM has been partially integrated into the GIS environment.
8	Information from the BIM is recognized on a limited basis by the GIS.
9	Information from the BIM is partially recognized by the GIS environment and some metadata is available.
10	Information from the BIM is fully recognized by the GIS environment, including full metadata interaction.

Source: National Institute of Building Sciences (NIBS)

Maturity Level	Information Accuracy
1	There is no ground truth and information is simply loaded into the system manually or unverified electronically.
2	There is some electronic validation of information for internal spaces.
3	Space is calculated electronically and not stored as a separate data element for internal spaces.
4	Internal spaces are identified electronically and some outside information is electronically calculated.
5	Many spaces and items are identified electronically yet some items are still entered manually, both internally and externally.
6	All internal and external spaces are identified electronically.
7	Internal spaces are computed electronically and some outside information is electronically calculated.
8	All units are calculated electronically and reported. If a polygon changes shape, then the updated information flows throughout the model.
9	All internal and external areas are computed and some metrics have been established to track compliance.
10	All spaces are calculated automatically and metrics are used to ensure information is available and accurate.

Source: National Institute of Building Sciences (NIBS)

Maturity Level	Interoperability/IFC Support
1	There is no interoperability between software programs. Information is reloaded for each application.
2	There is some interoperability but it is not automatic or seamless. Information may be cut-and-paste at this level of maturity.
3	There is some machine-to-machine flow of information but it is not common or the norm; it is still the exception.
4	Information is flowing between COTS products, often by using products from the same vendor. The interfaces are likely proprietary.
5	In this level of maturity, information is transferred between COTS products typically from the same vendor, but not all applications are supported.
6	There are good machine-to-machine linkages at this level of maturity and information interoperability is the norm.
7	Industry Foundation Classes are used on a limited basis for interoperability with some software packages.
8	IFC use is becoming more commonplace yet is still less often used than other approaches.
9	IFC use is the norm, but not exclusively used to attain interoperability. One would expect about 70–90% IFC-based interoperability.
10	At this level of maturity, IFCs are fully implemented and used for interoperability.

Source: National Institute of Building Sciences (NIBS)